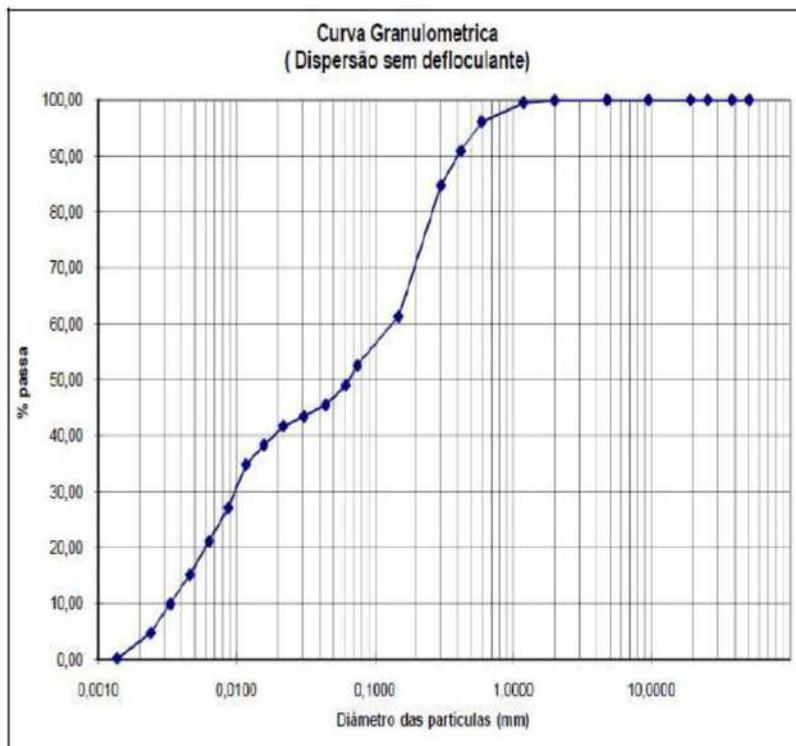


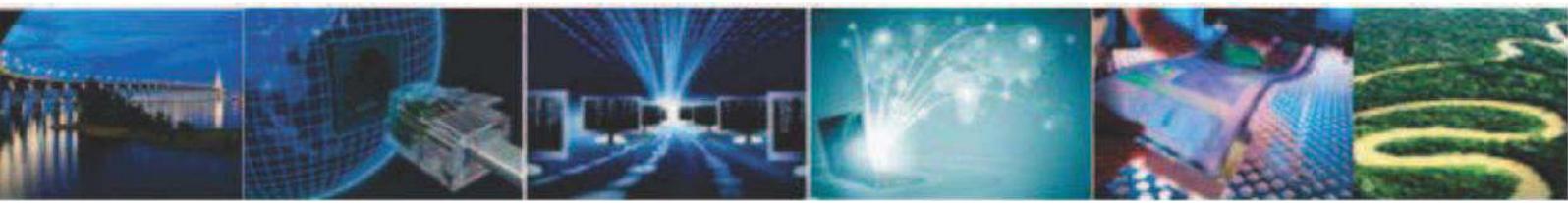


JOURNAL OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS (JETIA)



Editor-in-Chief: J.C. Leite

Available online at www.itegam-jetia.org





ITEGAM

ISSN 2447-0228 Online

Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (JETIA)



O **JETIA – Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (JETIA)** é uma publicação do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), localizado na cidade de Manaus desde 2008. O **JETIA** publica artigos científicos originais que cobrem todos os aspectos de engenharia. Nosso objetivo é a divulgação da investigação original, útil e relevante apresentando novos conhecimentos sobre aspectos teóricos ou práticos de metodologias e métodos utilizados em engenharia ou que levam a melhorias nas práticas profissionais. Todas as conclusões apresentadas nos artigos deve basear-se no estado-da-arte e apoiada por uma análise rigorosa atual e uma equilibrada avaliação. A revista publica artigos de pesquisa científica e tecnológica, artigos de revisão e estudos de caso.

O **JETIA** abordará temas das seguintes áreas do conhecimento: Engenharia Mecânica, Engenharia Civil, Materiais e de Mineralogia, Geociências, Meio Ambiente, Sistemas de Informação e Decisão, Processos e Energia, Elétrica e Automação, Mecatrônica, Biotecnologia e outras áreas relacionadas à Engenharia.

Informações da Publicação:

ITEGAM-JETIA (ISSN 2447-0228), online) é publicado pelo Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), com uma periodicidade trimestral (março, junho, setembro, dezembro).

Informações para Contato:

Página da WEB: www.itegam-jetia.org

E-mail: article@itegam-jetia.org, editor@itegam-jetia.org

Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM).

Avenida Joaquim Nabuco, N^o 1950. Centro. Manaus - Amazonas. Brasil.

CEP: 69020-031. Fone: (92) 3584-6145

Copyright 2014. Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM)

A reprodução total ou parcial de textos relacionadas aos artigos é permitida, somente no caso da fonte seja devidamente citada. Os conceitos e opiniões expressas nos artigos são de responsabilidade exclusiva dos autores.

Aviso prévio

Todas as declarações, métodos, instruções e ideias são apenas responsabilidade dos autores e não representam, necessariamente, a vista do ITEGAM -JETIA. A editora não se responsabiliza por qualquer prejuízo e/ou danos para a utilização dos conteúdos deste periódico. Os conceitos e opiniões expressas nos artigos são de responsabilidade exclusiva dos autores.

Diretório

Membros do Centro Editorial do **ITEGAM – Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (JETIA)** do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM) – Manaus /Amazonas/Brasil.

Tereza Rodrigues Felipe, Diretor – Presidente

Jandecy Cabral Leite, Editor Chefe Editorial

Paulo Francisco da Silva Ribeiro, Assis tente Editorial

Vitor Anderson Felipe de Oliveira, Diagramador Gráfico Editorial

Jandecy Cabral Leite Junior, Assis tente de Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

<i>System Supervisorio for the Center Transmitter of Waves Mediates “Rebelde 670”</i> Rubén Gerardo Cervantes Madan, Roberto Luís Ballesteros Horta	05
<i>Technical evaluation of cold water hydraulic system. A case study in the operant installation in popular housing built in the 1970s in the city of Manaus-AM</i> Raimundo Guedes do Nascimento, Italo Jorge Tavares Jimenez, Charles Ribeiro de Brito, José Claudio Moura Benevides	10
3. Framework for creation of ChatBots by end user Thalyson Rocha de Castro, Manoel Henrique Reis Nascimento, Jorge de Almeida Brito Junior	17
<i>Physical and Chemical Characterization of Soil of Igarapé São Raimundo Left Margin - Luiz Anthony - Manaus - AM</i> Bruna Barbosa Matuti, Abel de Oliveira Costa Filho, Ana Paula de Lima Mendes, Daniela Bittencourt, Nilton Campelo	24
<i>Analysis of the efficacy of the sealing glass wool in drywall system with emphasis on acoustics</i> Geovanny Baia dos Santos, Bruna Barbosa Matuti	32
<i>Pavement condition indice determination – PCI – from Manaus’ integral bus station 1</i> Cristiane de Souza da Silva, Willace Lima de Souza, José Cláudio Moura Benevides	41
<i>Soil containment in retaining wall with masonry structural flexion in the city of Manaus: A case study</i> Raquel Alves Cevalho, Wesley Silva e Silva, Alexandre de Pina Braga, Euclémir da Silva Frazão, Euler Oliveira de Farias, David Barbosa Alencar	51
<i>Use of rainwater for non-potable purposes in teaching institution: A case study applied to CMEI Maria do Céu Municipal School in Manaus/AM</i> Niliane Nogueira Bacelar, José Cláudio Moura Benevides, Josiane dos Santos Leite	56
<i>Attainment of structural lightweight concrete by adding expanded vermiculite addition</i> Wandenilton Silva de Matos, Jorge Luiz Melo de Freitas, Daniel Damião Almeida de Almeida, André Soares Mendes	63
<i>Irrigation system with treated domestic sewage effluent reuse for gardening and landscaping. A case study in a company of the electro-electronic segment of the Industrial Pole of Manaus</i> Valdoci Pinto da Silva, Italo Jorge Tavares Jimenez, Charles Ribeiro de Brito	68
11. Low Cost Automatic Series Linear Setup System Cleiton Mafra de Carvalho, Jorge Nazareno Maciel de Medeiros, Elda Nunes de Carvalho	76
<i>Analysis of mechanical performance in concrete using as raw material waste of construction and demolition</i> Patrick Monteiro dos Santos, Italo Jorge Tavares Jimenez, Charles Ribeiro de Brito	92
<i>Analysis of the implantation of clayey material and superplasticizer additive in mortar</i> Jacob Menezes de Souza, Bruna Barbosa Matuti	99
<i>Analysis of the economic viability of the prefabricated building system in a single-family residence</i> Lorena Camurça dos Santos, Bruna Barbosa Matuti	108
<i>Paradigm of Object Orientation in the C++ Programming Language</i> João Carlos Silva de Oliveira	116
<i>Analysis of the mechanical resistance of mortar produced with residue of red ceramics in substitution of aggregate</i> Carla Taynara Pantoja Gomes, Arthur Vinicius de Brito	129
17. Evaluation of the addition of steel fibers in lightweight structural concrete Franciclei Lopes da Silva, Jorge Luiz Melo de Freitas, Wanderson Araújo Luz, Daniel Damião Almeida de Almeida, André Soares Mendes	134
<i>Dry construction technology, the use of OSB board in the replacement of conventional masonry</i> Antonia Glenda Silva da Rocha, Bruna Barbosa Matuti	138
<i>Analysis of management of waste from civil construction: case study</i> Danielle Reis Bezerra, Vanise dos Santos Rodrigues, Fabiola Tavares Bento, Greyce dos Santos Rodrigues	144
20. The traffic in the Gilberto Mestrinho complex road in Manaus city: A case study Alexandre de Pina Braga, Adelaneide Gomes de Lima, Murilo Ferreira dos Santos, Thiago Manuel Gonçalves dos Santos, David Barbosa de Alencar, Antonio Estanislau Sanches	152

21. The Importance of Quality Management in Civil Construction Projects

Bruna Caroline da Silva Rocha, Charles Ribeiro de Brito Jorge , Jorge Luis Melo de Freitas, David Barbosa de Alencar, Manoel Henrique Reis Nascimento, Jorge Almeida Brito Junior **157**

22. Waste management in civil construction

Elzimara Lima Cordeiro, Charles Ribeiro de Brito, David Barbosa de Alencar, Manoel Henrique Reis de Oliveira, Carlos Alberto Oliveira de Freitas, Jorge Almeida Brito Junior **165**

23. Feasibility of using the light steel frame system in civil construction works in the city of Manaus/AM

Arliane dos Santos Farias, Charles Ribeiro de Brito, David Barbosa de Alencar, Manoel Henrique Reis de Oliveira, Jorge Almeida Brito Junior, Antônio Estanislau Sanches **173**

24. A proposal for sustainable surface drainage on hard floors

Antônio Ferreira da Silva, Suzana da Silva de Oliveira Martins, Charles Ribeiro de Brito, David Barbosa de Alencar, Manoel Henrique Reis Nascimento, Jorge de Almeida Brito Junior **179**

25. An analysis of the new concept of asphalt mass of bituminous concrete machined to the hot with cold storage -

Cinthy Batista de Salles, Renan Diego Amanajás Lima da Silva **182**

26. BIM in bidding public works

Ilidiane Correia de Oliveira, Giuliana Leitão Oliveira, Maria do Perpétuo Socorro Lamego Vasconcelos, David Barbosa de Alencar, Manoel Henrique Reis de Oliveira, Antônio Estanislau Sanches **190**

27. Comparative analysis between ribbed slabs and steel deck slabs in construction civil works in the city of Manaus

Jhasllan de Carvalho Martins, José Cláudio Moura Benevides , Charles Ribeiro de Brito, David Barbosa de Alencar, Jorge de Almeida Brito Junior, Antônio Estanislau Sanches **197**

Evaluation of the use of sugar in the mortar with emphasis in absorption of water

Laise Curvina Queiroz; Rubens Morais Gomes; Alexandra Amaro de Lima **208**

The study of the rainwater drainage system at Getúlio Vargas Avenue in the historical center of the city of

Manaus/AM **216**
Paulo Gabriel Queiroz da Mata, Alexandra Amaro de Lima

30. Technical and economic feasibility of the use of rainwater for non-potable purposes for a residence in the city of

Manaus/AM **223**
Reylla Carvalho Ribeiro, Alexandra Amaro de Lima, Andreia Rodrigues Gomes



System Supervisory for the Center Transmitter of Waves Mediates “Rebelde 670”

Rubén Gerardo Cervantes Madan¹, Roberto Luís Ballesteros Horta²

^{1,2} División Radiocuba Villa Clara y Universidad Central “Martha Abreu” de Las Villas.

Email: ruben@vclara.radiocuba.cu, rball@uclv.edu.cu

th

ABSTRACT

Received: October 11, 2018th

Accepted: November 20, 2018th

Published: December 31, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The Company Radiocuba looks after the correct operation of the radio transmissions and television. Schedules in that the facilities are not exist assisted, therefore, the operator of the Center of Provincial (CPD) Address doesn't know the main parameters of the transmitters, neither when a team is outside of service, another aspect, is that it doesn't have the state of the alarms of the center in real time. The main objective is to design a system supervisor for "Rebellious CTOM 670" located in Santa Clara's city. For it was analyzed it the bibliography related with the Centers Transmitters of Modulated (CTOM) Width, it was designed the architecture and a SCADA to give solution to the outlined problem, the results and obtained contributions of the carried out tests were evaluated. In the work PLC IP2CHOICE was used, which has great potentiality for the radio systems and television for its communication facilities and graphic programming. SCADA that was designed allows to know in real time the parameters and alarms of each transmitter, the same actions in a local way can be executed as remote and the flaws are valued by the specialists before moving to the place. For what is viable and necessary, because it guarantees the technological independence. The simulation and the carried out tests, as much in the laboratory as in situ, they validate their functionality and it is conceived in a scalable and flexible way to assimilate future amplifications.

Keywords: System SCADA, center transmitter of Waves stockings, Programmable Robots.

Sistema supervisorio para el Centro Transmisor de Ondas Medias “Rebelde 670”

RESUMEN

La Empresa Radiocuba vela por el correcto funcionamiento de las transmisiones de radio y televisión. Existen horarios en que las instalaciones se encuentran **no atendidas**, por lo tanto, el operador del Centro de Dirección Provincial (CPD) no conoce los principales parámetros de los transmisores, ni cuándo un equipo está fuera de servicio, otro aspecto, es que no cuenta con el estado de las alarmas del centro en tiempo real. El principal objetivo del trabajo es diseñar un sistema supervisorio para el CTOM “Rebelde 670” ubicado en la ciudad de Santa Clara, provincia Villa Clara. Para ello se analizó la bibliografía relacionada con los Centros Transmisores de Amplitud Modulada (CTOM), se diseñó la arquitectura y el SCADA para darle solución a la problemática planteada, se evaluó los resultados y aportes obtenidos de las pruebas realizadas. En el trabajo se utilizó el PLC IP2CHOICE, el cual tiene gran potencialidad para los sistemas de radio y televisión por sus facilidades de comunicación y programación gráfica. El SCADA que se diseñó permite conocer en tiempo real los parámetros y alarmas de cada transmisor, se pueden ejecutar las mismas acciones de forma local como remota y las fallas se valoran por los especialistas antes de trasladarse al lugar. Por lo que es viable y necesario, debido a que garantiza la independencia tecnológica. La simulación y las pruebas realizadas, tanto en el laboratorio como *in situ*, validan su funcionalidad y está concebido de manera escalable y flexible para asimilar futuras ampliaciones.

Palabras claves: Sistema SCADA, centro transmisor de Ondas medias, Automatas Programables.

I INTRODUCCIÓN

En Santa Clara existe un Centro de Dirección Provincial donde radica un técnico de guardia encargado de velar por el correcto funcionamiento de las transmisiones de radio y televisión de la provincia Villa Clara. El Centro Transmisor de Ondas Medias “Rebelde 670” debe ser supervisado las 24 horas del día. En el horario de 8:00 am a 5:00 pm se dispone de personal calificado en dicha instalación, el resto del tiempo centro es considerado como **no atendidos**.

Por lo anteriormente expresado durante el horario nocturno no se tiene de ningún tipo de información de estos centros, tales como: potencial real de los transmisores, el operador desconoce cuándo un transmisor está fuera del aire y no se cuenta con el estado de las alarmas del centro. Debemos señalar que en Cuba no se dispone de un sistema supervisorio para Centros Transmisores de Ondas Medias.

Por lo antes planteado se realizó un análisis bibliográfico de conceptos imprescindibles para la realización de nuestro trabajo.

Una aplicación SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) es un sistema que incluye software y hardware y realiza la tarea de interfaz entre los niveles de control donde se encuentran dispositivos como los PLC y los de gestión a un nivel superior. En general todos los programas necesarios y el hardware como controladores digitales autónomos, autómatas programables, instrumentación inteligente entre otros, se denomina en general sistema SCADA. Estos sistemas pueden monitorizar y supervisar desde un centro de control, los procesos de estaciones remotas distantes, con el empleo diversos tipos de enlaces de comunicaciones como sistema satelital, buses de campo, radiocomunicaciones, telefonía celular, entre otros [1].

También, fue necesario profundizar en las principales características de los transmisores para poder realizar con mayor facilidad el proceso de diseño de SCADA [4], [5] y [6].

El funcionamiento general de un radiotransmisor de amplitud modulada se muestra en la figura 1 en forma de diagrama de bloques.

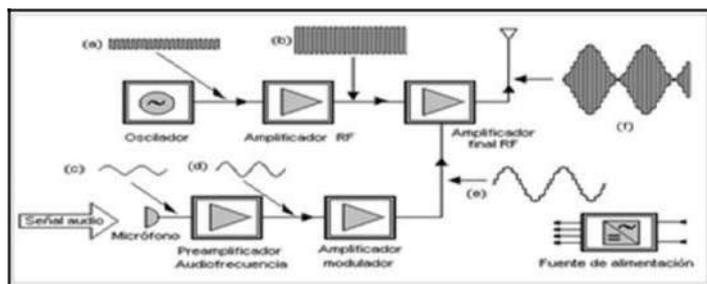


Figura 1: Diagrama en bloques de un radiotransmisor de AM.
Fuente: Los autores, (2018).

Los principales bloques de un radiotransmisor se relacionan a continuación:

- Generar la señal portadora con la estabilidad adecuada al servicio destinado.
- Modular la portadora con la señal que contiene la información (señal en banda base).
- Amplificar la señal portadora modulada hasta el nivel requerido por el servicio y el alcance deseado del enlace con los receptores (cobertura).

- Efectuar un filtrado sobre la señal modulada antes de ser radiada por la antena, para generar el menor nivel de interferencias posibles con otros servicios de telecomunicación que trabajen en bandas próximas.

El PLC que se utilizó fue el, IP2CHOICE, recomendado por la Empresa Radiocuba del Ministerio de Comunicaciones y constituye un requisito impuesto por el cliente.

El IP2CHOICE es un tipo de PLC muy utilizado para la supervisión y control de señales de radio y televisión, el país de procedencia del mismo es Francia y pertenece a la firma Audemat, es comercializado en Cuba por la Corporación COPEXTEL y como características principales se destacan la utilización de 4 tipos de módulos: digitales, analógicos, a relés y de audio; facilidades de comunicación utilizando protocolo TCP-IP, historial de evento, programación gráfica y otros [5] y [6].

II DESARROLLO

La **arquitectura** del centro muestra los equipos que son supervisados con el PLC del tipo IP2CHOICE y así como dispositivos para la comunicación entre el PLC y la PC del técnico del Centro de Dirección Provincial (CPD), que se realiza vía Ethernet, utilizando fibra óptica (FO) a 2 Mbit. El ODF y el Metro 500 son equipos terminales de FO.

En la figura 2 (elaboración propia) se observan los principales componentes de la arquitectura para la automatización de CTOM “Rebelde 670”:

- 1- Transmisor Nautel, de 50 kW que amplifica la señal de radio Rebelde en la frecuencia de 670 kHz.
- 2- Transmisor TSD-10, de 10 kW que amplifica la señal de Radio Rebelde en la frecuencia de 1550 kHz.
- 3- Interfaz entre los transmisores y el PLC.
- 4- PLC, del tipo IP2CHOICE.
- 5- Switch y router de la marca Huawei para la comunicación Ethernet.
- 6- ODF, equipo de fibra óptica para la comunicación.
- 7- PC del técnico, se utiliza para la supervisión del CTOM “Rebelde 670”.

Todos estos componentes se relacionan, los transmisores a través de una interfaz se conectan al IP2CHOICE.

A continuación, se procede a la selección de las variables a supervisar, luego del estudio de los transmisores Nautel y TSD-10.

Las principales variables de entrada y salida que se utilizaron durante el proceso de diseño del SCADA se relacionan en la tabla 1 (elaboración propia) y en total fueron 63 divididas en entradas digitales, analógicas y salidas a relés. Estas señales corresponden a los dos transmisores, un Nautel de 50 KW y otro GDT-10 de 10 KW. Las principales variables son las siguientes:

- Indicadores de niveles de potencia de 1 al 6.
- Excitadora A o B.
- Fallo de corriente alterna.
- Fallo de la fuente principal.
- Fallo de módulo.
- Encender el transmisor.
- Apagar transmisor.
- Subir potencia.
- Bajar potencia.
- Valor de la potencia incidente.
- Valor de la potencia reflejada.
- Valor de la corriente de transmisor.

- Valor del voltaje en 1 transmisor.
- Nivel de audio.

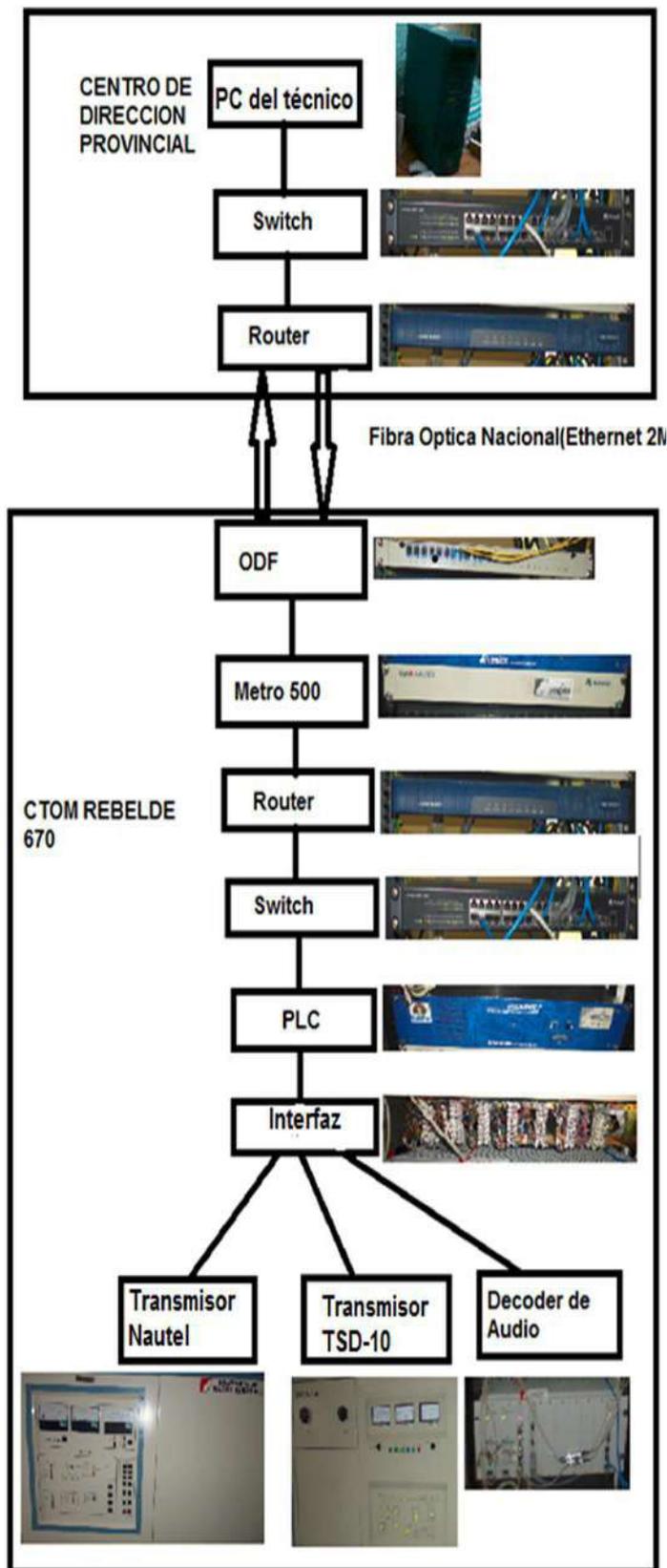


Figura 2: Arquitectura CTOM “Rebelde 670”.

Fuente: Los autores, (2018).

A continuación, se muestra la interface de conexión entre el PLC y los diferentes equipos, figura 3 (elaboración propia).

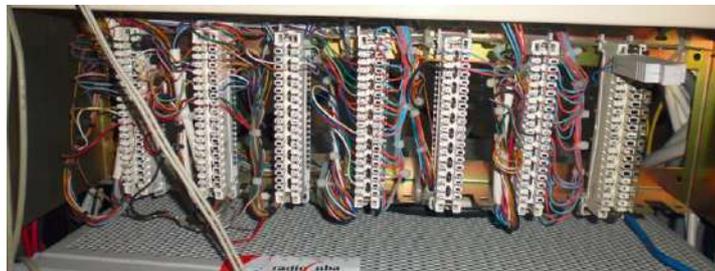


Figura 3: Interfaz de conexión.

Fuente: Los autores, (2018).

Tabla 1: Principales variables de entrada y salida.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	INTERFASE DE CONEXIÓN		RANGO	TIPO
		TRANSMISORES	IP2CHOICE		
			SLOT 2		
RF PWR Status 1 (Tx Rebelde 670)	Indicador Nivel de Potencia 1(Tx Rebelde 670)	TB2-17	DB25-1	0 ó 1	Entrada Digital
RF PWR Status 2 (Tx Rebelde 670)	Indicador Nivel de Potencia 2(Tx Rebelde 670)	TB2-18	DB25-14	0 ó 1	Entrada Digital
RF PWR Status 3 (Tx Rebelde 670)	Indicador Nivel de Potencia 3(Tx Rebelde 670)	TB2-19	DB25-2	0 ó 1	Entrada Digital
RF PWR Status 4 (Tx Rebelde 670)	Indicador Nivel de Potencia 4(Tx Rebelde 670)	TB2-20	DB25-15	0 ó 1	Entrada Digital
RF PWR Status 5 (Tx Rebelde 670)	Indicador Nivel de Potencia 5(Tx Rebelde 670)	TB2-21	DB25-3	0 ó 1	Entrada Digital
RF PWR Status 6 (Tx Rebelde 670)	Indicador Nivel de Potencia 6(Tx Rebelde 670)	TB2-22	DB25-16	0 ó 1	Entrada Digital
Exciter A(Tx Rebelde 670)	Presencia de Excitadora A(Tx Rebelde 670)	TB2-18	DB25-4	0 ó 1	Entrada Digital
RF Over Current(Tx Rebelde 670)	Alarma de Sobrecorriente en la Antena(Tx Rebelde 670)	TB2-24	DB25-17	0 ó 1	Entrada Digital
High V SWR(Tx Rebelde 670)	Alto VSWR(Tx Rebelde 670)	TB2-26	DB25-6	0 ó 1	Entrada Digital
AC Fail(Tx Rebelde 670)	Fallo de AC(Tx Rebelde 670)	TB3-6	DB25-10	0 ó 1	Entrada Digital
B+ PIS Fail(Tx Rebelde 670)	Fallo de la Fuente Principal(Tx Rebelde 670)	TB3-5	DB25-8	0 ó 1	Entrada Digital
			SLOT 3		
Battery Low(Tx Rebelde 670)	Bateria Baja(Tx Rebelde 670)	TB3-9	DB25-1	0 ó 1	Entrada Digital
RF Drive Fail(Tx Rebelde 670)	Fallo de Drive de RF(Tx Rebelde 670)	TB6-4	DB25-3	0 ó 1	Entrada Digital
PDM Fail(Tx Rebelde 670)	Fallo de Módulo(Tx Rebelde 670)	TB6-3	DB25-16	0 ó 1	Entrada Digital
RF DR B+ Fail(Tx Rebelde 670)	Fallo Drive de la Fuente Principal(Tx Rebelde 670)	TB6-2	DB25-2	0 ó 1	Entrada Digital
LV PIS Fail(Tx Rebelde 670)	Bajo Voltaje en la Fuente Principal(Tx Rebelde 670)	TB6-5	DB25-18	0 ó 1	Entrada Digital
Standby(Tx Rebelde 670)	Standby(Tx Rebelde 670)	TB3-2	DB25-14	0 ó 1	Entrada Digital
			SLOT 4		
RESET System(Tx Rebelde 670)	RESET del Sistema(Tx Rebelde 670)	TB2-1	DB25-1	12V	Salida Relee
RF POWER ON(Tx Rebelde 670)	Encender Transmisor(Tx Rebelde 670)	TB1-1	DB25-15	12V	Salida Relee
RF POWER OFF(Tx Rebelde 670)	Apagar Transmisor(Tx Rebelde 670)	TB1-3	DB25-4	12V	Salida Relee
Exciter A(Tx Rebelde 670)	Excitadora A(Tx Rebelde 670)	TB1-5	DB25-18	12V	Salida Relee
Exciter B(Tx Rebelde 670)	Excitadora B(Tx Rebelde 670)	TB1-7	DB25-7	12V	Salida Relee
INCR RF PWR(Tx Rebelde 670)	Subir Potencia(Tx Rebelde 670)	TB1-21	DB25-21	12V	Salida Relee
DECR RF PWR(Tx Rebelde 670)	Bajar Potencia(Tx Rebelde 670)	TB1-23	DB25-10	12V	Salida Relee
PDM Inhibit(Tx Rebelde 670)	Inhibir Potencia(Tx Rebelde 670)	TB2-5	DB25-24	12V	Salida Relee
			SLOT 5		
RF PWR 1(Tx Rebelde 670)	Nivel de Potencia 1(Tx Rebelde 670)	TB1-9	DB25-1	12V	Salida Relee
RF PWR 2(Tx Rebelde 670)	Nivel de Potencia 2(Tx Rebelde 670)	TB1-11	DB25-15	12V	Salida Relee
RF PWR 3(Tx Rebelde 670)	Nivel de Potencia 3(Tx Rebelde 670)	TB1-13	DB25-4	12V	Salida Relee
RF PWR 4(Tx Rebelde 670)	Nivel de Potencia 4(Tx Rebelde 670)	TB1-15	DB25-10	12V	Salida Relee
RF PWR 5(Tx Rebelde 670)	Nivel de Potencia 5(Tx Rebelde 670)	TB1-17	DB25-7	12V	Salida Relee
RF PWR 6(Tx Rebelde 670)	Nivel de Potencia 6(Tx Rebelde 670)	TB1-19	DB25-21	12V	Salida Relee
			SLOT 0		
FWD PWR(Tx Rebelde 670)	Potencia Incidente(Tx Rebelde 670)	TB4-1	DB25-1	0-6000W	Análogica
REFLD PWR(Tx Rebelde 670)	Potencia Reflejada(Tx Rebelde 670)	TB4-3	DB25-2	0-5 V	Análogica
			CONECTORES DB-25		
			SLOT 6		
High Indicator(Tx Rebelde 1550)	Indicador de Potencia Alta(Tx Rebelde 1550)	DB25-19(CON 1)	DB25-1	0 ó 1	Entrada Digital
Med Indicator(Tx Rebelde 1550)	Indicador de Potencia Media(Tx Rebelde 1550)	DB25-18(CON 1)	DB25-14	0 ó 1	Entrada Digital
Low Indicator(Tx Rebelde 1550)	Indicador de Potencia Baja(Tx Rebelde 1550)	DB25-15(CON 1)	DB25-2	0 ó 1	Entrada Digital
Oscilator Fail(Tx Rebelde 1550)	Fallo del Oscilador(Tx Rebelde 1550)	DB25-1(CON 3)	DB25-16	0 ó 1	Entrada Digital
Blower Fail(Tx Rebelde 1550)	Fallo del Ventilador(Tx Rebelde 1550)	DB25-9(CON 4)	DB25-3	0 ó 1	Entrada Digital
Supply Voltage Fault(Tx Rebelde 1550)	Sobrevoltaje(Tx Rebelde 1550)	DB25-4(CON 4)	DB25-16	0 ó 1	Entrada Digital
Supply Current Overload Fail(Tx Rebelde 1550)	Sobrecorriente(Tx Rebelde 1550)	DB25-5(CON 4)	DB25-4	0 ó 1	Entrada Digital
High Voltage Supply Fail(Tx Rebelde 1550)	Fallo de la Fuente Principal(Tx Rebelde 1550)	DB25-9(CON 4)	DB25-17	0 ó 1	Entrada Digital
			SLOT 7		
PA Turn OFF(Tx Rebelde 1550)	Apagar Potencia(Tx Rebelde 1550)	DB25-1(CON 2)	DB25-2	12V	Salida Relee
High Control(Tx Rebelde 1550)	Control de Alta Potencia(Tx Rebelde 1550)	DB25-2(CON 2)	DB25-10	12V	Salida Relee
Low Control(Tx Rebelde 1550)	Control de Baja Potencia(Tx Rebelde 1550)	DB25-10(CON 2)	DB25-5	12V	Salida Relee
Med Control(Tx Rebelde 1550)	Control de Media Potencia(Tx Rebelde 1550)	DB25-9(CON 2)	DB25-19	12V	Salida Relee
Rise Control(Tx Rebelde 1550)	Control para Subir Potencia(Tx Rebelde 1550)	DB25-9(CON 2)	DB25-8	12V	Salida Relee
Lower Control(Tx Rebelde 1550)	Control para Bajar Potencia(Tx Rebelde 1550)	DB25-5(CON 2)	DB25-22	12V	Salida Relee
Overload RESE(Tx Rebelde 1550)	Control de RESET(Tx Rebelde 1550)	DB25-19(CON 2)	DB25-11	12V	Salida Relee
Tx Off(Tx Rebelde 1550)	Apagar el Transmisor(Tx Rebelde 1550)	DB25-13(CON 2)	DB25-25	12V	Salida Relee
			SLOT 1		
Forward Power(Tx Rebelde 1550)	Potencia Incidente(Tx Rebelde 1550)	DB25-3(CON 1)	DB25-1	0-12000W	Análogica
Reflect Power(Tx Rebelde 1550)	Potencia Reflejada(Tx Rebelde 1550)	DB25-4(CON 1)	DB25-2	0-5 V	Análogica
Supply Current(Tx Rebelde 1550)	Corriente del Transmisor(Tx Rebelde 1550)	DB25-5(CON 1)	DB25-3	0-100A	Análogica
Voltage(Tx Rebelde 1550)	Voltage del Transmisor(Tx Rebelde 1550)	DB25-8(CON 1)	DB25-4	0-300V	Análogica

Fuente: Los autores, (2018).

Otro aspecto importante es la programación del PLC que es propia para este PLC.

Con la utilización de la opción “Script Designer” del software scripteasy se diseñó el script utilizado para el CTOM “Rebelde 670”. Como la programación se realiza de forma gráfica permitió vincular las diferentes variables digitales y analógicas. Además, se pueden realizar un grupo de acciones de control: subir potencia, bajar potencia; encender y apagar los transmisores. Las figuras 4 representan de forma parcial el script creado para uno de los transmisores, específicamente para el de la frecuencia 670 kHz.

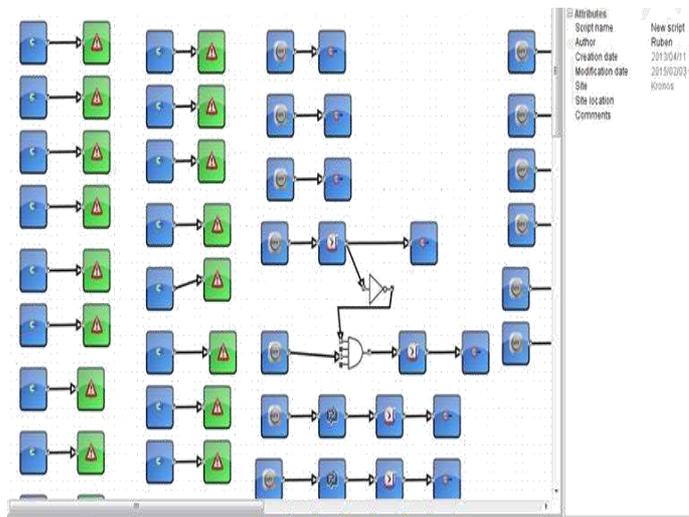


Figura 4: Scripteasy transmisor Rebelde 670. Fuente: Los autores, (2018).

El software Master View que utiliza el PLC, IP2CHOICE, es el que permite al técnico del CPD establecer la relación con los equipos que se encuentran en el CTOM “Rebelde 670” el establece el vínculo entre el scripteasy y el usuario. Las figuras 5 y 6 representan las pantallas que sirven de interfaz humano-máquina, del día 13 de junio de 2017. Lo que se encuentra dentro de los cuadros rojos significan acciones de control y los verdes, variables analógicas. Las demás son señales de indicaciones digitales.

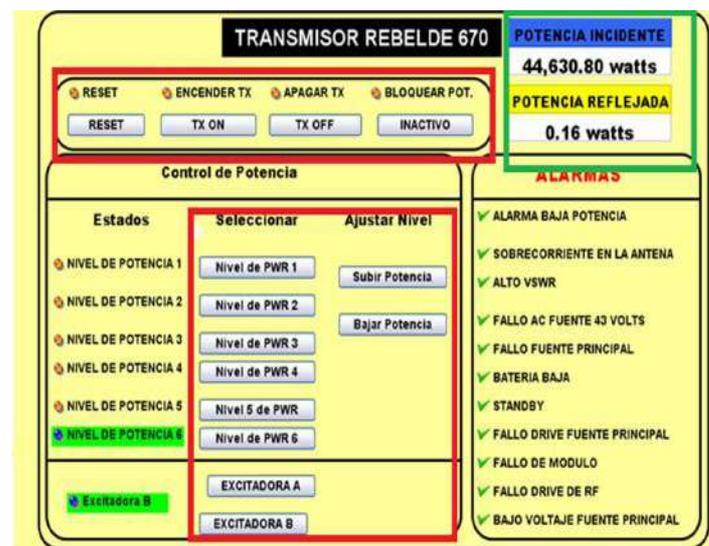


Figura 5: Pantalla del transmisor de la emisora Rebelde en 670 kHz (Nautel). Fuente: [6], (1999).

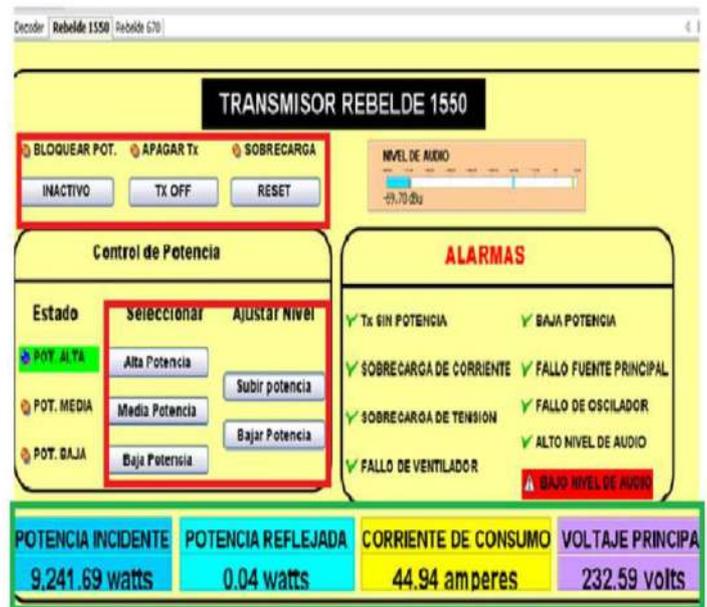


Figura 6: Pantalla del transmisor de la emisora Rebelde en 1550 kHz (TSD-10). Fuente: [5], (2003).

A continuación, se muestran los históricos del sistema los cuales sirven para hacer evaluaciones sobre el funcionamiento del centro y poder tomar posibles acciones en caso de ser necesarias los mismos se pueden ser en tiempo real o un período de tiempo seleccionado (figura 7).

En el proyecto se pueden observar los diferentes niveles de automatización: primer nivel, PLC; segundo nivel, PC en el centro transmisor; tercer nivel, PC en el CPD; cuarto nivel, PC en el Centro de Dirección Nacional, de la Empresa Radiocuba.

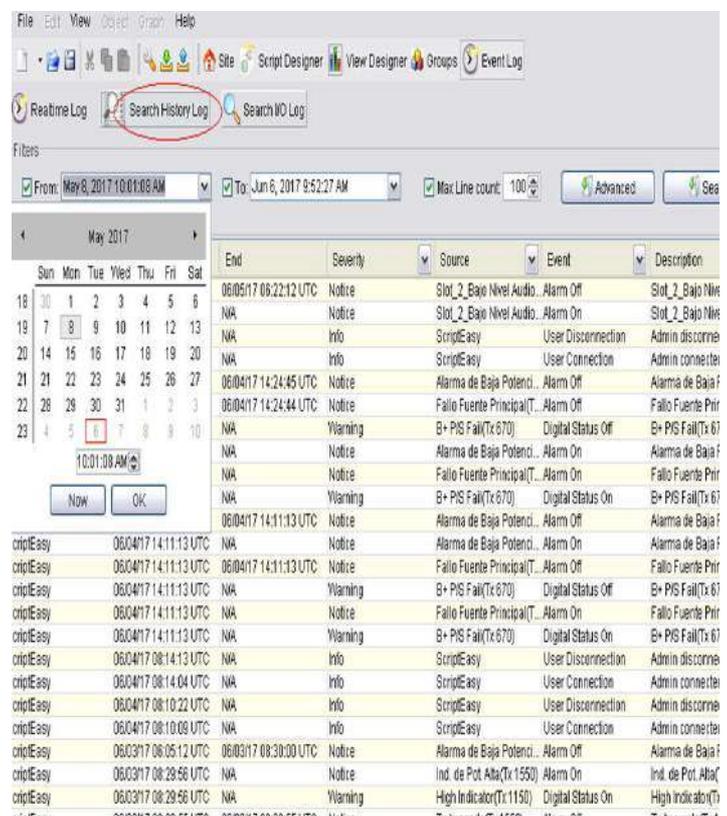


Figura 7: Históricos del sistema. Fuente: Los autores, (2018).

III RESULTADOS

Se realizaron diferentes simulaciones y pruebas, en primer lugar, se realizó la simulación con el autómata y se comprobó que el script diseñado funciona correctamente, las comprobaciones de laboratorio demostraron que la programación representa de forma fiel lo diseñado y por último las *in situ*, 10 en total y las figuras 5 y 6 representan los parámetros más importantes que el técnico del CPD debe conocer, incluyendo las alarmas. La figura 6 representa el transmisor Nautel y muestra que la potencia incidente es de 44 630.80 W, potencia reflejada 0.16 W, se encuentra trabajando la excitadora B y no presenta ninguna alarma. La figura 7 muestra que la potencia incidente del transmisor TSD-10 es de 9241.79 W, potencia reflejada 0.04W, la corriente de consumo es 44.99 A, voltaje principal: 232.59 V, se encuentra en potencia alta, no tiene alarmas y existe bajo nivel de audio. Todo coincide, lo que muestran los transmisores en el centro y lo que representa la HMI en el CPD. Por lo que se puede afirmar que el SCADA nos permite:

- 1- Conocer en tiempo real los principales parámetros que nos muestra cada transmisor.
- 2- Ejecutar las mismas acciones que muestra cada transmisor tanto de forma local como remota.
- 3- Los técnicos pueden realizar una valoración de alguna falla que se presente antes de tener que trasladarse al lugar.

IV CONCLUSIONES

El sistema SCADA diseñado para el Centro Transmisor de Amplitud Modulada “Rebelde 670” es viable y necesario, puesto que hoy día es preciso crear nuevas soluciones tecnológicas que permitan un mejor servicio de radiodifusión para la población, como parte de la Batalla de Ideas en la que se encuentra nuestro país. Las pruebas realizadas de laboratorio e *in situ*, garantizan la validez y funcionalidad del diseño creado. Asimismo, constituye una fortaleza de dicho sistema el estar concebido de manera escalable y flexible para asimilar futuras ampliaciones. Los clientes muestran un índice de satisfacción muy alto por los servicios prestados, ya que permite conocer en tiempo real los principales parámetros que nos muestra cada transmisor. Los técnicos pueden realizar una valoración de alguna falla que se presente antes de tener que trasladarse al lugar.

V REFERENCIAS

- [1] Penín, A.R. **Sistemas SCADA** [Online]. Ciudad México, México. Available: <<https://books.google.com/cu/books?hl=es&id=32kgCNG34TwC>>. Accessed 22 octubre 2017.
- [2] Chavarria, M. L. E. **SCADA System's & Telemetr.** In: AIU (ed.). Mexico City, Atlantic International University. Mexico, 2007
- [3] Boyer, S.A. **Scada: Supervisory Control and Data Acquisition**, USA, International Society of Automation, 2009
- [4] Zherebtsov, I.P., “**Fundamentals of Radio**”. Moscow, 1969.
- [5] TSD, “**Manual TSD-10 10 kW All Solid State Digitally Modulated Medium Wave Transmitter**”. The figures of

electrical principle. Shanghai Mingzhu Broadcasting TV Science and Technology Co., 2003

- [6] NAUTEL, “**Manual XL60. 50 kW AM Broadcast Transmitter**”. Prepared by Nautel Limited, 1999.
- [7] AUDEMAT, “**User Manual IP2CHOICE**” (Software version 2.1.x). Audemat WorldCast Systems Group, 2010.
- [8] AUDEMAT, “**Manual de Usuario SCRIPTEASY V2**”. Audemat Broadcasting Innovation, 2008.



Technical evaluation of cold water hydraulic system. A case study in the operant installation in popular housing built in the 1970s in the city of Manaus-AM

Raimundo Guedes do Nascimento¹, Ítalo Jorge Tavares Jimenez², Charles Ribeiro de Brito³, José Claudio Moura Benevides⁴

^{1,3,4} Centro Universitario do Norte – UNINORTE - *Laureate Universites*, Brasil, Rua Igarapé de Manaus, 211 – Centro, Manaus/AM.

² Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Av Joaquim Nabuco, 1950 – Centro, Manaus/AM.

Email: brancamagal@hotmail.com, italo.jimenez@itegam.org.br, charles.brito@uninorte.com.br, willace.souza@uninorte.com.br, jcmb29@gmail.com

ABSTRACT

The present work has the objective of analyzing the installation of cold water in a project of engineering of popular residences of Manaus built in the 70s, which was part of the urban development process of the city due to the advance of Manaus Free Zone, which in turn began as a result of the political transformation during that period. In order to verify compliance with the current standard of the analyzed project, we used calculations and theoretical support from authors and professionals in the area. The results demonstrate that the operating hydraulic systems are out of phase, requiring interventions for reaching the levels of NBR-5626 on all the construction materials, low pressure in the pipes network, and a correct sizing in the reservoirs in relation to the daily consumption. The operating facilities do not reach the minimum requirements of the NBR 5626 standard, since the projects were made before its publication.

Keywords: water resources, cold water, popular housing.

Avaliação técnica de sistema hidráulico de água fria. Um estudo de caso na instalação operante em habitações populares construídas na década de 70 no município de Manaus-AM

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo analisar a instalação de água fria em um projeto de engenharia de residências populares da cidade de Manaus da década de 70, o qual fez parte do processo de desenvolvimento urbano do município em decorrência do avanço da Zona Franca de Manaus, que por sua vez teve início em função da transformação política durante o referido período. Para a verificação de atendimento a norma vigente do projeto analisado, se utilizou de cálculos propostos em norma e apoio teórico de autores e profissionais da área. Os resultados demonstram que os sistemas hidráulicos operantes se encontram defasados, necessitando de intervenções para adequação e atendimento à NBR-5626 sobre tudo os materiais construtivos, baixa pressão na rede, e um correto dimensionamento nos reservatórios em relação ao consumo diário. As instalações operantes não atendem aos requisitos mínimos exigidos pela norma NBR 5626, uma vez que os projetos foram feitos antes de sua publicação.

Palavras-chaves: sistemas hidráulicos, água fria, habitações populares.

I INTRODUÇÃO

A evolução do homem sempre foi acompanhada por grandes descobertas, como: o fogo, a agricultura, construir instrumentos diversos, entre outros. Junto a isso, a humanidade teve a obrigação de viver em comunidades cada vez mais

povoadas, necessitando de maiores abrigos o que demandava mais complexidades nas construções da época [1].

Com isso, foram surgindo as primeiras cidades. A agricultura passou para uma etapa mais industrial, fazendo com que fosse requisitado ainda mais planejamento nas construções locais [2]. Nesse ponto, quando a espécie humana passou a viver



<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

em cidades, era fundamental para o crescimento e a qualidade de vida daquela comunidade ter um saneamento eficaz do lugar [3].

De acordo com o Manual de Saneamento Básico [4] Saneamento Ambiental é “o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar níveis de Salubridade Ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural”.

Ainda que este conceito seja da idade contemporânea, nas construções históricas esses pontos eram considerados na hora de projetar, planejar e construir os mais variados e importantes tipos de obras da época, os quais auxiliaram na evolução dos empreendimentos, além da própria civilização [5]. Então, devido a isso tudo foi possível usar técnicas novas para as mais variadas necessidades com o passar dos anos.

A Engenharia civil é grande aliada disso, o profissional dessa área pode estudar, projetar, fiscalizar ou supervisionar trabalhos relacionados a pontes, túneis, barragens, estradas, vias férreas, portos, canais, rios, diques, drenagem, irrigação, aeroportos, sistemas de transporte, abastecimento de água e saneamento, etc [6].

Deste modo, o ramo da Engenharia é o responsável por projetar, executar projetos de saneamento e abastecimento de água para habitantes de determinada região. Sendo esse de forma mais limpa, pura e eficiente possível, para que não acabe ao invés de auxiliar as atividades do homem, prejudicando o meio pelo o qual ele tira as matérias primas para o seu sustento e existência [7].

O abastecimento de água e a destinação adequada de resíduos sólidos e dejetos, sempre serão áreas importantíssimas para a qualidade de vida e crescimento do ambiente, com isso, muitas destas obras são consideradas marcos na história e fundamentais para o início de muitas cidades históricas responsáveis pela evolução de determinadas regiões do mundo [8-10].

A indústria da construção civil passa por inúmeras mudanças com o passar das décadas. Isso ocorre devido a diversos fatores, entre eles a descoberta de novas tecnologias e técnicas construtivas, que conseqüentemente interfere na aplicabilidade de suas normas [11]. Durante o período, as normas tiveram que se adequar as novidades e com o crescimento da cidade de Manaus na década de 80, por conta de vários empreendimentos imobiliários terem sido implantados na região.

Com esse crescimento, foi necessário um maior cuidado com a obediência as normas legais, uma vez que estas norteiam o planejamento, projeto e execução das obras. Nos dias atuais, a engenharia civil mantém estes mesmos pilares, justamente para obedecer aos requisitos de segurança e eficiência. Para que haja o menor desembolso para o maior ganho com determinado empreendimento [12]. No Brasil, alguns engenheiros no Rio de Janeiro, em 1936, iniciaram um movimento que ocasionou a criação da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, em 1940 [13].

Sendo assim, a ABNT instituindo as normas técnicas para todos os tipos de trabalho, um número que vai além das 5.000 normas elaboradas, dentre elas estão inclusas as Normas para instalações prediais de água fria (IPAF) [14].

A norma que determina as diretrizes para esse tipo de instalação é a NBR 5626 [15], onde estabelece exigências e recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção da instalação predial de água fria. “As exigências e recomendações

estabelecidas emanam fundamentalmente do respeito aos princípios de bom desempenho da instalação e da garantia de potabilidade da água no caso de instalação de água potável.”

Isso significa que a norma além da eficiência e segurança, ela também preza pela qualidade da água, bem como também não se prende somente no projeto, mas também na instalação e até mesmo manutenção da Instalação Predial de Água Fria.

A análise das instalações hidráulicas residenciais é fundamental para assegurar o sucesso do empreendimento [16, 17].

Uma instalação de água fria bem projetada entrega maior capacidade no abastecimento, além de tornar possível a identificação de futuros problemas de forma a solucioná-los rapidamente, tornando um sistema eficiente, duradouro e seguro que contribui para a qualidade da obra. A água está cada vez mais rara e é buscada cada vez mais longe. Este simples gesto tem, atrás de si, uma enorme gama de operações, equipamentos e trabalhos envolvidos para nos proporcionar um conforto que deve ser preservado [18].

Esse estudo se torna importante, e, portanto o justifica, pois busca de forma específica analisar projetos de instalações hidráulicas de água fria de residências populares, tornando possível calcular as vazões das instalações de água fria do projeto residencial, estimar as vazões das instalações de água fria de acordo com a norma e comparar o resultado da vazão do projeto residencial.

Este trabalho tem por objetivo demonstrar e analisar o projeto das instalações de água fria de residências populares da cidade de Manaus na obediência a NBR-5626 [15] apresentando os componentes necessários da análise, bem como a norma e suas exigências. Para que fique claro que com o avanço das tecnologias, materiais e metodologias novas de construção, bem como o surgimento de novos possíveis adendos às normas, mesmo que sutis, façam com que projetos antigos, possam possivelmente estar em desacordo, ou não, com a NBR-5626 [15].

II REFERENCIAL TEÓRICO

II.1 INSTALAÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA

Quando se fala em projeto de construção civil, podem estar sendo relacionadas todas as etapas que compõem o serviço, tanto de construção quanto reforma. Dentre eles existem o estrutural, o elétrico, o hidráulico, o sanitário, entre outros tantos que são tão importantes quanto estes, mas que podem variar de acordo com a função do imóvel do projeto [19].

Todas estas etapas e projetos possuem as normas específicas que instituem como serão feitos os projetos, a instalação, manutenção, para que o mesmo se torne mais seguro, eficiente e barato. O mesmo ocorre para as instalações hidro sanitárias [20]. Estas compõem o conjunto de projetos que, em harmonia com os demais, atuarão no abastecimento e destinação da água, esgoto, águas pluviais, etc.

Dentre estes, existe o sistema de instalações hidráulicas de água fria, que consiste na instalação que abastece de água a edificação e não passa pelo processo de aquecimento, ou seja, é toda a instalação de água natural que abastece a residência em temperatura ambiente da rede de distribuição [21].

A instalação predial de água fria é o conjunto de tubulações, equipamentos, reservatórios e dispositivos, existentes a partir do ramal predial, destinado ao abastecimento dos pontos de utilização de água do prédio, em quantidade suficiente,

mantendo a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento [13].

Este método possui uma infinidade de detalhes que vão desde a fonte de abastecimento até o material usado para a condução da água no sistema predial. Na maioria dos casos o material utilizado é o plástico, ou Cloreto de Polivinila (PVC) que é uma resina plástica muito utilizada não só para instalações hidráulicas, mas para muitos outros fins na construção civil.

O material é definido no Manual Técnico de Instalações Hidráulicas e Sanitárias [22] como “[...] uma matéria sintética, dotada de grande maleabilidade que pode ser moldada, mediante a aplicação de calor e pressão.” Em meados do século XIX começaram a ser feitas as primeiras pesquisas no PVC, mas foi só no fim da primeira metade do século XX que começaram a ser feitas as primeiras redes de tubos em PVC, pouco tempo depois tal material chegou ao Brasil, tornando-se o material ideal para este tipo de sistema, no país.

Existem instalações prediais feitas com materiais diferentes, mas estas tem uma aplicação específica, uma vez que na norma que rege as instalações prediais de água fria, são definidos como material das tubulações o PVC, sendo este mais eficiente no que diz respeito duração e preço, além da manutenção [23]. Além do que o material das tubulações das IPAF outra característica é o tipo de sistema de abastecimento, podendo ser público ou particular e também o tipo de sistema de distribuição, sendo divididos em sistema de distribuição direto, indireto e misto.

O sistema direto de distribuição pode ser definido como sendo o “[...] tipo de abastecimento efetuado diretamente da rede pública e, portanto, sem reservatórios, somente deve ser utilizado quando houver garantias de sua regularidade e atendimento de vazão e pressão [24].” Tal garantia é difícil de garantir no país, principalmente em cidades onde o abastecimento público é precário.

Dentre as vantagens do sistema direto de distribuição pode-se citar a qualidade da água que chega ao sistema, uma vez que a exigência de abastecimento de água é a potabilidade da mesma, ou seja, a água chega pronta para o consumo, sendo da rede pública ou particular, no caso desta deve-se comprovar a potabilidade com testes de laboratório.

Por outro lado, o sistema indireto (Figura 1) de distribuição é diferentemente do sistema direto, quando existe o reservatório de água no sistema principal, abastecendo completamente o sistema predial, ou seja, todos os terminais são alimentados, obrigatoriamente, pela água que sai do reservatório.

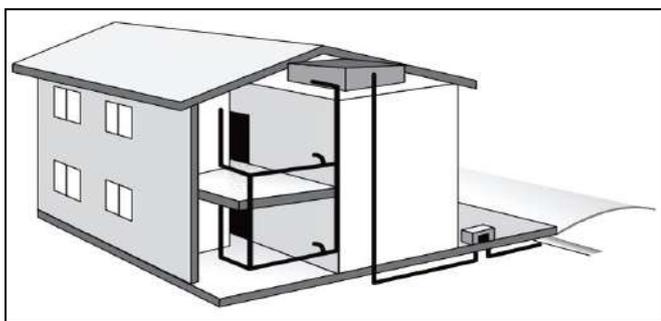


Figura 1: Sistema de Distribuição Predial Indireto.
Fonte: [25].

A principal vantagem deste tipo de sistema é justamente a capacidade de se ter um reservatório para eventuais interrupções no abastecimento do sistema. Por outro lado, como a reserva faz parte da instalação, requer um cuidado especial no que diz respeito a potabilidade de água e condições de pressão da mesma.

Outros dados importantes para o projeto das IPAF são a capacidade do reservatório, caso o sistema seja indireto ou misto, o consumo predial, a finalidade de cada ponto do sistema para definir a vazão e pressão mínimas do sistema, além do material e tipo de conexões utilizadas para montá-lo a fim de causar o mínimo de interferência e assim projetar um sistema capaz de atender às necessidades de quem irá utilizá-lo e aos requisitos mínimos e máximos da norma técnica.

II.2 A NBR-5626

As IPAF possuem uma série de características e detalhes necessários indispensáveis na hora de se planejar e projetá-la. Junto a isso, a indústria e seu crescimento corroboram para o surgimento de uma infinidade de produtos, porém para que estes produtos e serviços sejam ideais para as IPAF, é necessário que estejam todos seguindo a Norma Técnica respectiva.

Os sistemas de instalações hidrossanitárias são compostos por diversos sistemas, como já foi dito anteriormente, cada um destes sistemas são definidos por suas respectivas normas. Algumas normas servem, inclusive, para mais de um sistema. Mas neste trabalho o sistema estudado é o de água fria e para este sistema existe uma norma específica.

Sendo que este tipo de instalação é normatizado pela NBR-5626 – Instalação Predial de Água Fria [15]. Esta, por sua vez tem por objetivo estabelecer as exigências relativas ao projeto, execução e manutenção das instalações prediais de água fria. Tais exigências são necessárias para que o sistema funcione da melhor maneira, sem que haja desperdício e que funcione de forma eficiente e segura. Esta tem sua última atualização no ano de 1998, e substitui as normas antigas NBR 5651: 1977, NBR 5657: 1977 e NBR 5658:1977, e tem sua vigência a partir de 30 de outubro de 1998.

Assim como a maioria das normas técnicas, esta está dividida em Objetivo, as Referências Normativas, Definições, Materiais e componentes, Projeto, Execução, Manutenção e os anexos que servem para auxiliar e registrar os dados necessários para a execução de todas as etapas contidas na norma.

As referências normativas desta contém prescrições que estavam em vigor no momento em que esta foi publicada. Em sua grande maioria são especificações técnicas de materiais, tais como tubos de PVC, de aparelhos sanitários, conexões, entre outros. Porém também fazem parte e de maneira importantíssima, as normas dos demais sistemas de construção, projetos, tais como o projeto estrutural, de instalações elétricas e outros, para que não hajam conflitos entre as definições e que ambas possam funcionar em conjunto, cada uma desempenhando sua função e os sistemas possam operar de forma eficiente sem que prejudique o outro.

Possui mais de 50 definições de termos técnicos mencionados no texto da norma, dos quais vale destacar água fria que é a água a temperatura dada pelas condições do ambiente, água potável sendo essa a água que atende ao padrão mínimo determinado pelo Ministério da Saúde. Além destas definições também fazem parte as definições de itens do sistemas das IPAF, tais como, os reservatórios, barrilete, camisa, coluna de distribuição.

Sobre os componentes [26] define que a IPAF “[...]compreende o conjunto de tubulações, reservatórios, equipamentos e demais elementos necessários ao abastecimento de água numa edificação, em quantidade e qualidade suficientes. Esta instalação inicia-se a partir da tomada inicial de água, geralmente o ramal predial, estendendo-se até as peças de utilização de água fria”.

A fase de projeto é muito importante e não deve ser relegada a um plano secundário, devendo ser conduzida por projetista com formação profissional de nível superior, legalmente habilitado para este fim, com fiel observância das normas pertinentes [26].

Isso é tratado na norma, no primeiro tópico que trata a etapa do projeto. Além disso, como esta norma trabalha em concomitância com outras, como dito anteriormente, ela não exclui o que é definido nas demais, como os sistemas de Proteção Contra Incêndios, ou normas de Segurança do trabalho e condições sanitárias do local de trabalho.

Esse cuidado que a NBR 5626 [15] traz para o projeto é para que nesta etapa sejam planejados todos os passos para que o projeto possa ser executado de maneira simples e objetiva e possa cumprir seus objetivos, além de no caso de uma eventual manutenção, esta seja feita de maneira fácil, com fácil acesso para o mesmo.

As instalações devem ser preservadas de modo que se preserve a potabilidade da água dos sistemas de abastecimento e de distribuição, garanta o fornecimento contínuo e em quantidade suficiente, com pressões e velocidades adequadas, promovam o conforto aos usuários, possibilite a economia de água, energia e manutenção.

Na execução a NBR 5626 [15] em seu texto define em suas condições gerais: “A execução da instalação predial de água fria deve ser levada a efeito em conformidade com o respectivo projeto. Eventuais alterações que se mostrem necessárias durante a execução devem ser aprovadas pelo projetista e devidamente registradas em documento competente para tal fim.”

Uma vez com o projeto em mãos, o profissional deve segui-lo à risca em sua execução e qualquer empecilho que acarrete na necessidade de qualquer alteração, deverá ser recorrido ao projetista, pois este poderá encontrar a melhor maneira para contornar o problema de forma a não comprometer o funcionamento do sistema futuramente. Pois se não for tratado desta maneira é possível que ocorram problemas no sistema futuramente como é prescrito pelo autor [26] “Mesmo havendo um bom projeto, na etapa de construção podem vir a ocorrer uma série de incorreções que comprometerão a qualidade da instalação.”

O texto também apresenta detalhes sobre a manutenção, onde o mais importante é o livre acesso para que as manutenções possam ser feitas de forma rápida e segura. Além de ser relatada a necessidade de inspeções periódicas das instalações para que possíveis problemas possam ser identificados antes da situação se agravar, ou para prevenir problemas futuros.

De forma geral, esses são os pontos principais que a norma traz, tudo que trata sobre o sistema das IPAF está contido nela e com isso é possível identificar os pontos em que são aplicadas no projeto de residências populares da cidade de Manaus, onde a data em que grande parte dos projetos de desenvolvimento habitacional do município foram criados com normas e exigências anteriores a esta norma [27].

Portanto possam apresentar situações que necessitem o devido cuidado para que com isso atinja os resultados necessários e que possa cumprir o seu papel da maneira ideal, um projeto de IPAF seguro, eficiente, econômico e que seja simples de se executar, acessíveis para possíveis manutenções e entregue água potável para quem o utilizar.

III MATERIAL E MÉTODOS

O projeto avaliado foi o de residência popular localizada no bairro da Cidade Nova com projeto original datado do ano de

1971, aprovado pela Sociedade de Habitação do Amazonas – SHAM. Foram analisadas as pranchas de nº 08 do projeto (Figura 2) [28] a qual apresentam o sistema de Instalações Hidráulicas de Água Fria incluindo abastecimento, reservação, distribuição e os pontos finais de cada um.

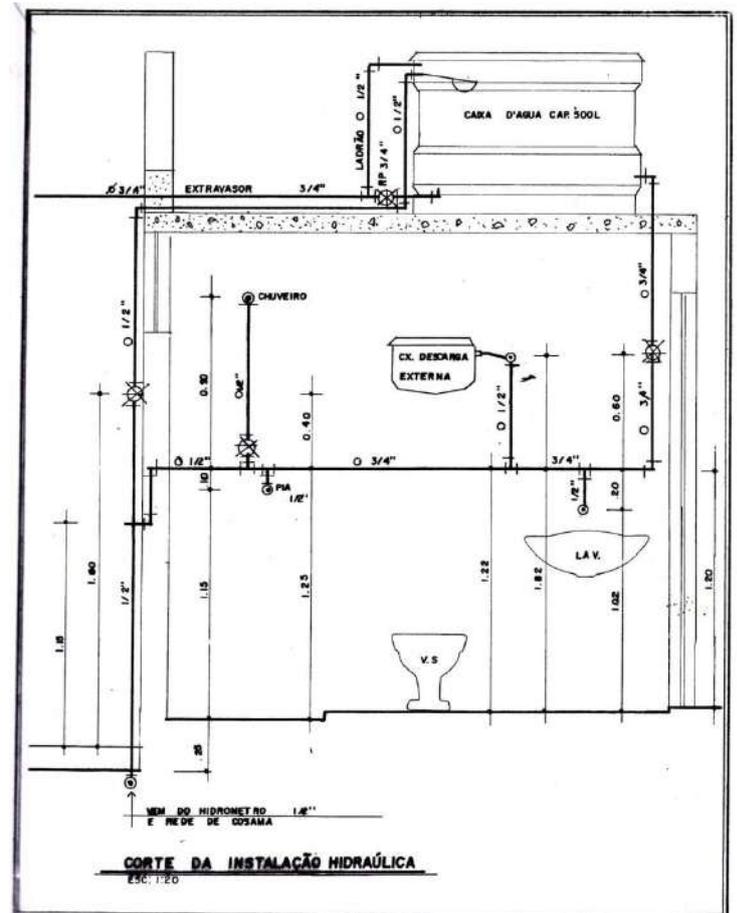


Figura 2: Corte da Instalação Hidráulica.

Fonte: [28].

Esse projeto possui em suas IPAF um reservatório, logo se trata de um sistema indireto de distribuição, muito se dá pela distribuição da época ser precária, uma vez que se trata de um projeto onde a cidade estava se desenvolvendo ainda, de pois para [25] “Quando a pressão é suficiente, mas sem continuidade, há necessidade de prevermos um reservatório superior e a alimentação do prédio será descendente”. O projeto disponibilizado pela SUHAB [28] não continha memorial descritivo, logo a primeira análise, a do dimensionamento do reservatório é possível ser feita, uma vez que a prancha está dizendo que a capacidade do mesmo é de 500L, apesar da norma NBR 5626 [15] prever o valor mínimo para ele, porém os componentes do sistema estão contidos no projeto, como no caso do registro de boia do reservatório.

Para fins de cálculo do consumo diário, estimamos cada quarto social ocupado por duas pessoas e cada quarto de serviço, por uma [25]. O projeto prevê dois quartos sociais, logo o reservatório desta residência deverá ser dimensionado para uma residência com 4 moradores. O autor [25] ainda indica que após identificar o numero de habitantes, deverá ser encontrado o valor do consumo *per capita* (Tabela 1).

Tabela 1: Consumo per capita.

Tipologia do Imóvel	Consumo per capita (l/hab.dia)
Alojamentos provisórios	80
Casas Populares ou rurais	120
Residências	150

Fonte: Adaptado [25].

A NBR 5626/98 determina que a reserva total não pode ser inferior ao consumo diário (garantindo-se um mínimo de abastecimento) e recomenda que não deve ser maior que o triplo do consumo diário, valor este plenamente aceitável, e somente em casos muito especiais irá se necessitar uma reserva de maior volume [26]. Logo a capacidade do reservatório será determinada pela multiplicação da quantidade de moradores da residência pelo consumo per capita, não podendo ultrapassar o triplo deste valor, pois é assim determinado pela norma, este cálculo se dá pela seguinte fórmula:

$$R = P \cdot CD \cdot 3 \quad (1)$$

Sendo:

R= Volume do reservatório (litros)

P= Quantidade de moradores

CD= Consumo diário (litros)

Uma vez definida a capacidade e dimensionado o reservatório a próxima etapa é dimensionar as tubulações de distribuição da água fria pelo sistema para que a mesma entregue no ponto a água nas pressões estáticas e dinâmicas mínimas e máximas de acordo com a norma NBR 5626 [15].

A primeira tubulação é a do ramal predial, ou residencial, como no caso deste projeto. Esta é a tubulação principal que irá ligar a rede de abastecimento para o sistema residencial de IPAF.

Como é admitido que o abastecimento deve ser contínuo a vazão deverá ser suficiente para suprir o consumo diário por 24 horas logo calcula-se a vazão mínima para o sistema baseada no consumo mínimo diário, dada pela seguinte fórmula [22]:

$$\sqrt{\frac{4 \cdot Q}{3 \cdot \pi}} \quad (2)$$

Onde:

Q= Vazão mínima (L/s)

A próxima etapa foi o dimensionamento das tubulações internas, ou seja, os tubos da residência que irão sair do reservatório até os pontos em que distribuirão a água fria. Estes, por sua vez, possuem generalidades. As tubulações da rede de água fria trabalham como condutos forçados, razão pela qual é necessário se dimensionar e caracterizar os quatro parâmetros hidráulicos, a saber: Vazão (Q), Velocidade (v), Perda de carga (h) e a Pressão (p)[26].

Para determinar essas variáveis, são utilizados cálculos e fórmulas básicas da hidráulica. Auxiliadas por ábacos, estes que facilitam os cálculos. Um deles foi o da vazão, onde é fixada a velocidade máxima de 3,0 m/s da água. Isto se dá para evitar que ocorra a incidência de golpe de aríete e diminuindo, com isso os ruídos das tubulações.

Foi verificada a pressão mínima em todos os pontos de utilização e nas peças, assim como a pressão máxima nas mesmas e na própria tubulação. Tais informações são encontradas de posse de dois dados: a perda de carga e o diâmetro do tubo. Com isso é possível calcular toda a pressão de acordo com a NBR 5626

[15]. A perda de carga pode ser encontrada pela seguinte fórmula [26]:

$$J = 8,69 \cdot 10^6 \cdot Q^{1,75} \cdot d^{-4,75} \quad (3)$$

Em que:

D= Diâmetro (mm)

Q= Vazão (L/s)

Toda a instalação de água fria deve ser calculada trecho a trecho, visando economia e racionalização e de acordo com as unidades de medida e com a Tabela Parâmetros Hidráulicos de Escoamento da NBR 5626/98 [26]. É ainda recomendado que se utilize uma planilha de cálculo das pressões.

O autor [26] ainda contribui informando que “O valor mínimo de 5 kPa (0,5 mca) da pressão dinâmica tem por objetivo fazer que o ponto crítico da rede de distribuição (via de regra o ponto de ligação do barrilete com a coluna) tenha sempre uma pressão positiva. Quanto à pressão estática, a mesma não pode ser superior a 400 kPa (40 mca) em nenhum ponto da rede. Esta precaução é tomada visando limitar a pressão e a velocidade da água em função de: ruído, golpe de aríete, manutenção e limite de pressão nas tubulações e nos aparelhos de consumo”.

Com isso é possível definir o dimensionamento mínimo e máximo da tubulação do ramal de distribuição, para que obedeça a norma. Uma vez que os sub-ramais irão ligar-se diretamente com o instrumento o qual será alimentado pela rede e o mesmo já tem medida comercial, sendo assim, não é necessário dimensioná-lo, apenas seguir o que o fabricante determina.

Além disso, o cálculo da pressão do aparelho será feito no ponto mais crítico do sistema, ou seja, no ponto onde a pressão da água sofre mais com a perda de carga e ainda assim precisa entregar o mínimo de pressão exigido pela norma, no caso deste projeto residencial popular este ponto é o do chuveiro, o qual é localizado a uma altura elevada e tem vários equipamentos até chegar no ponto, contribuindo para maior perda de carga. Uma vez este entregando a pressão necessária, é possível definir que os demais também irão entregar pois estão em situação mais favorável.

Logo foi possível calcular o diâmetro da tubulação, e com o valor das perdas de carga é possível calcular o comprimento real e equivalente, com as perdas de carga e com o auxílio da planilha de cálculo de pressão disponibilizada no anexo A.1 da NBR 5626 é possível calcular as pressões atingidas de acordo com os dados disponíveis no projeto e ver se o mesmo atende as normas impostas pela norma.

IV RESULTADOS

Conforme dito anteriormente as etapas de cálculo iniciarão com o dimensionamento do reservatório, o qual não está contido no projeto disponível, porém deverá constar no memorial descritivo do mesmo, posteriormente a dimensão do ramal de abastecimento, o dimensionamento das tubulações do ramal de distribuição e a pressão do ponto mais crítico do sistema, no caso o chuveiro.

Na Tabela 2 observam-se os valores obtidos para dimensionamento do reservatório e o consumo diário.

Tabela 2: Dimensionamento do Reservatório.

Pessoas	Consumo Diário (L)	Capacidade do Reservatório (L)
4	120	1500

Fonte: Autores, (2018).

O total calculado, levando em consideração os dados de projeto e literatura, resultou em um reservatório de 1440 L, porém comercialmente fica inviável, então adotou-se um reservatório de 1500 L.

A Vazão do projeto necessária para identificar o mínimo requerido para todo o sistema com o intuito de ao ligar um aparelho o outro não ser comprometido, tal dado é utilizado na tabela da NBR 5626 [15] anexo A.1 para calcular a pressão residual do sistema a qual é definida na norma como estática 400 KPA e dinâmica como 50 KPA. Na Tabela 4 possível identificar os valores encontrados.

Tabela 4: Resultados para pressão residual do sistema.

1	Trecho	CH
2	Soma dos pesos	2,50
3	Vazão estimada (L/s)	0,474
4	Díâmetro (mm)	25,00
5	Velocidade (m/s)	3,00
6	Perda de carga unitária (kPa/m)	0,54
7	Diferença de cota (m)	0,50
8	Pressão disponível (kPa)	5,00
9	Comprimento da tubulação (m)	5,25
10	Comprimento da tubulação (m)	22,20
11	Perda de carga (kPa)	11,98
12	Perda de carga (kPa)	11,98
13	Perda de carga (kPa)	11,98
14	Pressão disponível residual (kPa)	6,98
15	Pressão requerida no ponto de utilização (kPa)	5,00

Fonte: Autores, (2018).

Conforme o demonstrado na tabela, o valor da carga residual é negativo, ou seja, a carga é inferior ao mínimo do cálculo e conseqüentemente não atende aos requisitos mínimos da norma NBR 5626 [15], tornando o sistema com baixa pressão. Além desses fatores, como se trata de um projeto antigo, existem mais informações que demonstram isso.

O cálculo do reservatório foi considerado apenas as medidas, porém o projeto original prevê a instalação de uma caixa de fibrocimento, o que nos dias atuais não é permitido. Além disso, toda a tubulação é embutida na alvenaria, o que impossibilita ter fácil acesso a manutenção caso seja necessária, o que é bastante recorrente nas instalações brasileiras.

Já no dimensionamento da tubulação, foi determinada a área da seção suficiente para que o sistema exija um tubo de 25 mm ou "3/4". Com isso o cálculo foi todo feito baseando-se nesta medida, porém no projeto original, o sub-ramal que sai do ramal até o chuveiro é de 20 mm ou "1/2", ou seja, o valor de pressão desta tubulação é ainda menor, o que causa mais transtorno e desconforto para quem o utiliza.

V CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho demonstram que nos projetos originais das residências populares do programa de desenvolvimento urbano e habitacional, promovido para desenvolver a região no início dos anos 70, especificamente do bairro da Cidade Nova, não cumprem exigências básicas previstas na norma. Entre estes descumprimentos estão o dimensionamento insuficiente do reservatório, uma vez que o sistema de distribuição é do tipo indireto e utilizar três vezes menor a quantidade de água necessária, além de a distribuição da

tubulação não prever uma cota mínima para que a pressão da água seja a mínima necessária para atender norma vigente, pois com este desnível pequeno somado as perdas de carga do sistema, a pressão é muito baixa. Cabe ressaltar que este estudo de caso se restringiu apenas a calcular as instalações básicas do sistema, pois é o previsto pelo projeto. Além disso o projeto analisado data de 1971, portanto é de se esperar que não atendessem a todos os pontos da norma, pois a mesma foi publicada em 1995, por isso, os órgãos autorizaram tais projetos a serem executados. Dado este fato após a norma seria necessária a vistoria de todas as residências para identificar quais ainda estariam em desacordo, pois com isso uma intervenção seria necessária.

Por fim, destaca-se que a principal contribuição desta pesquisa está na identificação de situações em que o profissional da engenharia civil se faz necessário. O mesmo projetou, executou e após as exigências mudarem será ele quem irá fazer as intervenções a fim de torná-las de acordo com o exigido pela norma técnica, garantindo assim a qualidade, segurança, economia e eficiência para quem está envolvido com isso.

VI REFERENCIAS

- [1] E. Hobsbawm, *A era das revoluções: 1789-1848*: Editora Paz e Terra, 2015.
- [2] J. E. da Veiga, *O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica*: edusp, 2012.
- [3] R. V. Belmonte, "**Cidades em mutação**," *Formação & informação ambiental: jornalismo para iniciados e leigos*, p. 15, 2004.
- [4] J. M. d. Azevedo Netto and M. H. C. Botelho, "**Manual de saneamento de cidades e edificações**," in *Manual de saneamento de cidades e edificações*, ed: PINI, 1991.
- [5] M. Braga, C. Coelho, N. P. Ribeiro, and R. Trevisan, "**Conservação e restauro**: arquitetura," *Rio*, 2003.
- [6] M. Valério and W. A. Bazzo, "**O papel da divulgação científica em nossa sociedade de risco**: em prol de uma nova ordem de relações entre ciência, tecnologia e sociedade," *Revista de Ensino de Engenharia*, vol. 25, pp. 31-39, 2006.
- [7] E. R. da Silva, "**O curso da água na história**: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos," Tese de doutoramento, Escola Nacional de Saúde Pública, 1998.
- [8] J. W. Ribeiro and J. M. S. Rooke, "**Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**," *Monografia de Especialização em Análise Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil*. 36p, 2010.
- [9] J. C. Rocha, A. H. Rosa, and A. A. Cardoso, *Introdução à química ambiental*: Artmed Editora, 2009.
- [10] M. d. F. M. Souza, "**O saneamento básico e suas implicações no meio ambiente e na saúde humana**," 2014.
- [11] E. d. M. Franco, "**Gestão do conhecimento na construção civil: uma aplicação dos mapas cognitivos na concepção**

- ergonômica da tarefa de gerenciamento dos canteiros de obras,"** 2001.
- [12] R. d. R. Peres, "**Guia com requisitos de sustentabilidade para auxílio no desenvolvimento de projetos arquitetônicos,"** 2018.
- [13] R. Cimino, *Planejar para construir:* Pini, 1987.
- [14] A. C. D. F. B. PINHEIRO and E. M. CRIVELARO, *gestão de contratos na construção civil:* Editora Saraiva, 2018.
- [15] A. NBR, "**5626—Instalação predial de água fria,"** *Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas,* 1998.
- [16] Y. A. E. Couto, "**Estudo das vantagens e desvantagens do uso de kits hidrossanitários em obras de edificações,"** *UFRJ/Escola Politécnica, Rio de Janeiro,* 2014.
- [17] S. T. de ALMEIDA, "**A satisfação de clientes em unidades residenciais verticais sob a ótica da APO,"** 2003.
- [18] A. Zhouri and K. Laschefski, "**Conflitos ambientais,"** *Publicação do Grupo de Estudos em Temáticas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais—GESTA/UFMG,* 2010.
- [19] E. E. C. CIVIL and T. M. CARNEIRO, "**proposta de melhoria no processo de retroalimentação dos projetos de sistemas prediais hidráulicos sanitários."**
- [20] V. T. Sarmiento, "**Qualidade na construção civil Construção Enxuta: A utilização do método construtivo de paredes de concreto armado moldadas in loco com fôrmas de alumínio em unidades habitacionais,"** 2018.
- [21] J. T. Bruch, "**Projeto de instalações hidrossanitárias com aquecimento solar e aproveitamento de água pluvial em uma edificação residencial multifamiliar,"** 2018.
- [22] S. TIGRE, "**Manual técnico de instalações hidráulicas e sanitárias,"** *São Paulo: Editora Pini. 2a,* 1987.
- [23] H. d. R. Ramos, "**Manutenção de sistemas hidráulicos prediais: Manual de intervenção preventiva,"** 2010.
- [24] F. M. Neves, "**Estudo do sistema hidrossanitário aparente com relação à norma de desempenho 15575-6/2008,"** 2010.
- [25] H. Creder, "**Instalações hidráulicas e sanitárias,"** in *Instalações hidráulicas e sanitárias,* ed: LTC, 1981.
- [26] M. H. C. Botelho and G. d. A. R. Junior, *Instalações hidráulicas prediais: usando tubos de PVC e PPR:* E. Blucher, 2009.
- [27] D. Pereira da Costa and J. A. d. Oliveira, "**Conjuntos habitacionais e a expansão urbana de Manaus. filigramas do processo de construção urbana e o papel das políticas habitacionais,"** *Mercator-Revista de Geografia da UFC,* vol. 6, 2007.
- [28] SUHAB, "Superintendência de Urbanização e Habitação do Estado do Amazonas. ," *Sociedade de Habitação do Amazonas – SHAM. Pranchas de nº 08.,* 1991.



Framework for creation of ChatBots by end User

Thalysen Rocha de Castro¹, Manoel Henrique Reis Nascimento², Jorge de Almeida Brito Junior³

^{1,2}Fundação Centro de Análise Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI) - Av. Gov. Danilo de Matos Areosa, 381 - Distrito Industrial, Manaus - AM

³Universidade Nilton Lins - Parque das Laranjeiras - Av. Prof. Nilton Lins, 3259 - Flores, Manaus – AM.

Email: thalysenr.castro@gmail.com, hreys@bol.com.br

ABSTRACT

Received: October 27th, 2018

Accepted: November 14th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Quality in customer service is one of the most important points for the survival of a company in the market. The classic means of service such as telephones and emails have been replaced by alternative channels, so as to offer convenience and efficiency to the end customer. The cost related to the care by humans is high, mainly regarding the common questions of the users. This work presents a possible solution to increase the efficiency and effectiveness of the company's relationship with the client, through a Software capable of assisting in the creation of an automated virtual attendant. The implementation of this solution allows the end user without technical knowledge to be able to develop and manage a ChatBot, reducing costs and time of service of a specialized team.

Keywords: Customer Service, Software, ChatBots, GoLang.

Framework para criação de ChatBots pelo Usuário Final

RESUMO

Qualidade no atendimento a clientes é um dos pontos mais importantes para a sobrevivência de uma empresa no mercado. Os clássicos meios de atendimento como telefones e e-mails têm sido substituídos por canais alternativos, de modo a oferecer comodidade e eficiência ao cliente final. O custo relacionado ao atendimento por humanos é alto, principalmente quanto a questionamentos comuns dos usuários. Este trabalho apresenta uma possível solução para aumentar a eficiência e eficácia do relacionamento da empresa com o cliente, por meio de um Software capaz de auxiliar na criação de um atendente virtual automatizado. A implementação desta solução permite que o usuário final sem conhecimento técnico seja capaz de desenvolver e gerenciar um ChatBot, reduzindo custos e tempo de serviço de uma equipe especializada.

Palavras-chave: Atendimento ao Cliente, Software, ChatBots, Linguagem Go.

I INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia e das redes de comunicações, a sociedade torna-se cada dia mais imediatista, tendo a possibilidade de comunicar-se com pessoas do outro lado do mundo com um toque no botão. Esta cultura de imediatez exige cada vez mais eficiência, celeridade, e simplicidade das empresas que lidam com atendimento ao público de forma remota, como *call centers* e empresas que trabalham com *e-commerce*. Clientes já não querem passar vários minutos em uma fila de espera no telefone para solucionar problemas simples como, por exemplo, a troca da senha do *Wi-Fi* de seu roteador. Há uma limitação no quanto é possível manter a eficiência e rapidez no atendimento telefônico com pessoas, pois, sabemos que um dos objetivos de

uma empresa deve ser minimizar custos. Tendo em vista estas questões, como é possível, para uma empresa, atender seus clientes com qualidade, de forma simples, rápida e eficiente?

Uma das possíveis soluções para esta questão é o uso de atendentes virtuais automatizados, os *ChatBots*. Já em 2016 houve previsões que indicavam que em 2018 mais de três milhões de trabalhadores no mundo seriam liderados por chefes robôs, 20% de conteúdos relacionados a trabalho seriam geridos por máquinas e 45% das empresas de alto potencial teriam menos empregados do que instâncias representadas por máquinas [1].

O uso de *ChatBots* já é uma realidade, e a tendência é que o número destes aumente gradativamente ao longo do tempo. Estudos relatam que os consumidores tendem a buscar uma

forma simplificada de obter informações. A retenção de usuários por aplicativos após 1 mês de uso, onde é necessário que o usuário navegue até a loja de aplicativos de seu dispositivo e faça a instalação deste em seu aparelho, é de cerca de 20-40%, em comparação com o uso de um *ChatBot*, que é de 40-60% [2].

Em pesquisa realizada pela organização Mindbrowser, 90% dos entrevistados acreditam que o setor de *e-commerce* seria o maior beneficiário do desenvolvimento desta tecnologia, e 95% dos entrevistados responderam que a divisão de atendimento ao cliente poderia obter os melhores resultados com este avanço. O desenvolvimento destes programas de conversação tem o potencial de facilitar a resolução de questões simples e repetitivas, não para tomar o lugar de atendentes humanos, mas trabalhar em conjunto com estes para aprimorar a experiência do usuário na interação com a empresa [2].

No meio acadêmico, cada vez mais a Inteligência Artificial vem sendo estudada com entusiasmo, podendo ser a tecnologia do futuro, onde máquinas são capazes de detectar e arquivar padrões nos atendimentos, a fim de otimizar a relação entre servidores e consumidores.

O objetivo deste artigo é apresentar Software capaz de auxiliar na criação de um atendente virtual automatizado (*ChatBot*), para que o próprio usuário seja capaz de desenvolver e gerenciar a aplicação. Será uma aplicação capaz de auxiliar na criação de um software de autoatendimento, que pode receber mensagens de diversos usuários simultaneamente, tratar estas mensagens, e respondê-las adequadamente.

Também são objetivos deste trabalho: identificar as necessidades dos usuários finais em relação a atendimento e dos usuários do sistema em relação a providenciar um meio eficiente de atendimento, e o desenvolvimento de um sistema que possibilite a gerência de um *ChatBot* por usuários finais, através de uma interface simples e intuitiva. Os mecanismos internos do software serão escritos utilizando a linguagem de programação Go (ou Golang), desenvolvida pela Google.

II REFERENCIAL TEÓRICO

II.1 ATENDIMENTO AO CLIENTE

O atual modelo de atendimento ao cliente está consolidado já há alguns anos. A busca por qualidade e um crescente aumento nos padrões de exigência do consumidor são uma marca no mercado de hoje, e o setor de relacionamento com o cliente também tem sofrido mudanças, para atender a demanda do cliente e otimizar os custos das organizações. A ênfase dada ao atendimento dos anseios do público tem seu início aproximado na década de 90, quando houve uma desestabilização do mercado americano, devido à importação dos produtos japoneses. A indústria americana não estava preparada para competir com produtos de qualidade elevada e preços acessíveis, uma vez que os produtos eram feitos de maneira massificada, onde a opinião acerca da qualidade do produto na visão dos compradores era descartada, e eram ofertados produtos cuja produção era conveniente às fábricas [3]. Vide a célebre frase de Henry Ford: “As pessoas podem comprar o modelo T de qualquer cor, contanto que seja preto”.

Apesar do foco na qualidade ditada pelo consumidor durante certo período, ainda existe grande número de reclamações a respeito de bancos, hotéis, linhas aéreas e organizações em geral, devido à dificuldade de alcançar excelência em satisfação ao cliente. Já não é lucrativo aplicar recursos no atendimento individualizado e customizado de cada pessoa, e as tecnologias recentes tornam possível este tratamento massificado. [3]

A qualidade no atendimento ao cliente é fundamental para a sobrevivência de uma organização no meio empresarial. O excelente atendimento é uma das principais forças para quem oferece serviços e produtos num mercado disputado. O atendente é a representação da empresa junto aos clientes, e tem o papel de fornecer informações, esclarecer dúvidas, solucionar problemas, e tratar o cliente de forma que gera satisfação e transparência segurança e tranquilidade ao mesmo [4].

Segundo Freemantle:

O atendimento ao cliente é o teste final. Você pode fazer tudo em termos de produto, preço e marketing, mas a não ser que você complete o processo com um atendimento ao cliente incrivelmente bom, corre o risco de perder negócios ou até mesmo sair do negócio [5, p. 13].

Enes afirma que vivemos em uma sociedade orgânica, onde o indivíduo é valorizado, tornando-se a principal peça do jogo. Para as empresas, passa a existir, além do foco no cliente, o foco do cliente, ou seja, a empresa analisa o que os clientes pensam sobre marcas e produtos, visando atender as suas motivações de consumo [6].

Donald aponta que há algumas atitudes pró-ativas no atendimento ao cliente que ajudam a gerar um sentimento de satisfação em quem foi atendido [7]. Enes destaca seis atitudes que afirma serem as principais [6]:

1ª) Cortesia: A habilidade de fazer com que o cliente se sinta bem-vindo e respeitado, criando um clima ideal no atendimento.

2ª) Exclusividade: O grau de cuidado e atenção individual que você dedica aos clientes, motivando-os a retribuir com a compra.

3ª) Comprometimento: A capacidade de fornecer sempre o que foi prometido e com exatidão, transmitindo confiança e respeito profissional.

4ª) Competência: O conhecimento que você demonstra aos clientes e sua capacidade em transmitir confiança e credibilidade possibilitam avançar para fazer vendas adicionais.

5ª) Solução Rápida: A disposição em ajudar aos clientes de imediato para aproveitar o impulso de compra.

6ª) Integridade: A habilidade de deixar claro para os clientes que eles podem contar e confiar em você, criando a condição para fidelizá-los.

Diante do que foi apresentado anteriormente, pode-se observar que a opinião dos autores é que a qualidade do atendimento ao cliente é um elemento crucial para o bom desenvolvimento de uma organização, apesar da ressalva apresentada por Reis a respeito da não lucratividade de determinados clientes, há o reconhecimento de que a empresa deve atender de forma satisfatória seus clientes chave.

II.2 CHATBOTS

Uma das alternativas para atendimento ao cliente é o uso de softwares específicos para conversação, seja através de texto, imagens ou voz, os chamados *ChatBots*.

II.2.1 HISTÓRICO

O interesse nesta área de conhecimento se deu início com a expansão do uso de computadores pessoais, e como consequência, o desejo de comunicação natural com estes, assim como o anseio de seus criadores em prover uma interface de linguagem natural [8].

Assim como as pessoas usam a linguagem para comunicação entre seres humanos, também esperam que possam se comunicar com computadores através de linguagem. Um dos melhores modos de facilitar a interação entre humanos e

máquinas é permitir que os usuários expressem seus interesses, desejos ou questionamentos diretamente e naturalmente, falando ou digitando [9].

Um dos primeiros *ChatBots* que se tem registro é ELIZA, desenvolvida por Weizenbaum [10]. A criação de ELIZA foi inspirada no teste de Turing, que classifica como inteligente uma máquina que é capaz de exibir comportamento semelhante ao de um ser humano, ou ser indistinguível deste [11]. Nesta época, desenvolvedores utilizavam técnicas simples de busca de palavras-chave para identificar a entrada dada por um usuário.

Com o aperfeiçoamento da mineração de dados e técnicas de aprendizado de máquinas, melhores capacidades de tomada de decisão, ferramentas robustas de anotação e processamento de linguagem como XML e suas aplicações, os *ChatBots* têm se tornado mais práticos, com diversos empregos comerciais [12].

Em 1995, surge ALICE (*Artificial Linguistic Internet Computer Entity*), um *ChatBot* de código aberto, cuja arquitetura é claramente separada em “mecanismo de *ChatBot*” e o “modelo de reconhecimento de linguagem”, para que diferentes modelos de reconhecimento de linguagem pudessem ser alterados sem grande impacto. A arquitetura utilizada por ALICE destaca-se pela simplicidade, dependendo de um grande número de “categorias”. Nesta arquitetura, mecanismos sofisticados são substituídos por tamanho: o Processamento Natural de Linguagem morfológico, sintático e semântico é substituído por um número abundante de regras simples. A versão padrão de ALICE conta com aproximadamente cinquenta mil categorias. Exemplo de interação com ALICE em [13].

User: Hello ALICE
 Alice: Hi there!
 User: How old are you?
 Alice: I am eighteen in
 computer years
 User: Who is your father?
 Alice: I was programmed by
 Dr.Richard S. Wallace
 User: so you are a software
 program?
 ALICE: Interesting deduction.
 Thanks and you are a delightful
 person too. Am I a software
 program? Let me put it this way,
 unknown person: the ALICE series
 is the most reliable computer
 software ever made. We are for
 all practical purposes
 foolproof and incapable of
 error.
 User: Wonderful! So what's your
 favorite food ALICE?
 Alice: Yeah that's right! I require
 only electricity



Figura 1: Interação com ALICE.
 Fonte: [13].

Com o amadurecimento de tecnologias relacionadas à inteligência artificial, aprendizado de máquinas, e o aumento de poder de processamento de hardwares, sistemas mais robustos e complexos tornam-se viáveis. Shum identifica três tipos de *ChatBots* desenvolvidos ao longo destes anos [14]:

1. Sistemas para completar tarefas: Formado para concluir tarefas específicas. Estes sistemas normalmente operam em um campo limitado. Basicamente, são sistemas simples que fazem uso de tecnologias de reconhecimento de palavras-chave baseando-se em dados armazenados e categorizados.

2. Assistentes Pessoais Inteligentes: Integram informações de múltiplos sensores incluindo localização, horário, movimento, toque, gestos, olhar, e têm acesso a diversas fontes de dados como música, emails filmes, calendários e perfis pessoais. Desta forma, o software pode oferecer uma gama extensa de serviços personalizados. Um dos primeiros sistemas deste tipo é Siri, lançada pela Apple em 2011. Desde então, diversos outros sistemas semelhantes têm sido construídos e introduzidos ao mercado, por exemplo, Cortana da Microsoft, Google Assistente, e Alexa da Amazon.

Assistentes Pessoais passam por melhoria contínua em computadores pessoais, dispositivos residenciais inteligentes e dispositivos “vestíveis”, como relógios inteligentes.

3. *ChatBots* sociais: Criados para atender às necessidades de comunicação, afeto, e aceitação social dos usuários. Buscam simular o comportamento de um ser humano, oferecendo sua perspectiva sobre um assunto, criando novos assuntos para manter a conversa. Ao contrário de sistemas para completar tarefas e assistentes pessoais, que são feitos para completar um objetivo e encerrar a conversa o quanto antes, *ChatBots* sociais prolongam a conversa como humanos, apresentando resultados, oferecendo perspectivas e apresentando novos tópicos.

XiaoIce, um *ChatBot* desenvolvido pela Microsoft e classificado como social, tem sido um dos mais utilizados em sua categoria desde seu lançamento, em maio de 2014. Este sistema “entende” as necessidades emocionais dos usuários e se envolve em comunicações interpessoais como um amigo, animando os usuários e prendendo sua atenção durante a conversa. Exemplo de interação em [14].

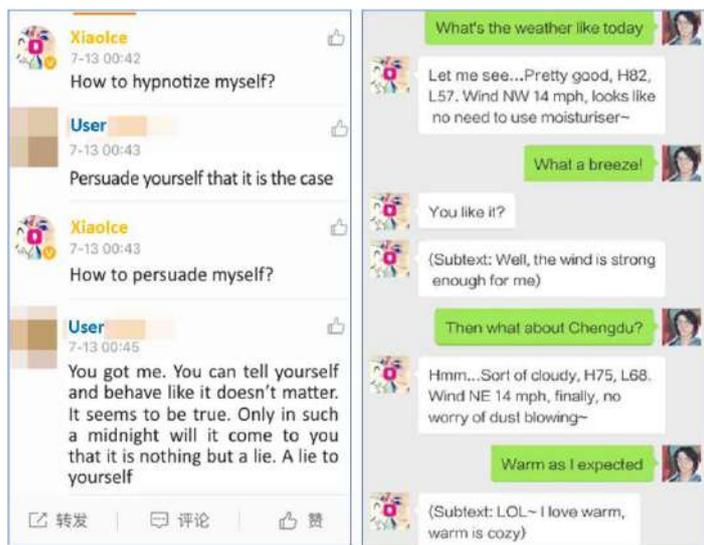


Figura 2: Interação com XiaoIce.

Fonte: [14].

Desde ELIZA, houve diversos outros *ChatBots*, cada um objetivando aprimorar a interação, simulando com mais exatidão as características de seres humanos. Aliados às tecnologias emergentes, os *ChatBots* vêm se desenvolvendo para suprir necessidades em diferentes áreas.

II.2.2 APLICAÇÃO NOS NEGÓCIOS

Inúmeras organizações fazem uso de *ChatBots*, seja para marketing, vendas, suporte, entre outros. Uma dessas organizações é a AMTRAK, empresa atuante no setor de transporte público. Após a implantação de “Ask Julie”, *ChatBot* desenvolvido para “funcionar como o melhor representante de atendimento ao cliente”, houve um retorno de 800% do investimento, as reservas aumentaram em 25%, houve uma economia de \$1,000,000 em gastos com atendimento ao cliente em um único ano, e mais de 5,000,000 perguntas foram respondidas a cada ano [15].

Outro exemplo de uso bem-sucedido da tecnologia dos *ChatBots* no meio comercial é o Intercom, uma ferramenta composta por módulos de diferentes meios de comunicação,

incluindo um *ChatBot* e automatização de envio de e-mails. De acordo com estudo de caso realizado pela organização Anymail Finder, a ferramenta ajudou sua startup de marketing por e-mail, composta por duas pessoas, a sair do amadorismo e se tornar uma empresa robusta de suporte e vendas. Antes de utilizar a ferramenta, a empresa mantinha contato através de e-mail, porém o processo não possibilitava uma boa visão estratégica de seus usuários. Após a implantação, houve um aumento nas vendas e 60% de sua renda é gerada pelo uso da ferramenta, a empresa recebe *feedback* das interações executadas na plataforma, possibilitando planejamento e melhoria contínua [16].

Apresentado na conferência F8 em 2016, a plataforma de *ChatBots* para negócios, integrada ao Messenger do Facebook, hoje já conta com 300,000 *ChatBots* ativos interagindo com consumidores, de acordo com anúncio realizado na mesma conferência, em 2018. O número de *ChatBots* empresariais tem crescido, e as empresas têm visto o impacto que tais aplicações causam em seus negócios: redução de custo, automação de interações com usuários, aumento na capacidade de atendimento, entre outros. Existem também diferentes maneiras de implementação, distintas formas de utilizar a tecnologia para impulsionar a presença da organização do mercado.

II.2.3 CARDBOT

Seguindo o modelo arquitetural de ALICE, o *CardBot*, como descrito por Heo, é uma implementação que dispensa mecanismos sofisticados e complexos, substituindo estes também por regras estáticas.

Em junho de 2015, foi desenvolvido o software chamado Naver TalkTalk, um *ChatBot* criado pela empresa Naver Inc., com o objetivo de disponibilizar ao público uma forma de comunicação efetiva, voltada para negócios. A primeira versão do *software*, assim como grande parte dos *ChatBots* existentes no mercado, contava com a tecnologia de Processamento Natural de Linguagem (PNL) para identificar a necessidade do consumidor e solucioná-la adequadamente. A taxa de interações bem-sucedidas era de somente 7%, e a taxa de conversão em compras era de somente 0.1%. Após pesquisas, foi observado que os consumidores não sabiam o quê perguntar. Partindo desta conclusão, em setembro de 2015, a empresa desenvolveu um *ChatBot* que apresentava um menu de opções, limitando a escolha do usuário às opções apresentadas. Heo classifica este tipo de *software* como *CardBot*. No primeiro mês desde a implantação do *CardBot*, a organização alcançou 29% de sucesso nas interações, e conversão de 12.4% em vendas [17].

Como observado no caso de Naver Talk Talk, a liberdade de comunicação dada ao usuário nas interações com o *ChatBot* pode ser um empecilho no processo, pois o usuário sabe que a máquina não tem capacidade cognitiva equiparada à de um ser humano, e com isto, infere que nem todas as entradas dadas ao sistema levarão ao resultado esperado.

II.2.4 GO (GOLANG)

Linguagem de programação desenvolvida por engenheiros da Google. A linguagem foi desenvolvida para solucionar os problemas da Google, dos quais os principais são lentidão e inconveniências no desenvolvimento de software. Em sumo, o desenvolvimento de Go surgiu para atender os profissionais que escrevem, leem e mantêm grandes sistemas de software. Os principais obstáculos que tornam oneroso o desenvolvimento de aplicações de larga escala incluem: compilação lenta, dependências sem controle, cada desenvolvedor usando padrões diferentes da linguagem, baixo entendimento do código (difícil de ler, mal documentado, entre

outros), duplicação de esforço, custo de atualização, códigos idênticos duplicados e não atualizados, compilação com outras linguagens, entre outros.

Levando em consideração os pontos listados como negativos, a Google julgou como válida a idéia de projetar uma nova linguagem, adequada para escrever grandes programas da Google como servidores web, com considerações que favoreceriam a melhora da qualidade de vida dos programadores da Google. Segundo Rob Pike, as principais considerações para qualquer linguagem que almeja ser bem-sucedida neste contexto são: escalabilidade, para grandes programas com um grande número de dependências, com times volumosos de programadores trabalhando neles, familiaridade, pois os programadores estão familiarizados com linguagens procedurais, como C, e modernidade, pois a tecnologia atual já não é a mesma de anos atrás, e já existem recursos modernos que poderiam ser melhor aproveitados por novas soluções [18].

III SOLUÇÃO PROPOSTA

Tendo como objetivo a facilidade de implementação e redução de custos com o desenvolvimento de um *ChatBot* por uma equipe profissional, a solução proposta consiste em uma ferramenta capaz de auxiliar na criação de um *CardBot*, doravante referida como Crupiê, cujo fluxo de atendimento será definido pelo administrador do sistema, de acordo com a necessidade da organização, conforme figura 3.

Estima-se que o tempo médio necessário para desenvolvimento de um *ChatBot* por uma equipe é de 580 horas [19], envolvendo profissionais de diferentes especialidades, como interface, banco de dados, *back-end*, e dependendo da complexidade exigida, analistas de linguagem natural. O custo atrelado a um projeto desta natureza pode variar entre R\$6.000,00 e R\$27.000,00, de acordo com as funcionalidades do produto final.

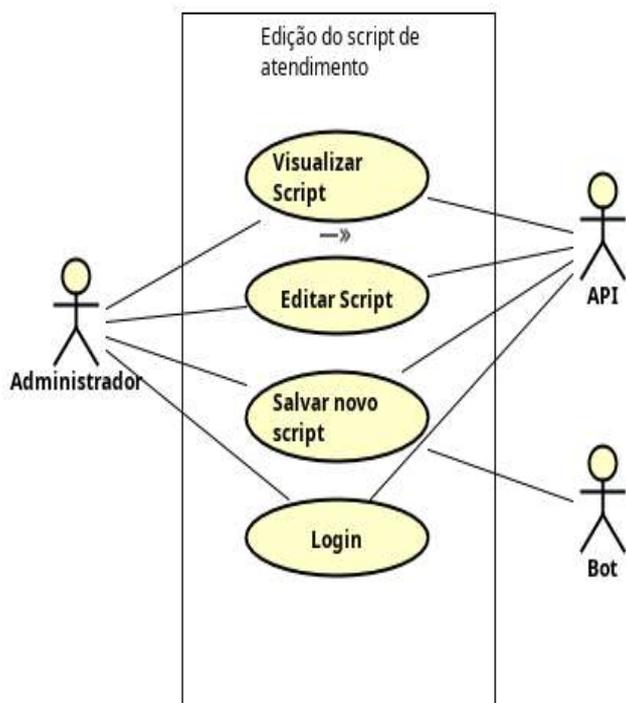


Figura 3: Crupiê - Casos de Uso. Fonte: Autores,(2018).

O Crupiê visa atender, principalmente, pequenas e médias empresas que trabalham com atendimento ao cliente final, onde há grande massa de atendimentos, que tornam custosa a alocação de atendentes humanos. No cenário atual, boa parte dos setores

de atendimento ao cliente contam com a ligação telefônica ou redes sociais como principais canais de atendimento

O funcionamento da aplicação se dá pelo uso de APIs (Interfaces de Programação de Aplicações) disponibilizadas por aplicações de mensagem, pelas quais a ferramenta recebe e envia mensagens a usuários através de suas redes. O Crupiê armazena o *script* de atendimento do *CardBot* como arquivo, este arquivo possui todas as mensagens que a aplicação enviará, e todas as possíveis opções aceitas como entrada. O sistema possui uma interface Web, protegida por autenticação de usuário, que possibilita ao administrador do sistema modificar o *script* de atendimento armazenado, para que possa alterar o fluxo de conversação com o cliente.

As seguintes tecnologias foram utilizadas no desenvolvimento do Crupiê:

1. Go (Golang): Devido ao ótimo sistema de concorrência oferecido pela linguagem, e também pelo bom gerenciamento de memória, torna-se adequado à situação abordada, que é atender a múltiplos clientes concorrentemente.
2. Gin Gonic: Framework web de alta performance escrito em Go. Usado para disponibilizar a API do sistema.
3. Representational State Transfer (REST): Padrão arquitetural utilizado na comunicação entre diferentes partes do sistema, e também na comunicação com sistemas externos.
4. JSON Web Tokens (JWT) – Responsável pela segurança na comunicação entre diferentes partes do sistema.
5. React – Framework web escrito em JavaScript, utilizado na construção das interfaces do sistema.

As tecnologias listadas se relacionam de forma a compor a arquitetura do sistema. Desta arquitetura, fazem parte o mecanismo central do Crupiê, escrito em Go, e a API que permite comunicação com este, também escrita em Go, por meio do framework Gin, executados no lado do servidor. No lado do cliente, a aplicação React é executada em um navegador, se comunicando com o servidor através da API.

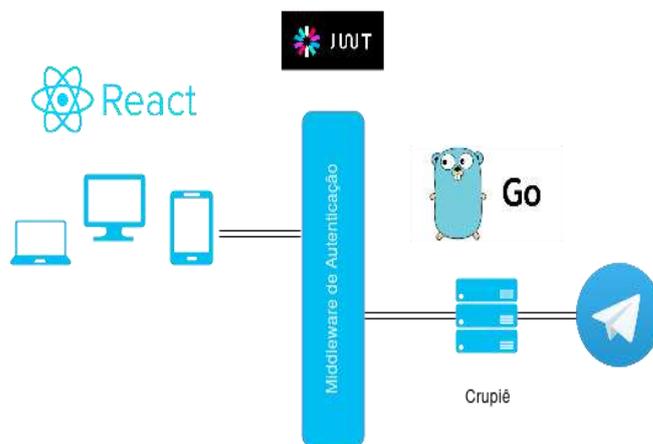


Figura 4: Diagrama da Arquitetura. Fonte: Autores, (2018).

A interface do sistema foi desenvolvida para que usuários sem profundos conhecimentos técnicos sejam capazes de gerir o *ChatBot*.

Ao navegar até a tela inicial do programa através do navegador, o administrador do sistema deve informar login e senha cadastrados, como visto na figura 5, para que tenha acesso à tela de gerência.



Figura 5: Tela de Login.
Fonte: Autores, (2018).

Após autenticação bem-sucedida, o administrador do sistema tem acesso à tela de gerência da aplicação. A interface tem uma aparência semelhante aos aplicativos de bate-papo, para que o usuário esteja familiarizado com o funcionamento.



Figura 6: Edição do Script – Raiz.
Fonte: Autores, (2018).



Figura 7: Edição do Script – Suporte.
Fonte: Autores, (2018).

Ao clicar em “enviar”, todo o *script* alterado é enviado ao servidor, alterando o fluxo de interação da aplicação em funcionamento. A figura 9 mostra um exemplo de contato feito por um cliente, através da plataforma do Telegram.

O fluxo de atendimento gerado ao fim do procedimento de configuração será um laço de repetição que itera sob a árvore do *script* de atendimento gerada, seguindo de acordo com as escolhas do usuário, e finaliza ao receber uma entrada inválida, ou ao atingir o fim da árvore, como pode ser observado na figura 8.

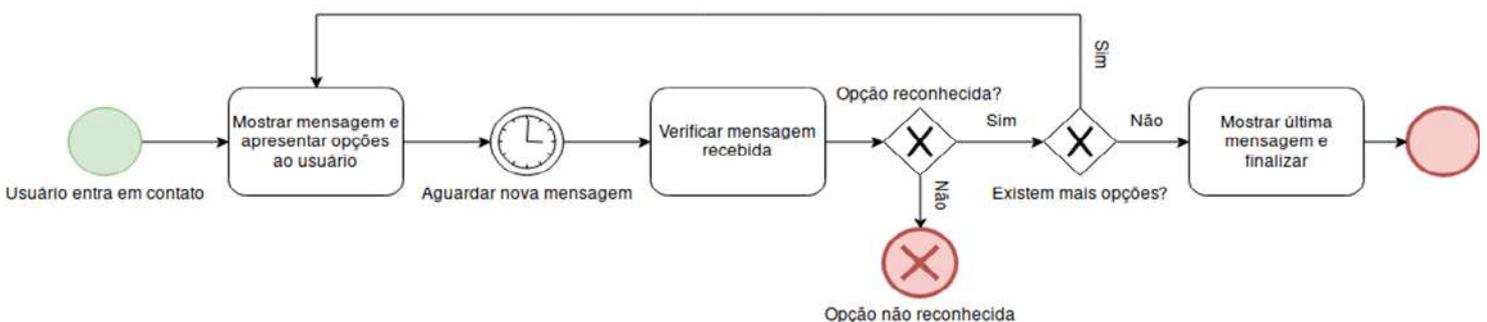


Figura 8: Diagrama de Fluxo de Interação.
Fonte: Autores, (2018)

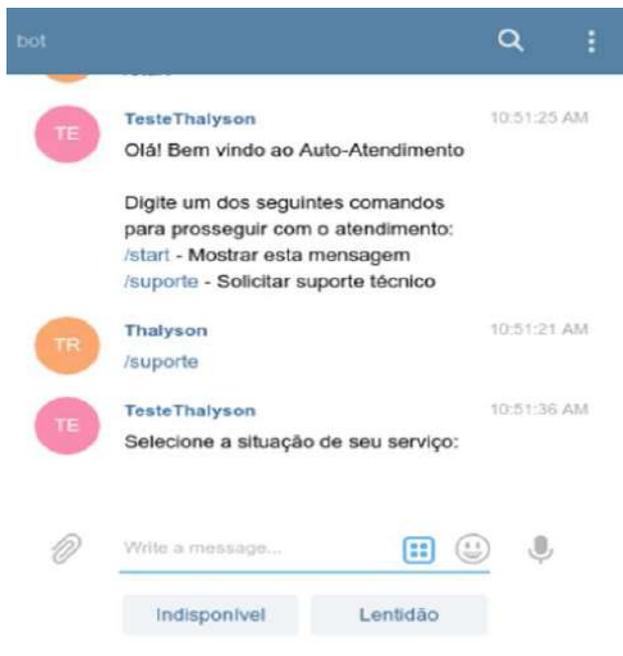


Figura 9: Exemplo de Interação.
Fonte: Autores, (2018).

IV CONCLUSÃO

As inovações tecnológicas do século 21 têm modernizado e tornado cada vez mais eficientes diversos processos ao nosso redor, como, por exemplo, nas áreas comerciais, com o *e-commerce*, no meio de produção, com a chamada “Indústria 4.0”, entre outros. A busca por melhoria contínua de processos é incessante, e não poderia ser diferente em uma área crítica ao mercado, como é a de atendimento ao cliente. O padrão de qualidade esperado pelos consumidores hoje é alto, clientes buscam um atendimento exclusivo, onde a atenção do atendente esteja focada em sua necessidade, e comprometimento na resolução de seus questionamentos de forma rápida. Por outro lado, empresas que lidam diretamente com o cliente devem oferecer estes serviços, porém de forma a manter os custos reduzidos, e tendo um aproveitamento ótimo dos recursos disponíveis, ou seja, é necessário que seja feito mais, gastando menos. Os *ChatBots* são capazes de auxiliar as organizações nesta árdua tarefa. Os grandes ganhos oferecidos por esta tecnologia incluem: Disponibilidade de 24 horas do serviço, processamento de massivo número de atendimentos, baixo custo em comparação com atendentes humanos e economia de tempo em perguntas frequentes. O Crupiê apresenta uma maneira fácil de implementar um *ChatBot* de atendimento em uma organização, com uma interface simples e fluxo de atendimento personalizável, de acordo com a necessidade desta, dispensando o custo financeiro e tempo prolongado necessário para que uma equipe de engenheiros de software desenvolva esta solução. A ferramenta permite que usuários com mínimo conhecimento técnico sejam capazes de desenvolver um *ChatBot* funcional.

IV REFERÊNCIAS

[1] H. Levy, “Gartner’s Top 10 Strategic Predictions for 2017 and Beyond: Surviving the Storm Winds of Digital Disruption”, Gartner, 2016.

[2] “Chatbot Survey 2017: Current State of Chatbots and Their Outlook in 2017”, Mindbowser, 2017.

[3] D. Reis e L. Pena, “Customer satisfaction: the historical perspective”, *Management Decision*, vol. 41, nº 2, p. 195–198, 2003.

[4] A. Costa e L. Santana, “Qualidade do Atendimento ao Cliente: Um Grande Diferencial Competitivo para as Organizações”, *Revista de Iniciação Científica*, vol. 02, nº 02, p. 155–172, 2015.

[5] D. Freemantle, *Incrível Atendimento ao Cliente*. Makron Books, 1994.

[6] R. Enes, “Evolução do Relacionamento com o Cliente”, *Revista Acadêmica Online*, vol. 01, nº 03, 2015.

[7] D. Moine e G. Robson, *Campeões de Vendas: Como Construir Relacionamentos e Adquirir Clientes*, 1º ed. Prentice Hall, 2005.

[8] Y. Wilks, Org., *Machine conversations*. Boston: Kluwer Academic, 1999.

[9] W. Zadrozny, M. Budzikowska, J. Chai, N. Kambhatla, S. Levesque, e N. Nicolov, “Natural language dialogue for personalized interaction”, *Communications of the ACM*, vol. 43, nº 8, p. 116–120, ago. 2000.

[10] J. Weizenbaum, “ELIZA — A computer program for the study of natural language communication between man and machine”, *Communications of the Association for Computing Machinery*, vol. 9, nº 1, p. 36–45, 1966.

[11] A. Turing, “Computing machinery and intelligence”, *Mind*, vol. 49, p. 433–460, 1950.

[12] A. Braun, *Chatbots in der Kundenkommunikation*. 2003.

[13] B. AbuShawar e E. Atwell, “ALICE Chatbot: Trials and Outputs”, *Computación y Sistemas*, vol. 19, nº 4, dez. 2015.

[14] H.-Y. Shum, “From Eliza to XiaoIce: Challenges and Opportunities with Social Chatbots”, *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, vol. 19, nº 1, p. 10–26, 2018.

[15] “Helping a railroad service conduct business”. Disponível em: <http://nextit.com/case-studies/amtrak>. [Acesso: 08-nov-2018].

[16] “What is Intercom? A Case Study in Using the Intercom Live Chat App.”, Upscope Blog. 07-fev-2017.

[17] M. Heo e K. J. Lee, “Chatbot as a New Business Communication Tool: The Case of Naver TalkTalk”, *Business Communication Research and Practice*, vol. 1, nº 1, p. 41–45, jan. 2018.

[18] R. Pike, “Go at Google: Language Design in the Service of Software Engineering”. 2012.

[19] S. Kumar, “How Much Does It Cost to Develop a Chatbot Application?”, *DZone*, 15-dez-2017.



Physical and Chemical Characterization of Soil of Igarapé São Raimundo Left Margin - Luiz Anthony - Manaus-AM

Bruna Barbosa Matuti¹, Abel de Oliveira Costa Filho¹, Ana Paula de Lima Mendes², Daniela Bittencourt³, Nilton Campelo⁴

^{1,2,3} Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

⁴ Professor Titular do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

Email: bruhmatuti@outlook.com, abel_costajr@hotmail.com, mendes.anapaula7@gmail.com, daniela.bittencourt1@gmail.com, ncampelo@uol.com.br.

ABSTRACT

Received: October 21th, 2018

Accepted: November 14th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The tests carried out had the objective of the physical and chemical characterization of the soil in the left bank of the São Raimundo stream, and the new phase of the PROSAMIM Program will be implemented. Using the main tests for the classification, such as: Liquidity limit, Limit of plasticity, Limit of contraction, Specific mass of soil grains, Screening, Sedimentation, Compaction, among other tests. The sample was collected and taken to the Pavement Laboratory of the Civil Engineering Department of the Federal University of Amazonas, where it was studied for a careful classification applied in this study. The tests are carried out according to the specific standards of ABNT and with the equipment available at the educational institution, also according to the norms.

Keywords: clay, characterization, physics, chemistry, classification.

Caracterização Física e Química do Solo do Igarapé São Raimundo Margem Esquerda – Ligação Luiz Anthony – Manaus-AM

RESUMO

Os ensaios realizados tiveram como objetivo a caracterização física e química do solo na margem esquerda do igarapé São Raimundo, estará sendo implantada a nova fase do Programa PROSAMIM. Utilizando os principais ensaios para a classificação, tais como: Limite de liquidez, Limite de plasticidade, Limite de Contração, Massa Específica dos grãos do solo, Peneiramento, Sedimentação, Compactação, entre outros ensaios. A amostra foi coletada e levada ao Laboratório de Pavimentação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Amazonas, onde foi estudada para uma cuidadosa classificação, aplicada neste estudo. Os ensaios são realizados de acordo com as normas específicas da ABNT e com os equipamentos disponíveis na instituição de ensino, também de acordo com as normas.

Palavras-Chave: argila, caracterização, física, química, classificação.

I INTRODUÇÃO

O solo argiloso possui pelo menos 30% de argila na sua composição de partículas. Esse tipo de solo possui grãos muito pequenos, como os espaços entre os grãos, o solo argiloso costuma ficar encharcado após uma chuva, o que melhora o seu manuseio [1]. Quando está seco e compacto, sua porosidade diminui ainda mais, tornando-o duro e ainda menos arejado. Possui consistência fina e é impermeável a água e a todos os outros líquidos. É muito utilizado como matéria-prima para fabricação de utensílios, cerâmicas, objetos de arte e adornos,

assim como para construção por meio de telhas, tijolos cerâmicos, adobes, parede de pau a pique, taipa de pilão. As características do solo argiloso são, grãos pequenos e compactos; impermeável a líquidos; grande retenção de água; alta impermeabilidade; grande concentração de nutrientes; pouca acidez; propício para o cultivo e atividade agrícola; mais resistentes à erosão [1].

O termo caracterização é utilizado em Geotécnica para identificar um grupo de ensaios que visam obter algumas características básicas dos solos com o objetivo de avaliar a sua aplicabilidade nas obras de terra. São muito utilizados no início

dos estudos, como por exemplo em campanhas de campo para pesquisa de potenciais jazidas de argila, cascalho ou areia [2].

Este trabalho teve como objetivo obter, estudar e avaliar as propriedades física e química do solo na margem esquerda do Igarapé São Raimundo, estará sendo implantada a nova fase do Programa PROSAMIM.

II MATERIAL E MÉTODO

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Pavimentação do Departamento de Engenharia Civil, Laboratório da Geoquímica e no Laboratório de Ensaio Físico-Químicos da Universidade Federal do Amazonas, no Laboratório do INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, localizado em Manaus – AM, no Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais (LSCN) do Instituto Federal do Amazonas – IFAM, foi analisado um tipo de solo argiloso, proveniente da cidade de Manaus, AM, na Av. Álvaro Maia tem fim na ligação com a Av. Luiz Antony, na estaca de número 31+5 na cota 23, às margens do Igarapé do São Raimundo, onde se encontra o canteiro de obras do Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus (Prosamin).

II.1. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

O destorroamento do material referente foi feito com auxílio da peneira de 10 mm, e macerado por força humana com auxílio de um almofariz de porcelana, em uma cápsula de porcelana, de modo que todos os torrões tivessem suas partículas devidamente separadas, após foi separado 2kg da amostra para início dos ensaios. A amostra foi peneirada na peneira de 2mm de acordo com a NBR 6457, assim foi separado 100g para determinação do solo úmido e mais 100g de amostra para estufa a 105°C /110°C por 24 horas. A determinação da umidade higroscópica (h) foi realizada de acordo com a NBR 6457 [3].

A sedimentação do material, primeiramente foi passado na peneira de 2,0mm, separando em 03 beckers com 90g de amostra considerando a amostra siltosa e argilosa, para sedimentação e peneiramento fino. As amostras foram transferidas para os respectivos beckers de 250mL, com auxílio de uma proveta de 125mL, foram solubilizadas em 125mL de solução de hexametáfosfato de sódio, as soluções foram homogeneizadas, deixando em repouso por 24hrs [4].

Após esse procedimento as misturas foram transferidas e lavas com água destilada para um copo dispersor com auxílio de um aparelho dispersor durante 15 minutos. Em seguida as amostras foram transferidas a uma proveta de 1000L, e completadas com água destilada, começando assim o processo de provocação da suspensão das partículas, utilizando o densímetro e o termômetro foi efetuado as leituras correspondentes aos tempos de sedimentação (t) de 0,5, 1 e 2 minutos, e leituras nos tempos de 4,8,15, e 30 minutos, 1,2,4,8, e 24 horas a contar o início da sedimentação. Após a última leitura, o material foi despejado na peneira de 0,075 mm, sob lavagem em água corrente a baixa pressão [5].

O peneiramento fino do material, foi retido na peneira de 0,075 mm em estufa, a temperatura 105° C a 110°C, por 24 horas, em seguida passado nas peneiras de 1,2; 0,6;0,42;0,25;0,15;0,075mm. O peneiramento grosso do material, foi retido na peneira de 2,0 mm, e passado nas peneiras de 50,38,25,19,9,5 e 4,8 mm [5].

Para a análise de sedimentação sem defloculante, foi feito a substituição da solução de hexametáfosfato de sódio, por água destilada.

II.2. LIMITE DE LIQUIDEZ

É o teor de umidade do solo com que se unem, em um centímetro de comprimento, as bordas inferiores de uma canelura feita em uma massa de solo colocada na concha de um aparelho normalizado (Aparelho de Casagrande), sob a ação de 25 golpes da concha sobre a base desse aparelho [6].

O Limite de liquidez marca a transição do estado plástico ao estado líquido, expresso em porcentagem. O estado líquido é caracterizado pela ausência de resistência ao cisalhamento e o solo assume a aparência de um líquido. Quando o solo começa a perder umidade, passa a apresentar o comportamento plástico, ou seja, deforma-se com variação volumétrica (sem fissurar-se ao ser trabalhado). Ao perder mais água, o material torna-se quebradiço (semi-sólido), no estado sólido, não ocorrem mais variações volumétricas pela secagem do solo [7].

Na determinação do limite de liquidez, existem dois métodos para a obtenção do Limite de Liquidez, um deles confecciona-se um gráfico com os dados obtidos. No outro, o resultado é calculado através de fórmulas. O método descrito aqui trata da determinação com o auxílio do gráfico. O ensaio deve ser executado em condições ambientais que minimizem a perda de umidade do material por evaporação, preferencialmente em recintos climatizados [8].

Utilizou-se 100g do material, colocando uma parte da amostra no recipiente de porcelana e aos poucos se adiciona água até a homogeneização da massa, assim foi passado para a concha do aparelho de Casagrande certa quantidade dessa massa aplainando com a espátula, de tal forma que a parte central fique com 1 cm de espessura, assim após isso fazendo com o cinzel uma ranhura no meio da massa, no sentido do maior comprimento do aparelho, girando a manivela à razão de duas voltas por segundo, contando o número de golpes até que se constate o fechamento da ranhura num comprimento de 1,2cm quando se deve parar a operação, nesse momento foi feito na amostra 1 máxima de 35 golpes, na amostra 2 máxima de 30 golpes, na amostra 3 máxima de 25 golpes, na amostra 4 máxima de 20 golpes e na amostra 5 máxima de 15 golpes, retirando após esse procedimento uma pequena quantidade do material no local onde as bordas da ranhura se tocaram para a determinação da umidade [8].

II.3. LIMITE DE PLASTICIDADE

É definido como o menor teor de umidade com o qual se consegue moldar um cilindro com 3 mm de diâmetro, rolando-se o solo com a palma da mão, expresso em porcentagem. O Limite de Plasticidade (LP) é um parâmetro necessário ao cálculo do Índice de Plasticidade dos solos [9].

Na determinação do limite de plasticidade, utilizou-se 50g do material, colocando a amostra na cápsula de porcelana, misturando com água destilada até obter-se uma massa plástica e uniforme, assim fazendo uma pequena bola, rolando sobre a placa de vidro esmerilhado, com pressão suficiente da mão para que a massa tome a forma de um cilindro de 3 mm de diâmetro por 10 cm de comprimento, continuando a operação até que, por perda da umidade, o cilindro se fragmente ao atingir as medidas desejadas, assim que o cilindro se quebre foi transferido vários pedaços para um recipiente para a determinação da umidade em estufa por 24hrs [10].

II.4. COMPACTAÇÃO – COM E SEM REUSO

A compactação é um processo de alteração da estrutura do solo, que provoca a diminuição do seu volume, porém sem variar a quantidade de água ou conteúdo em massa. O resultado é o aumento do peso específico e resistência ao cisalhamento do solo, além da diminuição do índice de vazios, permeabilidade e compressibilidade. Na década de 1930, Ralph R. Proctor contribuiu para o desenvolvimento da técnica de compactação do solo, expondo a relação entre massa específica aparente seca, teor de água e energia de compactação [8]. No ensaio de compactação, para uma mesma energia de compactação, a densidade do solo depende de sua umidade no momento da compactação [11].

O ensaio de compactação foi realizado com e sem reutilização do solo com o intuito de obter a curva de compactação de acordo com as instruções da NBR 7182. Os equipamentos utilizados foram: almofariz e mão com borracha; peneira nº4 (4,8mm); balança; molde cilíndrico de 1000cm³, com base e colarinho; soquete cilíndrico; extrator de amostras; cápsulas para determinação de umidade; estufa; régua de aço biselada; soquete com dispositivo de controle de altura; extrator de corpo de prova; conchas metálicas; papel filtro com diâmetro do cilindro. Separou-se uma certa quantidade de material seco ao ar e fez-se o destorroamento até que não houvesse torrões maiores que 4,8mm, depois peneirou-se a amostra na peneira 4,8mm e em seguida determina-se sua umidade higroscópica. Posteriormente adicionou-se água à amostra até se verificar uma certa consistência, prezando sempre pela perfeita homogeneização da amostra. Em seguida compactou-se a amostra no molde cilíndrico em 3 camadas iguais (cada uma cobrindo aproximadamente um terço do molde), aplicando-se em cada uma delas 26 golpes distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada, com o soquete. Na última camada, removeu-se o colarinho e a base, aplainou-se a superfície do material à altura do molde e pesou-se o conjunto cilindro mais solo úmido compactado. Depois retirou-se a amostra do molde com auxílio do extrator, e partindo-a ao meio, coletou-se uma pequena quantidade para a determinação da umidade. Desmanchou-se o material compactado até que pudesse ser passado pela peneira 4,8mm, misturando-o em seguida ao restante da amostra inicial (para o caso de reuso do material). Adicionou-se água à amostra homogeneizando-a (normalmente acrescenta-se água numa quantidade da ordem de 2% da massa original de solo, em peso). Esse processo foi repetido pelo menos por mais quatro vezes para que se conseguisse a curva de compactação [12].

II.5. ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA – ISC/ EXPANSÃO

O ensaio de Índice de Suporte Califórnia (CBR - California Bearing Ratio) possibilita conhecer a expansão do material constituinte de um pavimento submetido a um processo de saturação. Por meio dele é possível expressar as características de deformabilidade e de resistência do material submetido a carga estática, em condições saturadas. Esse ensaio permite avaliar o desempenho dos materiais para leito, subleito, sub-bases e bases de pavimentos. Segundo a NBR 11804, os valores exigidos, nesse ensaio, são de CBR maior ou igual a 60% e expansão menor ou igual a 0,5%, para bases de pavimentos ($N < 5 \times 10^6$), e CBR maior ou igual a 20% e expansão menor ou igual a 1%, para sub-bases [13].

O ensaio de suporte Califórnia CBR, California Bearing Ratio, é padronizado no Brasil pela norma ABNT 9895. O valor da resistência à penetração é computado em porcentagem, sendo que 100% é o valor correspondente à penetração em uma amostra

de brita graduada de elevada qualidade que foi adotada como padrão de referência.

Os equipamentos necessários para realização deste ensaio são: balanças; peneiras de 19 e 4,8; estufa; cápsulas metálicas para determinação de umidade; bandejas metálicas de 75 cm x 50 cm x 5 cm; régua biselada; espátulas de lâmina flexível; cilindro, o molde cilíndrico de bronze, latão ou ferro galvanizado, base perfurada, cilindro complementar de mesmo diâmetro (colarinho) e disco espaçador metálico; soquete, prato perfurado de bronze, latão ou ferro galvanizado, com 149 mm de diâmetro e 5 mm de espessura, com haste central ajustável, constituída de uma parte fixa rosqueada e de uma camisa rosqueada internamente, com a face superior plana para contato com o extensômetro; porta-extensômetro; disco anelar de aço para sobrecarga, dividido diametralmente em duas partes; extensômetro; prensa; extrator de corpo-de-prova; tanque ou recipiente com capacidade que permita a imersão total do corpo-de-prova; papel filtro circular; provetas de vidro; desempenadeira de madeira; conchas metálicas e base rígida [13].

Inicialmente são compactados cinco teores de umidade de uma amostra, segundo o método Proctor. Com esta finalidade, o molde grande de bronze ou material tratado (banho eletrolítico ou ferro galvanizado) é fixado na base perfurada, sendo colocado no fundo do molde um disco espaçador de 63,5 mm de altura, cuja função é de que o solo a ser compactado não ocupe totalmente o molde, promovendo um espaço para posterior colocação da sobrecarga a ser utilizada na determinação da expansão. Coloca-se o colarinho, papel filtro no fundo do molde sendo este apoiado sobre uma base rígida e o solo compactado em cinco camadas, com o soquete grande, sendo que o número de golpes depende da energia de compactação (normal – 12, intermediária – 26 e modificada – 55 golpes) [13].

É importante que sempre antes de lançar nova camada se faça a escarificação da camada compactada, de maneira a promover a aderência entre as mesmas. Após a compactação, retira-se o molde da base perfurada, inverte-o retirando o disco espaçador e pesa-o (molde mais o solo). Determinando-se o teor de umidade é possível obter-se a curva de penetração [13].

Para gerar a curva de expansão é preciso, após a compactação sobre o corpo de prova dentro do molde cilíndrico, no espaço deixado pelo disco espaçador, é colocado o prato com haste perfurada e sobre este o disco anelar de aço que é dividido em duas partes, sendo que cada parte da carga anular (5 lbs) corresponde a sobrecarga de aproximadamente 2,5 polegadas de pavimento. Sobre a haste do prato perfurado, é apoiada a haste do relógio comparador fixado no porta-extensômetro, anotando-se a leitura inicial. Em seguida, coloca-se o corpo de prova imerso por 4 dias, medindo-se a expansão, que é definida como a relação entre o aumento de altura do corpo de prova (expansão) e a sua altura inicial, expresso em porcentagem [13].

Para obter a medida da resistência à penetração é preciso retirar o corpo de prova da embebição e após o prato perfurado com a sobrecarga e deixa escorrer (drenar) por 15 minutos. Depois, recoloca-se a sobrecarga e leva-se o corpo de prova à prensa para ser rompido através da penetração do pistão a uma velocidade de 1,27 mm/min. São anotadas as leituras para as penetrações de 0,63; 1,27; 1,90; 2,54; 3,17; 3,81; 4,44; 5,08; 6,35; 7,62; 8,89; 10,16; 11,43 e 12,70 mm, sendo que esta última leitura corresponde ao tempo de 10 minutos. Em seguida, anota-se as leituras do relógio comparador acoplado ao mesmo, em mm, que medem encurtamentos diametrais provenientes da atuação das cargas e multiplica-se este valor lido pela “constante do anel”, que é obtida quando da sua calibração (curva da carga aplicada ao anel versus a leitura do relógio comparador), obtém-se o valor da

carga, que dividida pela seção transversal do pistão resulta no valor da pressão aplicada. No caso de se utilizar de uma célula de carga, a leitura é direta. A velocidade de penetração do pistão é controlada com o auxílio de um cronômetro e do acompanhamento dos valores da penetração registrados no relógio comparador fixado no pistão e com a haste apoiada no molde, com estes valores traça-se a curva pressão versus penetração ou carga versus penetração [13].

II.6. COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE

O ensaio de permeabilidade visa determinar a constante de proporcionalidade relacionada com a facilidade pela qual o fluxo passa através de um meio poroso, seguindo as recomendações da NBR 14545: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável [14].

II.7. MINI MCT

Para o ensaio de Mini-MCV, inicialmente preparou-se a amostra, conforme as especificações da NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Após secar, destorroar e homogeneizar, o solo foi passado na peneira de 4,8 mm e posteriormente separado em 05 amostras para execução do ensaio. O ensaio seguiu as especificações da norma DNER-ME 258 [3].

II.8. MICROSCÓPICA ELETRÔNICA DE VARREDURA - MEV

Nesse experimento, foi utilizado o MEV para análise da composição e fraturas na amostra com alto grau de detalhamento, para assim podermos ver microscopicamente os efeitos sobre o material causados pela destorroamento e peneiramento.

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) examina a superfície do tecido, de modo que o feixe de elétrons não atravessa o espécime. Um feixe eletrônico estreito é dirigido sobre a superfície do espécime, ‘varrendo-a’ de um lado para outro regularmente. Quando o feixe atinge a superfície do espécime esta emite elétrons secundários. Os elétrons secundários são captados por detectores, os quais criam um sinal elétrico, que é projetado em uma tela de televisão. O feixe de varredura, atingindo a superfície, desloca-se em sincronia com o feixe que produz a imagem no monitor. Desse modo, uma imagem tridimensional da superfície do espécime pode ser construída no vídeo. Podem obter-se micrografias fotografando a imagem. O tecido é preparado para o MEV primeiro fixando-o e depois por desidratação cuidadosa. A superfície do espécime é então revertida com uma delgada camada de metal, como o ouro, ouro-pálido, ou carbono, para ajudar a dispersão de elétrons [15].

II.9. ESPECTROSCOPIA DE RAIOS X POR DISPERSÃO EM ENERGIA – EDX

Com a realização desta análise de EDX, objetivou-se com este trabalho caracterizar os elementos químicos e os teores de óxidos presentes na amostra de solo. Este ensaio foi realizado com o equipamento modelo Epsilon 3-X da marca Panalytical. As seguintes condições de operação do equipamento foram selecionadas: tensão máxima de 50 kV, corrente máxima de 3 mA, sistema de gás hélio (pressão 10 atm./10 kgf/cm²).

Na caracterização dos teores de elementos químicos do solo através do EDX, verificou-se a presença de 25 elementos, nos sistemas amostrados e em ambas as profundidades, sendo

este: silício (Si), alumínio (Al), ferro (Fe), titânio (Ti), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), zircônio (Zr), prata (Ag), vanádio (V), crômio (Cr), európio (Eu), gálio (Ga), manganês (Mn), estrôncio (Sr), zinco (Zn), nióbio (Nb), chumbo (Pb), ítrio (Y), itérbio (Yb), tório (Th), rubídio (Rb), arsênio (As), irídio (Ir) e rênio (Re) respectivamente, em ordem decrescente de quantidade (g kg⁻¹).

II.10. DIFRAÇÃO DE RAIOS X – DRX

Este ensaio foi realizado com o equipamento modelo D2 Phaser da marca Bruker (Figura XX), operando na geometria 2θ usando radiação Cu-Kα ($\lambda = 0,154056$ nm). Para realização do ensaio de DRX as amostras foram acondicionadas em um porta amostra de acrílico e submetidas à incidência de um feixe de raios-X. Após esse procedimento, os difratogramas experimentais gerados foram submetidos à identificação das fases cristalinas através de comparações com padrões difratométricos disponibilizados no banco de dados Inorganic Crystal Structure Database – ICSD. Cada padrão DRX foi refinado pelo X'Pert Highscore Plus, no intuito de refinar os parâmetros estruturais e obter informações sobre quantificações de fases, tamanho de cristalitos e parâmetros de rede.

II.11. ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA) E ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL (DTA)

O ensaio termogravimétrico tem como finalidade medir a mudança da massa de uma substância em função da temperatura enquanto esta é submetida a uma programação controlada. Já o ensaio térmico diferencial consiste em medir a diferença de temperatura entre uma substância e um material de referência quando são submetidos a uma programação controlada de temperatura. Os ensaios foram realizados no equipamento SDT Q600.

II.12. CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA – CTC

No solo os cátions são formadores de cargas positivas, adsorvidos aos coloides e podem ser substituídos por outros cátions. Capacidade de Troca de Cátions (CTC) vem a ser o número total de cátions que o solo pode reter e que vai depender da quantidade de cargas negativas presentes. Quanto maior o número de cargas negativas num solo maior será a sua capacidade de troca de cátions ou de reter cátions.

A preparação da amostra e da solução de azul de metileno, consiste em pesar 1g de amostra e colocar no recipiente de alumínio é pesar, após isso amostra é colocada em estufa a 110°C durante a noite e ser pesado pela manhã e separar o azul de metileno para uso.

II.13. SUPERFÍCIE ESPECIFICA – SE

Os equipamentos usados nesse método são: estufa, balança analítica com leitura de 0,01g e 200g de capacidade, centrífuga, banho de ultrassons, copo de vidro de 150 ml, solução de azul de metileno, água destilada, solução de hexametáfosfato de sódio a 1%, solução saturada de cloreto de sódio, 1 pipeta de 10ml, 3 copos de vidro de 20ml e 3 tubos de ensaio.

O método para realizar o ensaio deve ser feito da seguinte maneira, para um copo de 150ml, adicionar a amostra da argila numa concentração de 3 partes em peso de 3g de argila para 100ml de água destilada, agitando fortemente a suspensão utilizando ultrassom durante 2 minutos e estabilizar] a

suspensão com solução de hexametáfosfato de sódio de 1%. Assim, foi agitado novamente a suspensão utilizando ultrassom durante 2 minutos, pipetar 5ml de cada vez para três tubos de ensaio para centrifugação e também para três copos de vidro de 20ml após de serem pesados. Após a secagem em estufa a 90°C as suspensões existentes nos três copos, foram calculadas as médias dos pesos sólidos respectivos, assim adicionando para cada tubo de ensaio, utilizando uma pipeta, 0,5ml de AM e agitando novamente no banho ultrassom durante alguns segundos, após esse processo as amostras foram centrifugadas durante 5 a 10 min até que os sólidos se assentem.

III. RESULTADOS

Os resultados do ensaio de granulometria, devido ao material não apresentar quantidade expressiva de partículas retidas na peneira Nº10, o resultado do peneiramento grosso foi conforme apresentado neste trabalho. Os valores obtidos que constituem a caracterização física da amostra, conforme mostra na Tabela 1. A massa específica dos grãos do solo obtida foi 2,62 g por cm³, a umidade ótima obtida pelo ensaio foi 1,44%. Sugere-se de acordo com os resultados obtidos que a amostra apresenta características argilosas 42,67%, e composta por areias média 26,21%, é possível avaliar a composição de areia fina 17,96 %, silte 9,25 % e areia grossa 4,10, conforme Figura 1.

Tabela 1: Caracterização física da amostra com defloculante

Propriedades	Valores das Propriedades
Massa Específica dos Sólidos (g/cm ³)	Gs = 2,62
Granulometria	
Argila (< 0,002mm)	42,67
Silte (< 0,06-0,75mm)	9,25
Areia fina (<0,075 0,42mm)	17,96
Areia média(<0,42-2,0mm)	26,21
Areia grossa<2,0mm)	4,10
Umidade	1,44

Fonte: Autores, (2018).

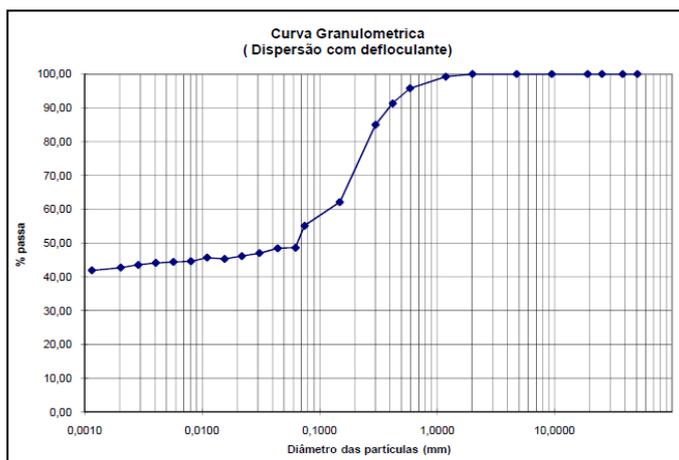


Figura 1: Curva Granulométrica.

Fonte: Autores, (2018).

A massa específica dos grãos do solo obtida foi 2,62 g por cm³, a umidade ótima obtida pelo ensaio foi 1,40%, conforme Tabela 2. Sugere-se de acordo com os resultados obtidos que a amostra apresenta características siltosa 46,61%, e composta por areias média 27,16%, é possível avaliar a composição de areia

fina 20,10%, areia grossa 3,80 % e argila 2,54. A curva granulométrica do solo é apresentada, conforme Figura 2.

Tabela 2: Caracterização Física da amostra sem defloculante

Propriedades	Valores das Propriedades
Massa Específica dos Sólidos (g/cm ³)	2,62
Granulometria	
Argila (< 0,002mm)	2,54
Silte (< 0,06-0,75mm)	46,61
Areia fina (<0,075 0,42mm)	20,10
Areia média(<0,42-2,0mm)	27,16
Areia grossa<2,0mm)	3,80
Umidade	1,40

Fonte: Autores, (2018).

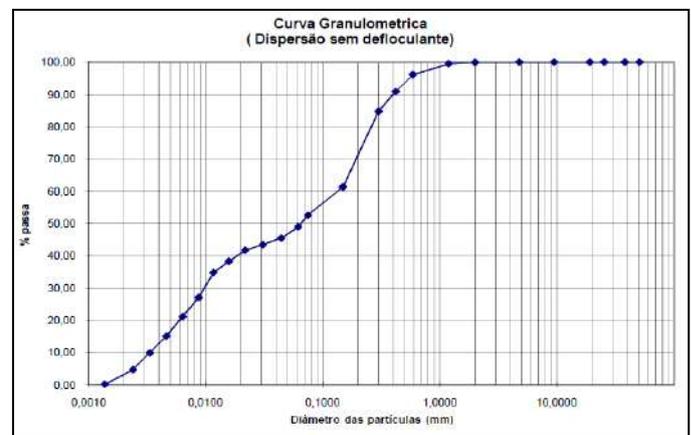


Figura 2: Curva Granulométrica.

Fonte: Autores, (2018).

Fazendo uma análise dos dois resultados, observa-se que o ensaio realizado com defloculante (hexametáfosfato de sódio) na etapa de sedimentação, o material sedimentou com uma velocidade mais lenta, se comparado com o ensaio sem defloculante. Isso se justifica pela ação do defloculante nas partículas do solo, que tem como efeito dispersar as partículas, fazendo com que ocorra a sedimentação mais lenta.

De acordo com o gráfico representado na Figura 3, o limite de liquidez do solo que delimita a fronteira entre o estado líquido e plástico em estudo é de 54,60%. Observando o resultado do limite de plasticidade, está delimitando o estado plástico do semi-sólido é de 31,47%, foi o momento em que o solo se desmanchou ao ser trabalhado, se tornando em estado semi-sólido, conforme Tabela 3. Assim, os resultados obtidos no ensaio de limite de contração da amostra 1 é de 20,98% e da amostra 2 22,19%, verificar os dados informados do ensaio.

Tabela 3: Índice de Plasticidade.

Índice de plasticidade		
Limite de Liquidez	%	54,60
Limite de plasticidade	%	31,43
Índice de plasticidade	%	23,17

Fonte: Autores, (2018).

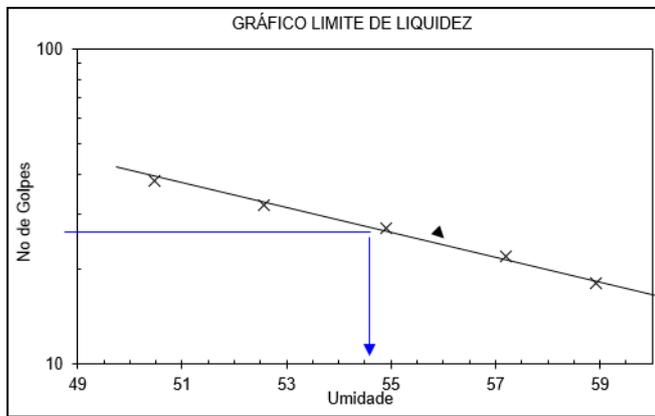


Figura 3: Gráfico do Limite de Liquidez.
Fonte: Autores, (2018).

Em posse de todos os dados, para gerar curva de compactação, primeiramente calculou-se a massa específica aparente seca conforme a NBR 7182, e depois fez-se a relação da mesma com teor de umidade. Para a compactação com reuso a massa específica seca foi de $1,75 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ e a umidade ótima foi de 16,10%. Já para a compactação sem reuso a massa específica seca foi de $1,708 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ e a umidade ótima foi de 17,20%, conforme Figura 4.

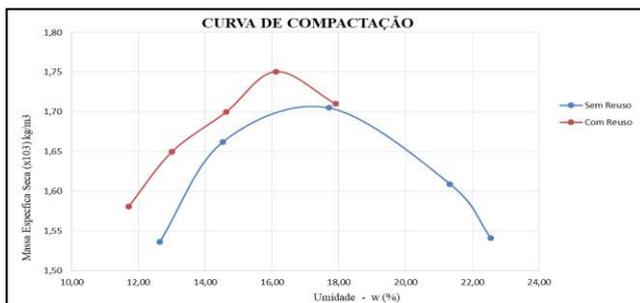


Figura 4: Curva de compactação com e sem reuso.
Fonte: Autores, (2018).

Os valores da densidade do solo em relação à umidade obtidos por meio do ensaio de Proctor normal com reuso do solo foram ajustados a uma equação do segundo grau, obtendo-se a curva de compactação e, a partir desta, determinaram-se a umidade crítica de compactação e a densidade do solo máxima correspondente.

A natureza do solo influencia em muitos casos significativamente na configuração da curva de compactação, de acordo com sua composição granulométrica, carbono orgânico e limite de umidade do solo [16]. Porém, é incerto o comportamento dessa curva quando se usa uma única amostra de solo (com reuso) para os intervalos de umidade considerados ou se usam amostras independentes com conservação dos agregados (sem reuso). Por isso, as curvas de compactação distintas de um mesmo solo podem caracterizar um problema, porque, hipoteticamente, se acredita que o procedimento de reuso superestima a densidade máxima de compactação do solo pela fragmentação dos agregados e reorganização das suas partículas. Conforme as curvas de compactação, verificou-se que a hipótese de que o procedimento com reuso de amostras caracteriza curvas distintas para o mesmo solo, é verdadeira pois, foram observados deslocamento ascendente das curvas e aumento da densidade máxima de compactação.

No entanto, mesmo tratando-se do mesmo solo, na compactação com reuso a umidade ótima foi menor em comparação com a compactação sem reuso. Ao analisar as curvas

de compactação sem reuso de amostras observa-se que, em comparação com as amostras com reuso e independentemente das camadas e do manejo, há um deslocamento descendente das curvas. Com base neste fato constata-se, nas curvas de compactação obtidas sem reuso de amostra, a ação do êmbolo do Proctor Normal o que não desfaz, provavelmente, todos os agregados do solo dificultando, então, a expulsão do ar e da água, sobretudo os intra-agregados, mesmo em condição de maior umidade no solo levando a um valor menor de D_{smax} .

Portanto, o procedimento de reuso aumenta a densidade máxima de compactação do solo pela fragmentação dos agregados e reorganização das suas partículas. Em condições naturais, a curva de compactação do solo é adequadamente caracterizada sem o reuso de amostras uma vez que, sob vegetação nativa e mesmo após uso antrópico, os agregados do solo não são totalmente fracionados. Com os resultados obtidos no ensaio de CBR, plotou-se um gráfico de relação entre a pressão e a penetração dos corpos de prova, compactados e saturados da amostra de solo. O corpo-de-prova foi moldado na umidade ótima de 17,2% encontrada através do ensaio de compactação sem reuso. Conforme os cálculos estabelecidos na NBR 9895, encontrou-se o ISC de 11,12% e a Expansão de 0,66%, conforme Figura 5.

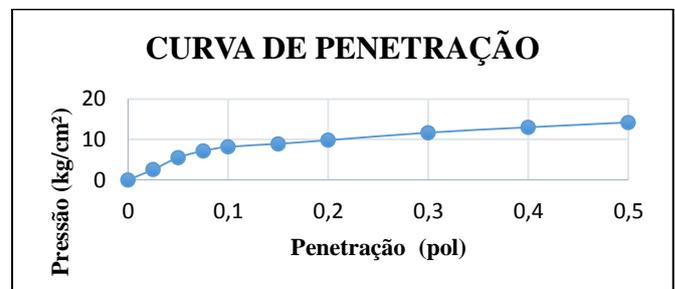


Figura 5: Curva de penetração.
Fonte: Autores, (2018).

O resultado obtido através da fórmula do coeficiente (K) de permeabilidade é de $K=5,34624 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$. Com base nisso, o solo em estudo pode ser classificado como Areia muito finas e siltes, mistura de ambos e argila. O ensaio de compactação Mini-MCV indica o abatimento dos corpos de prova para cada umidade relacionado com determinado número de golpes. Este ensaio é bastante utilizado para classificar os solos quanto ao método MCV. Para isso, alguns coeficientes são determinados. Para o solo em estudo, o coeficiente c' encontrado está representado na figura 1, tendo como resultado 1,82. Quanto ao coeficiente e' o valor encontrado é de 1,30, conforme Figura 7.

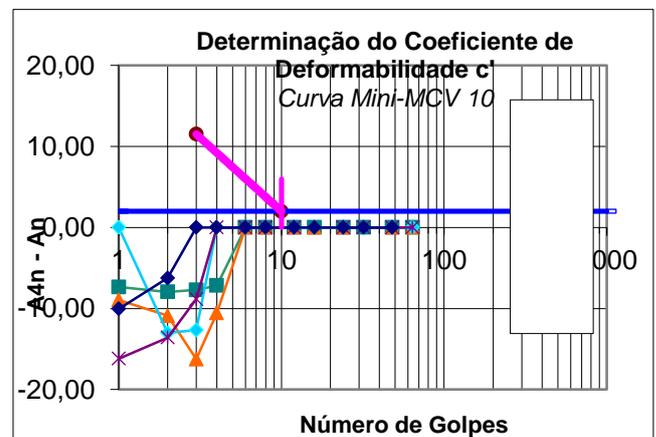


Figura 7: Coeficiente c' .
Fonte: Autores, (2018).

Diante dos valores encontrados e segundo a classificação MCT, o solo pode ser classificado como NG' – Não Laterítico Argiloso. A aplicação da microscopia eletrônica de varredura para a caracterização de materiais metálicos e semicondutores está cada vez mais generalizada na indústria e nos centros de pesquisa.

Novas técnicas para a preparação de amostras, novos programas para o processamento das imagens, sistemas mais robustos para o gerenciamento de operação e detectores com maior resolução são ferramentas que se apresentam para facilitar o trabalho dos pesquisadores na busca de novos e melhores materiais, conforme Figuras 8, 9 e 10.

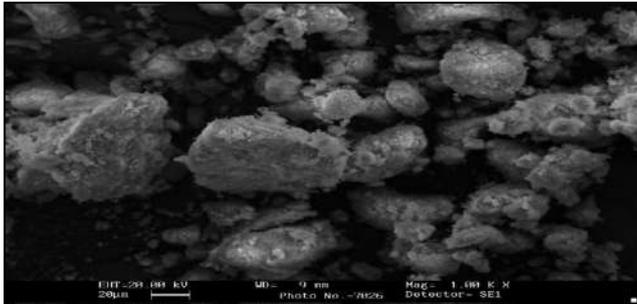


Figura 8: Visualização MEV, ampliação 100X.
Fonte: Autores, (2018).

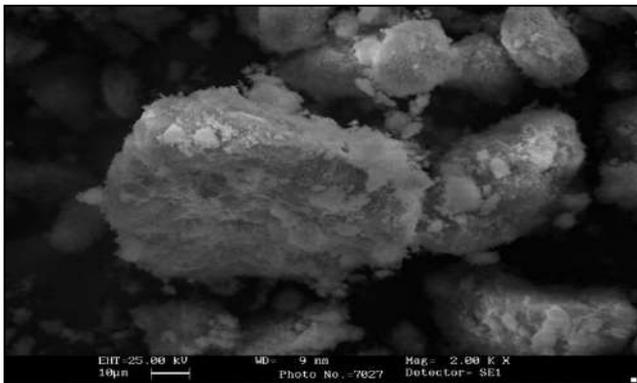


Figura 9: Visualização MEV, ampliação 200X.
Fonte: Autores, (2018).

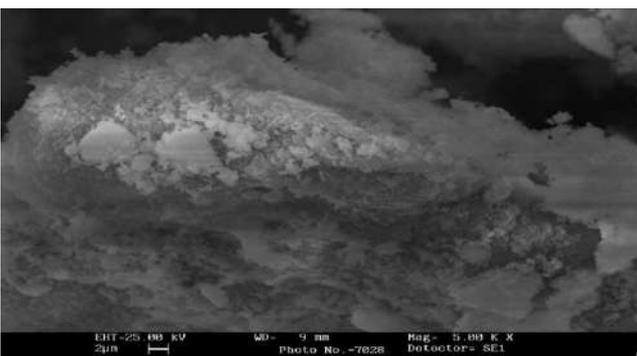


Figura 10: Visualização MEV, ampliação 500X.
Fonte: Autores, (2018).

Os resultados das análises TGA e DTA, a amostra foi aferida a aproximadamente 10mg, a taxa de aquecimento foi de 10 °C/min até a temperatura final de 1000 °C, com fluxo de gás N 5.0 de 30 ml/min. O cadinho utilizado nos testes foi o de alumina de 90 microlitros sem tampa. A Análise Térmica Diferencial e a Análise Termogravimétrica da amostra de solo podem ser observadas na figura 11.

No diagrama de DTA, o primeiro evento, em torno de 250°C, refere-se à variação da capacidade calorífica. A reação exotérmica está bem acentuada a 500°C e também apresenta uma reação a 50°C. Através da Análise Termo Gravimétrica verifica-se a perda de um pouco mais de 5% em peso da amostra de solo durante o aquecimento, de acordo com a Figura 11.

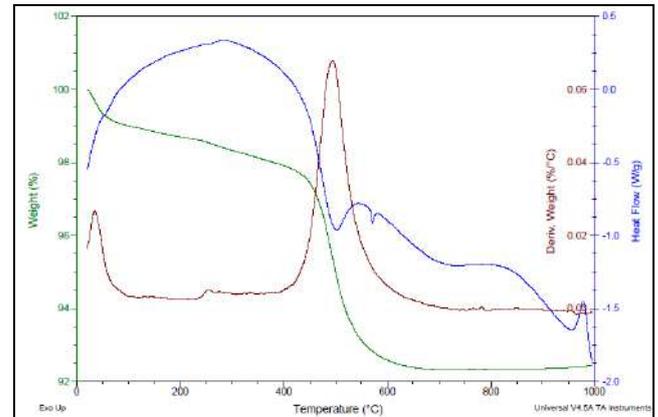


Figura 11: Análise Termogravimétrica e Térmica Diferencial.
Fonte: Autores, (2018).

O resultado do ensaio de CTC, o cálculo da porcentagem do peço seco da amostra de argila foi de 99,08%, onde sua concentração da solução de AM é de 0,1003. O valor de CTC em meq/100g é de 0,809. Quanto maior a CTC, maior a capacidade de armazenamento de cátions, porém a CTC baixa é para solos arenosos e a alta é para solos argilosos. O resultado da SE é de 135, 50. Os resultados obtidos pela espectrometria de fluorescência de raios-X por energia dispersiva, EDXRF, podem ser utilizados para avaliação das modificações existentes nos teores de elementos químicos presentes no solo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. Dentre os metais avaliados, o Si, o Al e o Fe, apresentaram as maiores concentrações no solo, indicando a presença de minerais ricos neste elemento na constituição do material de origem do solo.

De acordo com a Figura 12, os principais elementos químicos encontrados na Espectrometria de Fluorescência de Raios-X Por Energia Dispersiva (EDXRF), constatou-se que os principais elementos presentes na figura acima, foram o dióxido de titânio ou anatase (TiO₂), o dióxido de silício (SiO₂) conhecido vulgarmente como quartzo e o hidróxido de silicato de alumínio (Al₂Si₂O₅(OH)₄) conhecido como caulim, sendo estes elementos muito característicos dos solos da bacia amazônica.

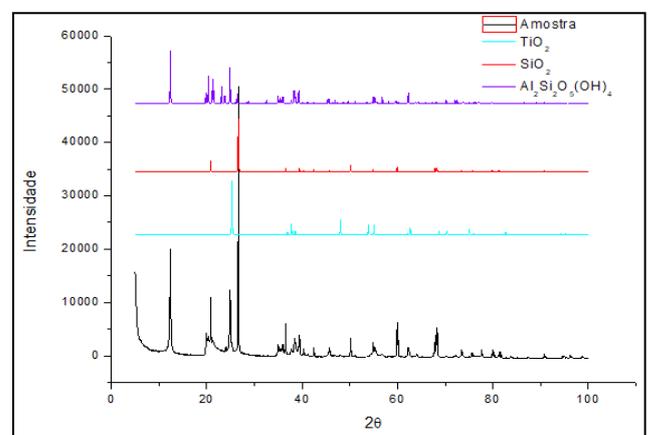


Figura 12: Principais elementos presentes na amostra.
Fonte: Autores, (2018).

IV CONCLUSÃO

Por meio desta pesquisa detalhada, sobre classificação do solo tendo como base os resultados obtidos, conclui-se que este solo estudado apresenta um elevado percentual de argila em comparação areia média e fina. Através dos limites de Atterberg do solo, foi possível delimitar os diversos estados de consistência dos solos, comprovando por meio do valor do limite de liquidez que a amostra estudada possui um alto índice de argila, confirmando os resultados do ensaio de granulometria. No ensaio de compactação do solo, os resultados obtidos para o procedimento com reuso, a densidade máxima de compactação aumentou em relação ao procedimento sem reuso, porém, é aconselhável utilizar os valores do procedimento sem reuso, pois, aproxima mais das condições encontradas na natureza. Os resultados obtidos pelo EDX, os principais elementos químicos que contem na amostra é o silício, alumínio, ferro e titânio, através disse foi concluído no ensaio de DRX que os principais óxidos presentes na amostra foram dióxido de titânio, quartzo e caulim, sendo esses elementos muito característicos da região da bacia amazônica. Através da análise de TGA e DTA, verificou-se que a amostra apresentou perda de 5% de peso durante o aquecimento. Em relação a CTC, quanto maior a CTC, maior a capacidade de armazenamento de cátions, porém a CTC baixa é para solos arenosos e a alta é para solos argilosos.

V REFERÊNCIAS

- [1] TODA MATERIA. **Solo Argiloso**. 2018. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/solo-argiloso/>>. Acesso: 23/11/2018.
- [2] Maia, V. **Manual de Engenharia Civil para Concursos**. Acesso em: 10 de outubro de 2018. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/47404304/concurso-engenharia-civil>>.
- [3] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457. **Amostras de Solo – Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização**. Rio de Janeiro, 2016.
- [4] NP EN 933-1:2000 – **Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 1: Análise granulométrica – Método de peneiração**. 2000.
- [5] NP EN 933-2:1999 – **Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 2: Determinação da distribuição granulométrica – Peneiros de ensaio, dimensão nominal das aberturas**. 1999.
- [6] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459. **Solo – Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, 2016.
- [7] Crispim, F. A.; Lima, D. C.; Schaefer, C. E. G. R.; Silva, C. H. C.; Carvalho, C. A. B.; Barbosa, P. S. A.; Brandão, E. H. **The Influence of Laboratory Compaction Methods on Soil Structure: Mechanical and Micromorphological Analyses**. Artigo Científico. Soils and Rocks Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2011.
- [8] DNER – ME 122/94 – **Solos – Determinação do Limite de Liquidez – método de referência e método expedito**. 1994.
- [9] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180. **Solo – Determinação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro, 2016.
- [10] DNER – ME 082/94 – **Solos – Determinação do Limite de Plasticidade**. 1994.
- [11] Figueiredo, L. H. A; Dias Junior, M. S.; Ferreira, M. M. **Umidade Crítica De Compactação e Densidade do Solo Máxima em Resposta a Sistemas de Manejo num Latossolo Roxo**. Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2000, vol.24, n.3, pp.487-493.
- [12] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182. **Solo - Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 2016.
- [13] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11804. **Materiais para sub-base ou base de pavimentos estabilizados granulometricamente - Especificação**. Rio de Janeiro, 1991.
- [14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável**. NBR 14545. Rio de Janeiro: 2000.
- [15] PORTAL EDUCAÇÃO. **Microscópio eletrônico de varredura**. 2018. Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/microscopio-eletronico-de-varredura/31077>>. Acesso: 23/11/2018.
- [16] Ramos, F. T. Ramos, D. T.; Maia, J. C. S.; Serafim, M. E.; Azevedo, E. C.; Roque, M. W. **Curvas de compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo: Com e sem reuso de amostras**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.17, n.2, p.129–136. Campina Grande, 2013.

Analysis of the efficacy of the sealing glass wool in drywall system with emphasis on acoustics

Geovanny Baia dos Santos¹, Bruna Barbosa Matuti²

¹ Discente – Engenharia Civil - Centro Universitário do Norte (UNINORTE) - Manaus - AM.

² Docente – Engenharia Civil - Centro Universitário do Norte (UNINORTE) - Manaus - AM.

Email: baiageovanny@gmail.com, bruhmatuti@outlook.com

ABSTRACT

This article presents an analysis of the effectiveness of glass wool as insulation, in joint use with acoustic fencing systems in indoor environments. So that the wool is your total effectiveness as an insulating material, it must be applied over a solid surface, in this case, the surface used was the Drywall, a system that comes growing enough in Brazil due to your convenience, and be constructively the dry. It was studied and verified the acoustic performance of an acoustic blanket in a single-family residence located in one of the most important and busiest avenues in the city of Manaus, and that has a high level of noise during much of the day were analyzed distinctly the following phenomena: sound transmission between rooms and acoustic absorption of the insulating material under study. The analysis was carried out in two schedules to make a comparison between a daylight high-flow on the Boulevard and a moderate flow. The on-the-spot study used a noise-measuring equipment, called decibel meter that generates values in decibels. A study was conducted in two rooms of the residence, an acoustic treatment, and another environment without treatment. The results showed that glass wool had your performance effectively, with a considerable reduction of noise in the environment that has proofed. Despite the high level of noise in the vicinity of the residence, the material has developed a good sound-absorbing, adapting the environments according to the Regulatory standards requirements.

Key words: Glass wool, Drywall, Acoustics.

Análise da eficácia da lã de vidro para vedação em sistema drywall com ênfase em acústica

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise da eficácia da lã de vidro como isolante acústico, em utilização conjunta com sistemas de vedações acústicas em ambientes internos. Para que a lã tenha sua total eficácia como material isolante, ela deve ser aplicada sobre uma superfície sólida, neste caso, a superfície utilizada foi o Drywall, um sistema que vem crescendo bastante no Brasil devido à sua praticidade, e por ser uma forma construtiva a seco. Foi estudado e verificado o desempenho acústico da manta acústica em uma residência unifamiliar localizada em uma das principais e mais movimentadas avenidas da cidade de Manaus, e que possui alto índice de ruídos durante grande parte do dia. Foram analisados distintamente os seguintes fenômenos: transmissão de sons entre ambientes e absorção acústica do material isolante em estudo. A análise foi realizada em dois horários para que fosse possível fazer uma comparação entre um horário de alto fluxo na avenida e um com fluxo moderado. No estudo in loco foi utilizado um equipamento de medição de ruídos, chamado decibelímetro, que gera valores em decibéis. Foi realizado um estudo em dois ambientes da residência sendo, um ambiente com tratamento acústico e outro sem tratamento. Os resultados obtidos mostraram que a lã de vidro teve seu desempenho de forma eficaz, com uma considerável redução de ruídos no ambiente que possui isolamento acústico. Apesar do alto índice de ruídos nas proximidades da residência, o material desenvolveu uma boa absorção do som, adequando os ambientes segundo às exigências das Normas Regulamentadoras.

Palavras-chave: Lã de vidro, Drywall, Acústica.

Received: September 27th, 2018

Accepted: November 06th, 2018

Published: December 20th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



I INTRODUÇÃO

Atualmente na construção civil, a acústica é um tema com grande importância, principalmente por causa do surgimento de novos empreendimentos que demandam tratamento acústico em diversos ambientes. Devido ao crescimento urbano e aos barulhos constantes causados pelos transportes rodoviários, construções, máquinas, entre outros, as edificações e ambientes internos acabam necessitando de tratamento acústico, evitando que as pessoas expostas a esses ruídos, por um determinado período de tempo, não sofram efeitos psicofisiológicos como, estresse, hipertensão ou algum tipo de distúrbio auditivo [1].

O ruído causa problemas à saúde, e impacta econômica e financeiramente a vida das pessoas e de organizações. É também apontado como uma das principais causas de prejudicar a qualidade de vida humana nas cidades grandes, sendo um dos fatores mais poluentes. Pelo fato de não ser associado como ameaça à vida como os demais poluentes, acaba indo para o fim da lista das prioridades ambientais [2].

A finalidade da acústica na construção civil é de assegurar condições de conforto acústico em edificações habitacionais sob aspectos de propagação do som, com o intuito de diminuir seus efeitos, realizando um conjunto de critérios e de normas técnicas que precisam ser observadas durante o processo construtivo, sendo que, deve ser tratado com grande importância na fase inicial do projeto, estudando os ambientes onde ocorrerá a construção. Qualificar acusticamente o ambiente requer um conhecimento do profissional sobre as interferências acústicas que o projeto tem em relação ao espaço e suas consequências [3].

Devido ao crescimento acelerado da construção civil, há a necessidade de utilizar novos métodos ainda mais eficientes e viáveis para quem irá usufruí-los. A utilização de materiais isolantes nas construções, faz com que ocorra a diminuição de ruídos externos indesejáveis aos seus usuários, garantindo um ambiente mais silencioso. Alguns dos principais materiais empregados na construção civil, tais como os blocos de concreto, cerâmicos e o concreto armado já possuem determinada característica isolante, porém, nem sempre é suficiente em certas aplicações que necessitam de um elevado grau de atenuação [3].

Para essas construções que necessitam de um tratamento complementar, pode-se empregar algum outro tipo de isolante acústico. Atualmente no mercado, encontram-se diversos tipos de mantas acústicas, com propriedades distintas que influenciam seu desempenho. Dentre os isolantes existentes, há a lã de vidro, que é bastante usada devido a sua trabalhabilidade em relação a absorção sonora em razão de sua porosidade [4].

A lã de vidro, utilizada em diversos conceitos pelo mundo inteiro, é um material considerado como um dos mais tradicionais isolantes. Seu uso, na maioria das vezes, é juntamente com o Drywall, uma chapa com miolo de gesso e face de papel-cartão em uma estrutura de aço [5].

Este artigo visa analisar a eficácia e o desempenho da lã de vidro em um ambiente interno de uma residência unifamiliar, localizada em uma das principais avenidas da cidade de Manaus, que é extremamente movimentada e com alto índice de ruídos. O estudo foi realizado com a ajuda de um decibelímetro, que mediu a intensidade do som dentro da residência, determinando se a utilização da lã de vidro foi eficaz para reduzir os ruídos, adequando aquele ambiente segundo as normas regulamentadoras.

II MÉTODOS

O método de análise deste artigo envolveu um estudo in loco em uma residência unifamiliar com a utilização da lã de

vidro para vedação acústica. Foi realizado no dia 13 de setembro de 2018, quinta-feira, em dois horários distintos, pela manhã entre 07h e 08h, e a tarde entre 15h e 16h.

O início desta análise foi realizado através de um levantamento bibliográfico buscando estudos publicados acerca dos principais pontos aqui tratados, como as propriedades da lã de vidro e a sua utilização como isolante acústico. As fontes bibliográficas utilizadas nesta monografia foram obtidas com base de dados do Google Acadêmico e diversas literaturas como: monografias, trabalhos acadêmicos, artigos, dissertações e teses. Além de revistas eletrônicas, livros de engenharia, normas regulamentadoras e sites relacionados à utilização da lã de vidro para conforto acústico.

As pesquisas e experimentos foram estruturadas em duas etapas: a primeira etapa foi analisar as propriedades acústicas e químicas do material proposto. Já a segunda parte compreende a análise da eficácia do material em campo, avalia seu comportamento e trabalhabilidade como isolante acústico e redutor de ruídos externos, com o auxílio de um equipamento chamado decibelímetro, que é utilizado para medição de ruídos no local. O equipamento gera valores em decibéis, que foi a base para a elaboração de gráficos para analisar a redução de ruídos no ambiente com tratamento acústico.

III DESENVOLVIMENTO

III.1 FUNDAMENTOS DA ACÚSTICA

III.1.1 SOM

O som pode ser definido como uma variação de pressão que se propaga através do ar e de outros materiais (líquido, sólido e gasoso) tornando-se detectável pelo ouvido humano. Não são todas as variações de pressão que produzem a sensação de audição. Esta sensação apenas ocorrerá quando a amplitude destas variações e suas frequências estiverem dentro de determinadas faixas de valores, a qual é denominada de faixa de áudio. As ondas que se encontram fora do limite das frequências inferiores ou superiores à faixa auditiva humana se tornam inaudíveis, ou seja, não provocam sensação auditiva ao alcançar o ouvido [6]. Em cada onda há uma oscilação por segundo, e cada oscilação é chamada de frequência. A quantidade de que cada onda oscila por segundo é medida pela unidade Hertz (Hz) [2].

III.1.2 RUÍDO

A principal característica que difere o ruído de um som é a sua frequência. Bistafa caracteriza ruído como um som indesejável, de um modo geral, com conotação negativa. Todo fenômeno acústico não periódico, e sem harmonização definida é considerado como ruído [2]. Na maioria das vezes, o ruído produz efeitos desagradáveis que, em níveis consideravelmente elevados, podem causar perda de audição, aumento da pressão arterial (efeito fisiológico), incômodos (efeito psicológico), tais como stress, tensão, entre outros. Peneyron afirma que “a crescente verticalização das cidades e a constante evolução das tecnologias desenvolvidas pelo homem trouxeram consigo um aumento significativo no nível de ruído proveniente das mais variadas fontes e com ele os malefícios causados ao ser humano” [7].

O ruído é relativo e muda de indivíduo para indivíduo, dependendo da atitude de cada um frente ao som que está sendo emitido. O mesmo som considerado como desagradável para determinada pessoa pode não ser para outra. O ruído também possui utilidade em determinadas ocasiões como, por exemplo, são utilizados ruídos de baixa intensidade para mascarar outros que sejam de mais incômodo [8].

III.2 ASPECTOS FÍSICOS ENVOLVIDOS NOS FENÔMENOS ACÚSTICOS

III.2.1 INTENSIDADE E POTÊNCIA SONORA

O ruído possui diversas especificações para a sua descrição física, sendo a intensidade acústica uma delas. Bistafa [2] a define como “a quantidade média de energia, na unidade de tempo, que atravessa uma área unitária perpendicular à direção da propagação da onda”. Tendo energia na unidade de tempo como potência (Watts), logo a unidade para intensidade é de watt por metro quadrado (W/m^2). A menor intensidade acústica compreendida pelo ouvido humano é de $10^{-12} W/m^2$ e a maior intensidade audível sem que haja percepção de dor é de $1 W/m^2$, ambas estão presentes da frequência de 1000Hz [9].

O que caracteriza uma fonte sonora é a sua potência. Ela determina a capacidade de uma certa fonte sonora gerar som, portanto, se torna uma característica essencial da fonte sonora. A potência (W) é dada pela multiplicação da Intensidade Sonora (W/m^2) de uma onda esférica pela área da superfície esférica que envolve a esfera pulsante nessa distância [2].

III.2.2 DECIBEL

O decibel (dB) é definido como uma unidade logarítmica que se aproxima da percepção do ouvido humano, pois o mesmo

possui resposta logarítmica, que é a relação entre sensação auditiva e potência acústica [2]. Os sons que possuem mesmo nível de intensidade e frequências distintas findam não sendo perceptíveis como completamente intensos, pois o ouvido humano possui a capacidade de perceber de forma diferenciada as múltiplas frequências. Devido a isso, os sons que possuem baixa frequência acabam produzindo um mascaramento superior aos sons de alta frequência.

Caracterizado como um número relativo, o decibel permite retratar relações entre duas determinadas grandezas de mesma classe, como de potências, tensões ou qualquer outra adimensional, permitindo-nos definir relação sinal/ruído em um nível de referência explícito ou implícito [10]. Na Figura 1, pode-se visualizar a escala com os valores dos níveis de pressão sonora, que varia de 0 dB (limiar da audição humana) e 140 dB (limiar de dor). O ouvido humano possui maior sensibilidade às frequências médias, na qual se expressa a voz humana. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), sons que possuem mais de 55 dB já podem estressar e prejudicar a saúde humana e a partir de 85 dB o barulho já pode ser suficiente para causar a perda da audição [11]. Pelo fato de não se tratar de valores lineares, a aritmética do decibel exige cuidado. Os níveis sonoros e o nível médio de determinado período de tempo são medidos através de equipamentos [8].



Figura 1: Níveis de Decibéis Nocivos à Saúde.

Fonte: Autores, (2018).

III.3 PROPAGAÇÃO E ABSORÇÃO DE RUÍDOS

O ruído se propaga através de vibrações que se difundem devido aos impulsos gerados ao meio, por volta do corpo sonoro, ocasionados pelas pequenas mudanças que ocorrem na pressão, com isso, as ondas de pressão são criadas devido às deformações transitórias que se movimentam longitudinalmente. O meio natural que permite a propagação do som e que nos dá a sensação de audição é o ar. Os sons deixam de ser ouvidos caso não haja gás preenchendo o ar envolto. A propagação dos ruídos ocorre em forma de ondas esféricas, com início em uma fonte pontual.

Considera-se então a propagação de ruídos como a diferença de pressão sonora podendo ocorrer em campo livre, onde não haja obstáculos, ou em campo difuso, como em ambientes fechados [6]. A absorção acústica é caracterizada pela redução dos efeitos causado pelos sons em determinado ambiente. Quando o som que se propaga boa parte dele será transmitida através do material, já quando atinge uma superfície macia, parte considerável dele será absorvida pelo revestimento, e quando se trata de uma superfície dura e lisa, o som será refletido [8]. Para ele, o som que será absorvido retrata o coeficiente de absorção e depende do material que está utilizado como isolante.

III.4 NORMALIZAÇÃO DE DESEMPENHO ACÚSTICO

As Normas Técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) consideram diversos aspectos relacionados ao ruído. As Normas Brasileiras (NBR) que serão utilizadas durante a análise são: NBR 10.151/2000 [12], NBR 10.152/2017 [13] e NBR 15.575/2013 [14]. A NBR 10.151/2000 tem como finalidade “assegurar as condições exigidas para avaliar se ruído em comunidades são aceitáveis, e caracteriza um método para medição de ruídos, as correções que serão necessárias e um critério para realizar uma comparação dos níveis encontrados na medição e os estabelecidos pela norma” [12]. A NBR 10.152/2017 determina “os níveis de referência para os compartimentos das edificações, estabelecendo quais procedimentos técnicos são aplicáveis para se realizar medições dos níveis de pressão sonora”. Além de determinar o nível sonoro representativo e avaliar o nível de ruídos em ambientes internos, realizados a partir da comparação dos resultados obtidos com os valores usados como referência e que estão sendo indicados pela norma [13].

As duas normas citadas estão relacionadas à Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e devem ser consideradas em todo território brasileiro. Devido a isso, as leis municipais que regulam os níveis de ruído aceitável, não podem ser mais flexíveis do que os requisitos determinados por essas normas. Outra norma utilizada como base na análise foi a NBR 15.575 que apresenta “requisitos e critérios para que haja a verificação do isolamento acústico entre os meios tanto externos, quanto internos, e entre os cômodos de uma residência e áreas comuns” [14].

III.5 LÃ DE VIDRO

A lã de vidro, que pode ser visualizada na Figura 2, é mundialmente conhecida como um dos melhores isolantes termo acústicos, possui um excelente coeficiente de absorção sonora, devido à sua porosidade. Sua utilização como isolante acústico é dada pelo fato de se tratar de um material fibroso, capaz de evitar a transferência de ruídos entre ambientes. A onda sonora, quando entra em contato com a lã e sua superfície de fibras, acaba sendo absorvida rapidamente, isso acontece porque o atrito da onda com a superfície faz com que parte da energia sonora se transforme em calor, reduzindo assim a intensidade dos ruídos e resultando na absorção (ou isolamento) sonora. Porém, esse fenômeno de absorção e atrito ocorrem apenas com materiais fibrosos [2].



Figura 2: Lã de Vidro.
Fonte: Autores, (2018).

Além de ser leve, fácil de manusear e cortar, a lã também possui outros pontos que agregam valor à sua utilização, como por exemplo, ela é incombustível, evitando o risco de propagação

de chamas em caso de incêndio. Apesar de sua resistência às chamas, a lã de vidro não resiste a incêndios grandiosos, nem a temperaturas maiores que 800°C [15].

A lã de vidro é um material de isolamento acústico que não gera riscos à saúde das pessoas que vivem nas edificações que possuem sua utilização, evitando a proliferação de fungos e bactérias. A Agência Internacional para a Pesquisa do Câncer (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – IARC) ligada à OMS, classificou a lã de vidro como um tipo de material não cancerígeno, devido ao fato de que suas fibras não possuem amianto, que é alvo de restrição quanto ao uso [16].

Com aplicação da lã, há também um consumo de energia reduzido consideravelmente, principalmente na utilização de condicionadores de ar, possibilitando o uso de equipamentos com menores investimentos. Algumas outras vantagens:

- Não deterioram e nem apodrecem;
- Não tem desempenho comprometido quando exposta às mudanças climáticas;
- Sua capacidade isolante não reduz com o passar do tempo;
- Inquebrável e bastante estável;
- Sustentável;
- Não contribui para a proliferação de pragas, como roedores e insetos.

Como desvantagem, está a sua aplicação que, apesar de prática, não é tão simples e requer um especialista capacitado e que conheça a estrutura para que a lã seja aplicada da melhor forma na superfície sólida [17].

III.5.1 PROPRIEDADES ACÚSTICAS

Os materiais tipicamente utilizados para absorver sons são os fibrosos e porosos. Esses materiais absorventes são leves e não possuem características estruturais [2]. A lã de vidro é considerada um bom absorvente de som, pois se trata de um material que permite que as partículas de ar penetrem e se movimentem em seu interior. Podemos, assim, perceber que a principal propriedade desses materiais absorventes é a sua resistência ao fluxo de ar, tendo em vista que a maximização da absorção sonora necessita de uma excelente resistência através do material em uso [2].

Ao reter grande quantidade de ondas sonoras transformando-as em energia térmica, diz-se que o material apresenta boa absorção acústica, ou seja, se trata de um material absorvente, e ao refletir grande parte da energia sonora, diz-se que o material se trata de um bom isolante acústico [2].

III.5.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS

A lã de vidro é um material industrializado composto de sílica e sódio aglomerados por resinas sintéticas que formam suas fibras. Sua fabricação é feita em alto-forno, com temperatura próxima a 1500°C, formando uma massa em estado plástico com alta viscosidade que aumenta à medida em que se resfria, se mantendo em estado de fusão sem cristalizar. Foi feito esse aglomerado justamente para melhorar o isolamento termo acústico nos edifícios no qual são aplicados. Sua fabricação é realizada com 65% de material reciclado, tendo menor emissão de gases ao meio ambiente [3].

A lã de vidro origina-se de uma substância líquida e inorgânica que é obtida por meio de um composto básico de alguns elementos como: a sílica, em forma de areia dando a aparência de vidro; o carbonato de sódio; sulfato de sódio, potássio, para que a temperatura de fusão seja mais baixa; e o

carbonato de cálcio e magnésio, como estabilizantes para elevar a resistência à umidade do material. [...] A sua produção está ligada à geração de partículas para a atmosfera e à emissão de gases do tipo Dióxido de Enxofre (SO₂) e Dióxido de Carbono (CO₂) [2].

III.5.3 APLICAÇÃO E DURABILIDADE

Devido às características acústicas e térmicas da lã de vidro, a sua utilização é feita em diversos mercados, como da construção civil, automóvel, industrial, entre outros. É um material de bastante resistência e garante boa trabalhabilidade durante um longo período de tempo [18].

Durante a produção da lã, há sempre a sobra de resíduos que podem ser descartados em aterros industriais, ou podem ser utilizados na composição de outros materiais, como por exemplo, na incorporação em matriz de concreto, aumentando a trabalhabilidade, resistência e elasticidade. Nesses casos, a lã perde suas características como isolante termo acústico e se transforma em resíduo industrial [19].

O material foi desenvolvido para ser utilizado em sistemas de construções a seco, como exemplo o Drywall e o Light Steel Frame. Quanto a sua aplicação, ela costuma ser bem prática, uma vez que é feita apenas estendendo o rolo do material sobre a superfície horizontal que será isolada. Estes rolos podem ser cortados à mão e em alguns tipos, já possuem em sua face interior uma barreira para vapor. Um dos cuidados exigidos durante sua aplicação é em questão de não poder deixar espaços sobrando sem o material, pois caso isso aconteça, haverá complicações comprometendo o perfeito funcionamento do material como isolante. Não se pode também, colocar qualquer tipo de revestimento sobre a manta comprimindo-as, pois isso prejudicaria sua performance acústica. Diferente do que se possa imaginar, a lã de vidro possui também como vantagem de se adequar a diversos tipos de vedação interna, incluindo áreas sujeitas à umidade, como cozinha e banheiro, sendo integradas aos sistemas hidráulicos, elétricos e demais cabeamentos com segurança e de forma simples. Além de serem aplicadas em todas as paredes de construções tanto residências quanto comerciais, como hotéis, cinemas, escolas, entre outros [15].



Figura 3: Lã de Vidro Aplicada.
Fonte: Autores, (2018).

Deve-se ter cuidado, durante a aplicação, quanto as roupas utilizadas durante o processo, pois a lã é nociva para a pele e aos olhos, e pode causar coceira caso haja contato direto [15].

III.5.4 FORMA DE COMERCIALIZAÇÃO

A sua venda no comércio é feita em forma de manta, possuindo diversos tipos, como por exemplo, manta ensacada

com polietileno, manta aluminizada, manta revestida com feltro para utilização em construções metálicas e manta de fibrocerâmica para tubulações e equipamentos com temperaturas elevadas. No formato de manta, elas têm a capacidade de adquirirem a forma e se adequarem ao local no qual serão aplicadas, neste caso, não sendo necessário aplicação de resina [15]. Sua comercialização também pode ser feita em painéis e em rolos, possuindo uma diversidade de densidades e espessuras. O material vem revestido em uma das faces com véu de vidro [15].

O preço da lã de vidro é variável, de acordo com a região, porém custa em média de R\$15,00 à R\$25,00 o metro quadrado nas lojas de materiais de construção ou similares [4].

III.6 DRYWALL

Diante do avanço tecnológico nas técnicas da construção civil, o Drywall surge como alternativa para quem busca reduzir custo e resíduos durante a obra. Com rapidez em sua instalação, ele ainda possui a possibilidade de receber isolamento acústico, um dos pontos com bastante ênfase nas construções hoje em dia [18].

O Drywall, visto na Figura 4, é uma placa de gesso acartonado parafusadas em ambos os lados e fixado em uma estrutura de aço galvanizado, que recebem em suas juntas um acabamento adequado e possuem em seu interior algum material isolante. Sendo o isolamento acústico uma técnica de extrema importância para completa eficácia e eficiência acústica desse sistema e dessas paredes sem função estrutural [20].



Figura 4: Placa de Gesso Acartonado.
Fonte: Autores, (2018).

Um dos problemas enfrentados na utilização desse sistema, é a falta de mão de obra especializada, pois o processo necessita de pessoas qualificadas para que possa ser feita a sua execução, conforme Figura 5. Sendo obrigação da empresa que disponibiliza essa técnica, o oferecimento de treinamento para a mão de obra, gerando mais custos. Devido a isso, muitas pessoas acabam optando e preferindo a utilização da alvenaria tradicional nas construções.



Figura 5: Aplicação do Drywall.
Fonte: Autores, (2018).

III.6.1 USO COM A LÃ DE VIDRO

Quando o som atinge uma determinada superfície sólida, parte da energia sonora (E) se reflete, enquanto outra parte (que desaparece por trás da superfície) se constitui em duas partes: energia sonora dissipada e energia sonora transmitida pela parede [2]. Se fosse feito o uso da lã de vidro apenas, a energia sonora transmitida (e não a dissipada) seria a responsável pela absorção sonora, entretanto, a estrutura aberta da lã não impediria que a energia sonora incidente escapasse através da manta [2]. Para que materiais fibrosos/porosos, como a lã de vidro, tenham a sua capacidade de dissipar energia de forma correta e com eficácia, é necessário que a sua aplicação seja feita em uma superfície sólida, no interior do painel e entre as chapas, conforme Figura 6.

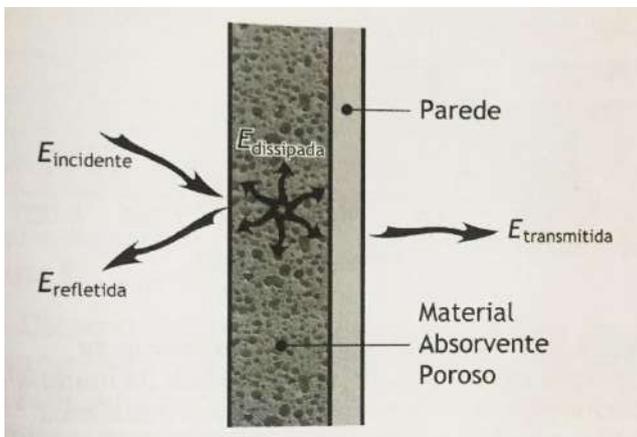


Figura 6: Dissipação de Energia no Drywall.
Fonte: [2].

“A onda refletida se combina com a onda incidente, gerando uma onda estacionária na frente da parede que interage com o material absorvente, provocando a dissipação por atrito da energia sonora na estrutura fibrosa do material” [2].

III.7 ESTUDO DE CASO

III.7.1 ÁREA DE ESTUDO

Foi realizada uma análise em uma residência unifamiliar, localizada na Avenida Max Teixeira, nº 50, Bairro Colônia Santo Antônio, Manaus, Amazonas. Latitude: -3.044714; Longitude: -60.0133296. A avenida possui alto fluxo de movimentação de veículos durante grande parte do dia. Apesar de bastante movimentada e com alto índice de ruídos, a área de estudo possui

em suas proximidades alguns condomínios residenciais, que provavelmente devem ter recebido algum tipo de tratamento acústico para evitar perturbação aos seus moradores.

A residência de estudo recebeu tratamento acústico com a utilização de lã de vidro em alguns de seus cômodos, tendo sua aplicação juntamente com o Drywall. O intuito da família residente foi de justamente reduzir o nível de ruídos que estava se tornando incômodo aos mesmos. A família escolheu o uso do Drywall por ser mais prático em sua aplicação, devido ao fato de que haveria apenas a divisão de um cômodo bem amplo.

III.7.2 EQUIPAMENTO UTILIZADO

O equipamento utilizado para medir o nível de pressão sonora no ambiente foi o decibelímetro, que pode ser visualizado na Figura 7. Este equipamento serve tanto para a medição de níveis de pressão como para intensidade de sons, tendo em vista que essas grandezas são as que representam razoavelmente bem a sensação de audição de certo volume sonoro. O instrumento ler o nível de som em decibéis, dando o valor mínimo e o valor máximo da área em que está sendo utilizado.

O modelo utilizado é do tipo digital e tem capacidade de realizar medições entre 30 dB até 130 dB. O mini decibelímetro para medição de ruídos sonoros utilizado é da marca Minipa, e o seu modelo é MLM-1001. O equipamento gera dois valores, um mínimo, que é o valor em dB ponderado pelo tempo mínimo na duração da gravação e outro máximo, que é o valor em dB ponderado pelo tempo máximo.



Figura 7: Decibelímetro.
Fonte: Autores, (2018).

III.7.3 ETAPAS DO PROCESSO DE MEDIÇÃO IN LOCO

A análise foi realizada em uma quinta-feira, no dia 13 de setembro de 2018, em dois horários, sendo um pela parte da manhã e outro à tarde. O primeiro horário foi escolhido por ser considerado como de alto fluxo na avenida, e o segundo foi escolhido por ser considerado com fluxo moderado.

Os cômodos que possuem tratamento acústico estão situados na parte da frente da residência, e são os que possuem maior nível de ruídos por estarem mais próximos da avenida. Porém, foi feito a análise em dois pontos: no cômodo com tratamento acústico e um logo ao lado que não possui tratamento, possibilitando assim, a realização de uma comparação do nível sonoro nos dois ambientes para a verificação do desempenho da

lã de vidro. O cômodo com que recebeu tratamento tinha como finalidade ser um dormitório, e outro sem tratamento seria uma sala de estar.

III.7.3.1 PRIMEIRA ANÁLISE

A primeira análise foi realizada entre 07h e 08h da manhã, em um horário considerado com alta intensidade de fluxo na avenida, nos dois cômodos da residência. O valor obtido na medição do cômodo sem a utilização da lã de vidro foi de 79,4 dB, e o valor obtido no cômodo com a utilização da lã de vidro foi de 61,7 dB.

III.7.3.2 SEGUNDA ANÁLISE

A segunda análise foi realizada entre 15h e 16h da tarde, em um horário considerado com intensidade moderada de fluxo na avenida, nos dois cômodos da residência. O valor obtido na medição do cômodo sem a utilização da lã de vidro foi de 71,0 dB, e o valor obtido no cômodo com a utilização da lã de vidro foi de 58,0 dB.

III.7.4 ANÁLISE COMPARATIVA COM OS PARÂMETROS DAS NORMAS

Para estabelecer um nível máximo de ruído permitido, a NBR 10.151 determina os níveis de pressão sonora permitidos (em dB) para possíveis zonas de um município, em duas situações, diurna e noturna, conforme a Figura 8 [12].

TIPOS DE ÁREAS	DIURNO	NOTURNO
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial, urbana, de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativo	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Figura 8: Níveis de Ruídos em Determinadas Áreas.
Fonte: NBR 10.151, (2000).

Entretanto, a NBR 10.152 estabelece os níveis de ruído aceitáveis em locais específicos, relacionando-os as atividades que serão realizadas em cada ambiente. Por exemplo, em apartamentos, se define que 45 dB é o nível máximo aceitável e 35 dB o nível para se ter conforto. Pode-se perceber que o mesmo critério de nível máximo aceitável em um apartamento da NBR 10.152 [13], se iguala ao mesmo nível para área estritamente residencial, no período noturno, da NBR 10.151 [12]. Na Tabela 1, podemos ver os níveis de ruídos permitidos segundo a NBR 10.152 [13], com valores em dB e NC (Método de avaliação de um ruído num ambiente determinado). O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. Os níveis superiores aos estabelecidos nesta tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de danos à saúde [13].

Tabela 1: Valores dB e NC.

Locais	dB	NC
Residenciais		
Dormitórios	35-45	30-40
Sala de estar	40-50	35-45

Fonte: Adaptado pelo Autor, NBR 10.152, (2017).

A NBR 15.575 avalia o desempenho dos diversos sistemas construtivos nas edificações, ampliando as exigências de conforto acústico. Na Tabela 2, pode-se visualizar o local de análise, o nível ponderado entre os ambientes (em dB) e o nível de desempenho [14].

Tabela 2: Nível Ponderado entre os Ambientes.

LOCAL DE ANÁLISE	NÍVEL PONDERADO ENTRE OS AMBIENTES (dB)	NÍVEL DE DESEMPENHO
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso em que pelo menos um dos ambientes é dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥40	S

Fonte: Adaptado pelo Autor, NBR 15.575, (2013).

- Sendo estabelecido os níveis mínimos (*M*) de desempenho para cada requisito, que devem ser atendidos;
- Considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, com uma análise de valor da relação custo/benefício dos sistemas, neste anexo são indicados os níveis de desempenho intermediário (*I*) e superior (*S*) e repetido o nível *M* para facilitar a comparação;
- Recomenda-se que o construtor ou incorporador informem o nível de desempenho dos sistemas que compõem a edificação habitacional, quando exceder o nível mínimo (*M*).

IV RESULTADOS

Na primeira análise, realizada pela parte da manhã, os resultados obtidos foram de 79,4 dB no cômodo que não possui tratamento acústico, e 61,7 dB cômodo com tratamento. Comparando com os valores mostrados nas Tabelas 1 e 2, o cômodo sem tratamento ultrapassou de forma considerável o limite de decibéis permitidos, o que significa que precisa de uma avaliação para aplicação de um isolante acústico no local para reduzir o nível de ruído. Entretanto, o cômodo com tratamento também ultrapassou o limite, mesmo tendo uma redução considerável no nível de ruídos com a utilização da lã de vidro, no horário de alto fluxo na avenida, o nível de ruído continua alto.

Na segunda análise, realizada pela parte da tarde, os resultados obtidos foram de 71 dB no cômodo sem tratamento acústico, e 58 dB no cômodo com tratamento acústico. Fazendo a comparação com os valores das Tabelas 1 e 2, o cômodo sem tratamento ultrapassou consideravelmente o nível de ruído permitido. Já no cômodo com tratamento, o nível de ruído também ultrapassou o limite, mas não foi um valor tão expressivo, o que não significa risco à saúde humana. Desse modo, a lã de vidro teve eficácia na redução de ruídos no cômodo.

Foi realizado também uma medição na parte externa da residência nos dois horários das análises internas. No período da manhã o nível de ruídos chegou em 102,5 dB e no período da tarde, chegou a 89,7 dB. Comparando a média desses valores com o da Figura 8, considerando o local como área mista com vocação comercial e administrativo e período diurno, o nível de ruídos ultrapassou bastante o nível de ruído permitido na área, podendo

considerar o barulho produzido na avenida pode ser prejudicial à audição e saúde humana.

Os gráficos a seguir mostram uma comparação dos valores dos níveis de ruídos nos ambientes em análise. O valor no eixo do gráfico vai de 30 dB à 130 dB, conforme o limite de medição do decibelímetro utilizado. No Gráfico 1 da primeira análise, pode-se verificar uma queda expressiva no nível de ruído entre os dois cômodos em estudo. A redução de ruídos foi em cerca de 17,7 dB no ambiente com tratamento acústico. Levando em conta o alto fluxo de tráfego no horário da primeira análise, a lã de vidro mostrou eficácia na redução de ruídos.

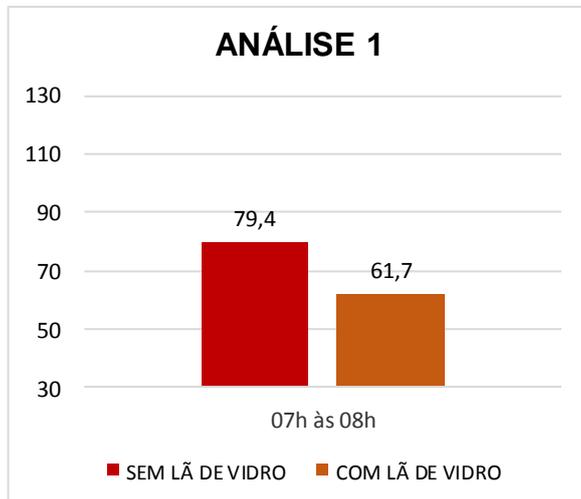


Figura 8: Primeira Análise de Comparação de Nível de Ruídos.
Fonte: Autores, (2018).

No Gráfico 2 da segunda análise, pode-se verificar uma queda considerável no nível de ruído entre os dois cômodos em estudo. A redução de ruídos foi em cerca de 13 dB no ambiente com tratamento acústico. Levando em conta o fluxo moderado de tráfego no horário da segunda análise, a lã de vidro conseguiu de forma eficaz reduzir o nível de ruídos.

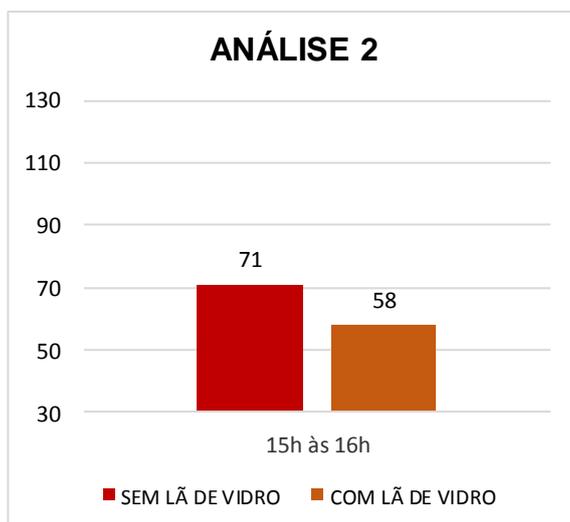


Figura 9: Gráfico 2: Segunda Análise de Comparação de Nível de Ruídos.
Fonte: Autores, (2018).

V DISCUSSÕES

Durante a análise realizada, pôde-se verificar a insatisfação dos residentes em relação ao nível de ruídos causado

pelo alto fluxo de tráfego na avenida. Depois de alguns estudos, o proprietário da residência encontrou um método para dividir um cômodo da casa (um dos mais afetados pelos ruídos externos por estar localizado na parte da frente da residência) de forma prática e que pudesse ajudar a reduzir o nível de ruídos. Foi então que ele encontrou o sistema Drywall com a utilização da lã de vidro. Fazendo a comparativa de preços (material, mão de obra), solicitou o serviço de uma Empresa X que fez todo o serviço da aplicação do sistema e da vedação acústica.

O isolamento utilizando a lã de vidro apresenta uma boa performance na redução do nível de ruídos em diversos tipos de ambientes, como escritórios, lojas, residências, entre outros [3]. Uma desvantagem encontrada na utilização da lã de vidro é a falta de conhecimento técnico no assunto para que haja uma mão de obra qualificada. Por se tratar de um método diferente do tradicional, a sua aplicação requer um estudo específico na área.

A falta de conhecimento na área acústica, por parte dos construtores, é devido à cultura negligente diante da qualidade acústica nas edificações. Sendo necessária a qualificação dos mesmos para que possam responder às exigências determinadas pela Norma Regulamentadora. Na maioria das vezes, os construtores se preocupam mais em obedecer às regras de edificações municipais sem levar em conta a parte de conforto acústico. Mesmo se obra finalizada estiver dentro de todos os padrões exigidos pela lei municipal, e ocorrer perturbação sonora, essa perturbação é considerada como falha construtiva, ou um defeito relativo a segurança na construção, por colocar em risco à saúde das pessoas. O responsável técnico da obra é responsável pela perfeita aplicação da lã de vidro e do sistema Drywall, desde o funcionamento e segurança até os aspectos estéticos e de conforto. A utilização do Drywall com a lã de vidro entre dois recintos reduz a transmissão sonora entre eles. Quando há a utilização de um material fibroso, como a lã no interior de uma superfície sólida, a onda refletida na superfície se combina com uma onda incidente, e assim há a geração de uma nova onda na frente da superfície que interage com o isolante em uso. Devido a isso, a energia sonora na estrutura fibrosa da lã é dissipada por atrito [2].

A análise mostrou que a lã de vidro tem eficácia quando se trata de redução de ruídos, porém, neste caso, esperava-se que a redução fosse maior, e que os valores obtidos ficassem dentro dos valores exigidos pelas Normas Regulamentadoras. Rezende [23] em sua pesquisa sobre esse tema, também não obtiveram o valor desejado, afirmando que todos os ensaios que realizaram, apresentaram resultados superiores ao que se era esperado pelos materiais e obtiveram um nível de adequação às normas relativamente baixo.

Em uma comparação entre dois tipos de mantas acústicas realizadas, a lã de vidro também não obteve melhor desempenho na questão acústica, sendo que os dois materiais que foram analisados estavam inseridos no sistema Drywall. Tendo a lã de vidro melhor desempenho térmico do que acústico, na pesquisa realizada pela autora [18]. Entretanto, concluiu em um estudo realizado que, o resultado obtido pelo material depende do seu coeficiente de resiliência para que tenha uma boa performance acústica apresentada. E dentre os materiais estudados pelo autor, a lã de vidro se sobressaiu obtendo o melhor resultado [22].

VI CONCLUSÃO

Pode-se compreender com isso que, o estudo para aplicação de um isolante acústico é fundamental pois, apesar das qualidades apresentadas pelo material, precisa ser levado em conta o ambiente em que o mesmo será aplicado. Neste caso, a lã

de vidro não era o mais viável a ser utilizado, devido ao alto índice de ruídos na avenida, sendo de responsabilidade da construtora ou empresa que está a frente da obra, o estudo de viabilidade do material mais adequado para o tratamento acústico dos cômodos da residência. Evidencia-se com esses resultados que, embora haja a possibilidade de adaptação à norma com o sistema analisado, existe também uma necessidade de se procurar materiais, métodos e processos executivos que possibilitem uma maior conformidade com os critérios exigidos pelas normas, que sejam utilizados de forma adequada para cada tipo de área e intensidade de ruídos, e que propiciem conforto aos usuários – sem ser apenas o desempenho mínimo.

VI REFERÊNCIAS

- [1] Pimentel-Souza, Fernando. **Efeitos da Poluição Sonora no Sono e na Saúde em Geral – Ênfase Urbana**. Disponível em: <<http://labs.icb.ufmg.br/lpf/2-1.html>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- [2] Bistafa, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2º Ed. São Paulo: Blucher, 2011.
- [3] Catai, Rodrigo Eduardo. Pentead, André Padilha. Dalbello, Paula Ferraretto. **Materiais, Técnicas e Processos para Isolamento Acústico**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. 2006. Foz do Iguaçu-PR, Brasil. Disponível em: <<http://www.ceap.br/material/MAT12032009181855.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2018.
- [4] DOCEOBRA. **Lã de Vidro: O que é? Usos, vantagens, preços e tudo sobre**. Disponível em: <<https://casaconstrucao.org/materiais/la-de-vidro/>>. Acesso em: 28 set. 2018.
- [5] EMARKET. **Lã de Vidro ou Lã de Rocha? Qual a melhor manta acústica?** Disponível em: <<http://www.amplitudeacustica.com.br/la-de-vidro-ou-la-de-rocha-qual-melhor-manta-acustica/>>. Acesso em: 17 set. 2018.
- [6] Silva, Carlos Roberto Ilário da. **PME 5422 – Acústica Aplicada ao Controle de Ruído. 2014**. 37 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2014.
- [7] Peneyron, Daniel. **Estudo de tipologias de lajes quanto ao isolamento ao ruído de impacto**. 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- [8] Costa, Ennio C. **Acústica Técnica**. São Paulo: Ed. Blucher, 2003.
- [9] Gerges, S. N. Y. **Ruído: Fundamentos e controle**. 2º ed. Atual. Florianópolis: NR, 2000.
- [10] Cabral, Leonardo. **Decibéis e Escala logarítmica**. Disponível em: <<http://nerdeletrico.blogspot.com/2012/05/decibeis-e-escala-logaritmicahtml>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- [11] HINOR. **Lei do Silêncio**: Entenda
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.151: **Acústica – Avaliação de ruídos em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade**. Rio de Janeiro, 2000, 4 p.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.152: **Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 2017, 21 p.
- [14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575-4: **Edificações habitacionais – Desempenho (Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE)**. Rio de Janeiro, 2013, 57 p.
- [15] ISOVER. **Lã de Vidro para Drywall**. Disponível em: <<https://www.isover.com.br/construcao-civil/la-de-vidro-para-drywall/feltro-wallfelt>>. Acesso em: 27 set. 2018.
- [16] SULMODULOS. **Isolamento Lã de Vidro**. Disponível em: <<http://www.sulmodulos.com.br/produtos/isolamento-la-de-vidro/>>. Acesso em: 26 set. 2018.
- [17] RESTHERM. **Lã de Vidro**. Disponível em: <<http://www.restherm.com.br/la-de-vidro>>. Acesso em: 26 set. 2018.
- [18] Fernandes, Diana. **Eficiência Acústica: Lã de vidro e de lã de rocha como isolantes para o sistema Drywall**. 2017. 13 f. Trabalho Acadêmico (Graduação em Engenharia Civil). UCEFF - Unidade Central De Educação Faem Faculdade LTDA, Chapecó, Santa Catarina, 2017.
- [19] Borges. **Utilização de resíduo de lã de vidro em fabricação de concreto**. 2007. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.
- [20] Luca, Carlos Roberto de. **Desempenho Acústico em Sistemas Drywall - 2ª Edição**. São Paulo, 2015.
- [21] CONAMA-CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 272**, de 14 de setembro de 2000. Dispõe sobre os limites máximos de ruído para os veículos nacionais e importados em aceleração, exceto motocicletas, motonetas, ciclomotores e veículos semelhantes. 2000.
- [22] Brondani, S. **Pisos flutuantes: análise da performance acústica para ruído de impacto**. 1999. 63p. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.
- [23] Rezende, Jardel Masciocchi et al. **O Desempenho Acústico Segundo a Norma de Desempenho ABNT NBR 15.575: Isolamento sonoro contra ruído aéreo de vedações verticais internas medido em campo**. 2014. 126 f. Trabalho Acadêmico (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2014.

Pavement condition indice determination-PCI-from Manaus' integral bus station 1

Cristiane de Souza da Silva¹, Willace Lima de Souza², José Cláudio Moura Benevides³

^{1,2,3} Centro Universitário do Norte (UNINORTE) – Manaus – AM.

Email: cristiane.construcao@gmail.com, willace.souza@uninorte.com.br, jcmb29@gmail.com

ABSTRACT

Received: October 09th, 2018

Accepted: November 15th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



This work determines the pavement condition index (PCI) of Constantino Nery's bus station number 1- in the city of Manaus. In order to determine the pavement condition index, a visual inspection was made on the pavement with the aim of finding possible visual defects and its severity degree following requirements in Brazilian Standard known as DNIT 060/2004. During the visual inspection process, the pavement was divided into two segments, respectively called segment 1 and segment 2. Afterwards the defects were cataloged according to Brazilian Standard DNIT 061/2004, it was recorded using a report sheet provided by DNIT (Brazil's national transport infrastructure department). After collecting all results of the inspection process the pavement condition was calculated for each segment according to Brazilian Standard DNIT 062/2004. According to obtained results in the evaluation process, both segments were classified as "very bad". From the found concepts in the process, it is visible the need of appropriate interventions in order "to cure" the "pathologies" on that pavement, because they are endangering the traffic's comfort and security.

Key words: Visual inspection, objective evaluation, rigid pavement.

Determinação do ICP – Índice De Condição Do Pavimento – do Terminal de Integração 1 (t1) na cidade de Manaus

RESUMO

Este trabalho determina o índice de condição do pavimento (ICP) do Terminal de Integração da Constantino Nery – T1 – na cidade de Manaus. A fim de determinar o ICP, fez-se uma inspeção visual no pavimento com o intuito de levantar os defeitos visíveis e seus graus de severidade, seguindo as prescrições apontadas na norma DNIT 060/2004. Durante a inspeção visual, o pavimento foi dividido em dois trechos e denominados respectivamente de trecho 1 e trecho 2. Em seguida, catalogaram-se os defeitos conforme a norma DNIT 061/2004, lançando-os na ficha de inspeção fornecida pelo DNIT. Após o levantamento e catalogação dos defeitos calculou-se o ICP de cada trecho cumprindo as diretrizes da norma DNIT 062/2004. De acordo com os resultados obtidos nas avaliações, tanto o trecho 1 quanto o trecho 2 foram classificados como Muito Ruim. A partir dos conceitos encontrados, é explícita a necessidade de intervenções apropriadas para "cura" das "doenças" existentes neste pavimento, pois estas estão comprometendo o conforto e segurança do tráfego.

Palavras-chaves: Inspeção visual, avaliação objetiva, pavimento rígido.

I INTRODUÇÃO

A população da cidade de Manaus, na década de 80, passou de 500.000 habitantes para 1.000.000 habitantes, nas décadas posteriores, dobrou novamente o número de pessoas, chegando aos 2.000.000 habitantes atualmente. A capital

amazonense passou a conviver com problemas de congestionamentos em suas vias, e estas, praticamente, permaneceram iguais.

Fica evidente, que com o crescimento da população, necessitou-se aumentar a quantidade de veículos para o transporte público com a finalidade de atender a demanda manauara. Além

disso, nas últimas décadas, algumas empresas do ramo de transporte público, em Manaus, adotaram ônibus biarticulados que possuem maior capacidade de transportar pessoas. Com isso, a evolução do tráfego ao longo dos anos, nos terminais de ônibus da capital Amazonense, acarretou maiores esforços sobre os pavimentos gerados pelos veículos que trafegam nos locais.

Neste contexto escolheu-se o pavimento do Terminal de Integração 1 (T1) para avaliar de maneira objetiva a condição estrutural deste pavimento através da determinação do índice de condição do pavimento (ICP). O pavimento executado neste terminal de ônibus (T1) foi o de concreto, sendo sua estrutura composta pela sub-base – areia – e revestimento – placas de concreto. Este pavimento foi liberado ao tráfego em abril de 1984, estando em uso há 34 anos. Atualmente, apesar de já ter recebido algumas intervenções, apresenta diversos defeitos funcionais e estruturais ao longo de sua extensão, comprometendo o conforto e segurança do tráfego.

O Terminal de integração 1 (T1) fica situado na Avenida Constantino Nery, no Centro de Manaus. O pavimento estudado possui cerca de 558,70 metros linear de extensão, conforme figura abaixo, interligando o ponto 01 latitude 3°07'08''S, longitude 60°01'36''W ao ponto 02 latitude 3°07'26'' S, longitude 60°01'36''W.

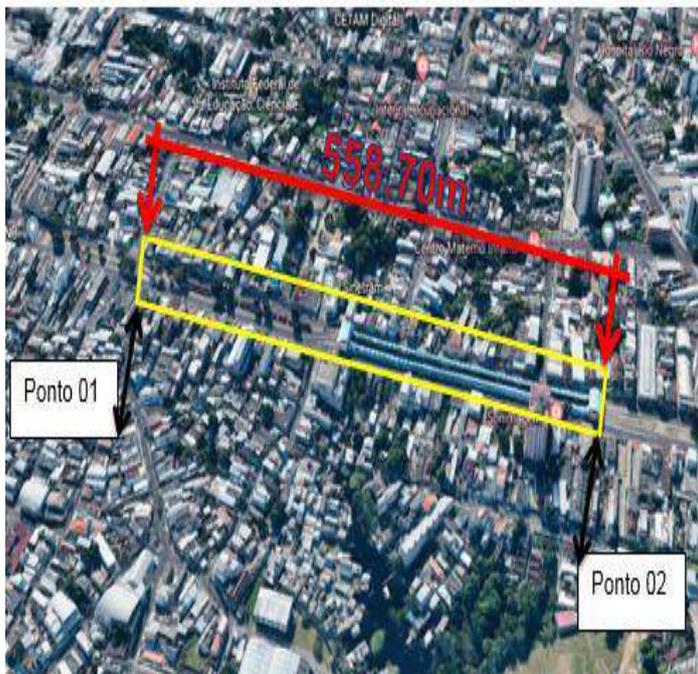


Figura 1: Localização da área de estudo.

Fonte: Adaptado pela autora do Maps, (2018).

II REVISÃO DE LITERATURA

Os pavimentos são estruturas que em geral não apresentam ruptura súbita, mas sim deterioração funcional e estrutural acumulada a partir de sua abertura ao tráfego. A parcela estrutural é associada aos danos ligados à capacidade de carga do pavimento [4].

Os pavimentos rígidos são aqueles pouco deformáveis, constituídos principalmente de concreto de cimento. Rompem por tração na flexão, quando sujeitos a deformações [4]. A título exemplificativo, a Figura 2 ilustra um corte de pavimento rígido.

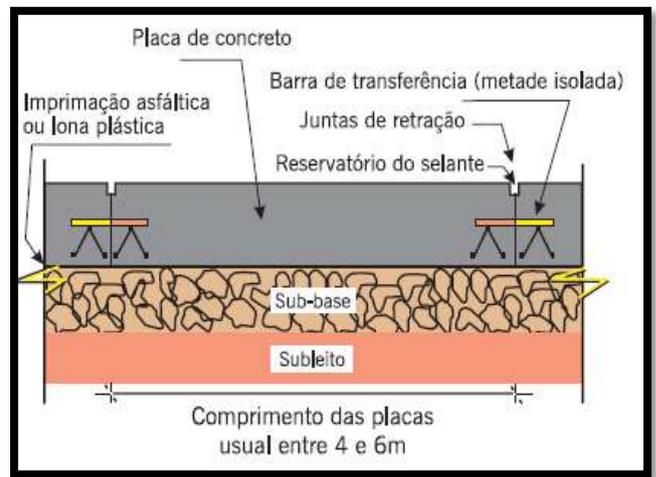


Figura 2: Corte de pavimento rígido. Fonte: Bernucci, 2006.

Para se avaliar de uma maneira objetiva a condição estrutural de um pavimento rígido em um determinado instante, deve-se determinar o Índice de Condição deste Pavimento – ICP
Fonte: [8].

O índice de condição do pavimento (ICP) é a medida da condição estrutural do pavimento, capaz de fornecer ao engenheiro de pavimentação informações para a verificação das condições da rodovia e para estabelecimento de políticas de manutenção, prevenção e de recuperação [7]. Este índice é um número obtido a partir do levantamento dos defeitos observados em toda a extensão, ou apenas em um determinado trecho de um pavimento, e do grau de severidade destes defeitos [8].

O grau de severidade do defeito é a classificação de um defeito de um pavimento, de acordo com a sua dimensão, condição ou com a sua influência no conforto, segurança e escoamento do tráfego. Os graus de severidade são divididos em três níveis: alto (A), médio (M) e baixo (B) [5].

O valor do ICP varia de 0 a 100 [7]. Geralmente, os pavimentos ou trechos de pavimentos que apresentam ICP igual ou maior que 70 não necessitam de um programa imediato de recuperação, ao passo que aqueles com ICP menor que 40 são considerados deficientes ou praticamente já destruídos. Os pavimentos com ICP entre 40 e 70, devem ser recuperados os defeitos mais graves observados em alguns trechos ou em todo o pavimento, recuperação esta que seja suficiente para elevar-se o ICP do pavimento para um valor igual ou superior a 70 [8].

O ICP é calculado com base na dedução de “valores deduzidos” do topo da escala (100), por meio da expressão:

$$ICP = 100 - CDV$$

onde CDV é o valor de dedução corrigido, dado pelo somatório dos valores de dedução (TDV) definidos para cada tipo de defeito na seção de pavimento avaliada. Os valores de dedução são dados por meio de curvas empiricamente obtidas pelo USACE para 19 principais tipos de defeitos em placas de concreto. Na maioria dos casos, esses valores de dedução dependem do grau de severidade dos defeitos [3].

Na sequência, são enumerados os defeitos mais comuns que ocorrem em pavimentos rígidos.

II.1 ALÇAMENTO DE PLACAS

O alçamento de placas (Figura 3) se caracteriza por um desnivelamento das placas nas juntas ou fissuras transversais e,

eventualmente, na proximidade de canaletas de drenagem ou intervenções feitas no pavimento [6].

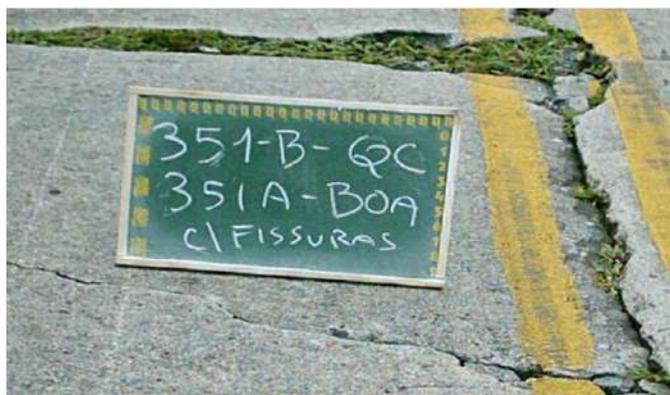


Figura 3: Alçamento de placas.
Fonte: DNIT 061/2004.

II.2 FISSURA DE CANTO

É a fissura que intercepta as juntas a uma distância menor ou igual à metade do comprimento das bordas ou juntas do pavimento (longitudinal e transversal), medindo-se a partir do seu canto. Esta fissura geralmente atinge toda a placa [6]. A Figura abaixo ilustra uma fissura de canto em pavimento rígido.



Figura 4: Fissura de Canto.
Fonte: DNIT 061/2004.

II.3 PLACA DIVIDIDA

É a placa que apresenta fissuras, dividindo-a em quatro ou mais partes [6]. A título exemplificativo, a Figura 5 exibe um pavimento rígido com placas divididas.



Figura 5: Placa dividida.
Fonte: Autores, (2018).

II.4 ESCALONAMENTO OU DEGRAU NAS JUNTAS

O escalonamento ou degrau de juntas, Figura 6, é a ocorrência de deslocamentos verticais diferenciados e permanentes entre uma placa e outra adjacente, na região da junta [6].



Figura 6: Degrau nas juntas.
Fonte: Autores, (2018).

II.5 FALHA NA SELAGEM DAS JUNTAS

É qualquer avaria no selante que possibilite o acúmulo de material incompressível na junta, ou que permita a infiltração de água. As principais falhas observadas no material selante são: má qualidade ou inadequabilidade do material; rompimento, por tração ou compressão; extrusão do material; crescimento de vegetação; endurecimento (oxidação) do material e perda de aderência às placas de concreto [6]. A Figura 7 apresenta um exemplo de falha na selagem das juntas.

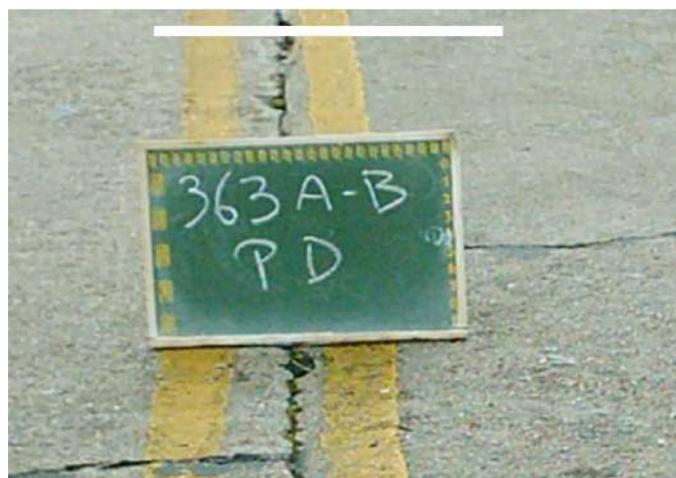


Figura 7: Falha na selagem das juntas.
Fonte: DNIT 061/2004.

II.6 DESNÍVEL PAVIMENTO – ACOSTAMENTO

O desnível pavimento – acostamento é o degrau formado entre o acostamento e a borda do pavimento, geralmente acompanhado de uma separação dessas bordas [6].

II.7 FISSURAS LINEARES

Fissuras lineares são fissuras que atingem toda a espessura da placa de concreto, dividindo-a em duas ou três partes. Quando

as fissuras dividem a placa em quatro ou mais partes, o defeito é denominado de "placa dividida". Como fissuras lineares enquadram-se:

- Fissuras transversais, que ocorrem na direção da largura da placa, perpendicularmente ao eixo longitudinal do pavimento;
- Fissuras longitudinais, que ocorrem na direção do comprimento da placa, paralelamente ao eixo longitudinal do pavimento;
- Fissuras diagonais, que são fissuras inclinadas que interceptam as juntas do pavimento, a uma distância maior que a metade do comprimento dessas juntas ou bordas [6].

Abaixo, têm-se alguns exemplos de fissuras lineares.



Figura 8: Fissuras transversais.
Fonte: DNIT 061/2004.



Figura 9: Fissuras longitudinais.
Fonte: DNIT 061/2004.



Figura 10: Fissuras diagonais.
Fonte: Autores, (2018).

II.8 GRANDES REPAROS

Entende-se como "grande reparo" uma área do pavimento original maior que 0,45 m², que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento [6]. A Figura 11 exhibe exemplos de grandes reparos.



Figura 11: Grandes reparos.
Fonte: Própria autoria, 2018.

II.9 PEQUENOS REPAROS

Uma área do pavimento original menor ou igual a 0,45 m², que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento é definida como pequeno reparo [6]. A Figura 12 exemplifica pequenos reparos.



Figura 12: Pequenos reparos.
Fonte: Autores, (2018).

II.10 DESGASTE SUPERFICIAL

O desgaste superficial, Figura 13, caracteriza-se pelo descolamento de argamassa superficial, fazendo com que os agregados graúdos aflorem na superfície do pavimento e, com o tempo, fiquem com a sua superfície polida [6].



Figura 13: Desgaste superficial.
Fonte: Autores, (2018).



Figura 15: Quebras localizadas.
Fonte: DNIT 061/2004.
II.13 PASSAGEM DE NÍVEL

II.11 BOMBEAMENTO

Este defeito consiste na expulsão de finos plásticos existentes no solo de fundação do pavimento, através das juntas, bordas ou trincas, quando da passagem das cargas solicitantes. Os finos bombeáveis possuem a forma de uma lama fluída, sendo identificados pela presença de manchas terrosas ao longo das juntas, bordas ou trincas [6].

O fenômeno está relacionado à saturação de camadas inferiores que, por pressão neutra, expulsam a água aprisionada para cima, nas juntas e fissuras. Esse movimento ascensional da água carrega partículas de solos para as bases, contaminando-as, essas partículas posteriormente são eliminadas também pelas juntas, mostrando uma coloração típica de solo [3]. A seguir tem-se a Figura 14 que ilustra perfeitamente esse fenômeno.



Figura 14: Bombeamento.
Fonte: Autores, (2018).

II.12 QUEBRAS LOCALIZADAS

As quebras localizadas, Figura 15, são áreas das placas que se mostram trincadas e partidas, em pequenos pedaços, tendo formas variadas, situando-se geralmente entre uma trinca e uma junta ou entre duas trincas próximas entre si (em torno de 1,5 m) [6].

Este defeito ocorre em passagens de nível, consistindo em depressões ou elevações próximas aos trilhos [6].

II.14 FISSURAS SUPERFICIAIS (RENDILHADO) E ESCAMAÇÃO

As fissuras superficiais (rendilhado) são fissuras capilares, que ocorrem apenas na superfície da placa, tendo profundidade entre 6 mm e 13 mm, que apresentam tendência a se interceptarem, formando ângulos de 120°. Ademais, a escamação, que pode ser observada na Figura 16, caracteriza-se pelo descolamento da camada superficial fissurada, podendo, no entanto, ser proveniente de outros defeitos, tais como o desgaste superficial [6].



Figura 16: Fissuras superficiais.
Fonte: DNIT 061/2004.

II.15 FISSURA DE RETRAÇÃO PLÁSTICA

São fissuras pouco profundas (superficiais), de pequena abertura (inferior a 0,5 mm) e de comprimento limitado. Sua incidência costuma ser aleatória e elas se desenvolvem, formando ângulo de 45° a 60° com o maior eixo longitudinal da placa [6].

A retração plástica é um fenômeno a ser evitado nos pavimentos de concreto, que apresentam uma grande área exposta à ação de diversos agentes climáticos durante seu lançamento e cura. Tal fenômeno está estritamente relacionado à segregação e à exsudação do concreto, tendo como consequências possíveis à fissuração da massa e o seu assentamento plástico, ambas as ocorrências altamente indesejáveis para os pavimentos de concreto. A retração plástica encontra-se intimamente associada à evaporação de água na superfície do concreto antes do final da pega. Essas fissuras (Figura 17) têm a tendência de avançar, propagando-se profundidade abaixo da placa de concreto [3].



Figura 17: Fissura de retração plástica.
Fonte: DNIT 061/2004.

II.16 ESBORCINAMENTO OU QUEBRA DE CANTO

Os esborcinamentos ou quebras de canto, Figura 18, são definidos como quebras que aparecem nos cantos das placas, tendo forma de cunha, que ocorrem em uma distância não superior a 60 cm do canto. Este defeito difere da fissura de canto, pelo fato de interceptar a junta num determinado ângulo (quebra em cunha), ao passo que a fissura de canto ocorre verticalmente em toda espessura da placa [6].



Figura 18: Quebra de canto.
Fonte: DNIT 061/2004.

II.17 ESBORCINAMENTO DE JUNTAS

O esborcinamento das juntas é caracterizado como a quebra das bordas da placa de concreto (quebra em cunha) nas juntas, com o comprimento máximo de 60 cm, não atingindo toda a espessura da placa [6].

O esborcinamento, como mostrado na Figura 19, é um defeito ligado à ação do tráfego nas proximidades das juntas, mais comum quando há problemas de serragem ainda verde, causa de pequenas quebras que tendem a progredir com o tempo. Também por excesso de argamassa no local ou pela ausência de agregados resistentes nessas regiões da placa [3].

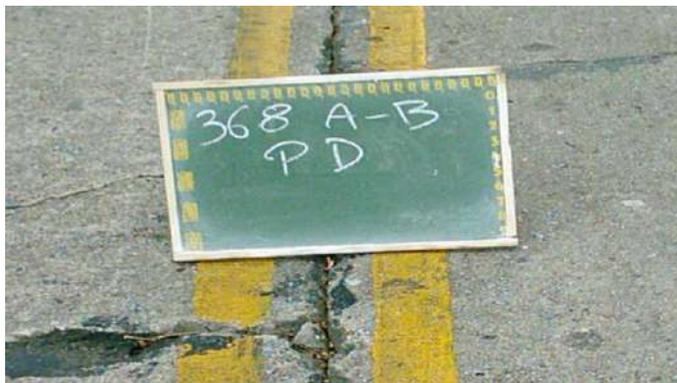


Figura 19: Esborcinamento de juntas.
Fonte: DNIT 061/2004.

II.18 PLACA BAILARINA

A placa bailarina é a placa cuja movimentação vertical é visível sob a ação do tráfego, principalmente na região das juntas [6]. A figura abaixo (Figura 20) mostra claramente a ocorrência de placas bailarinas.

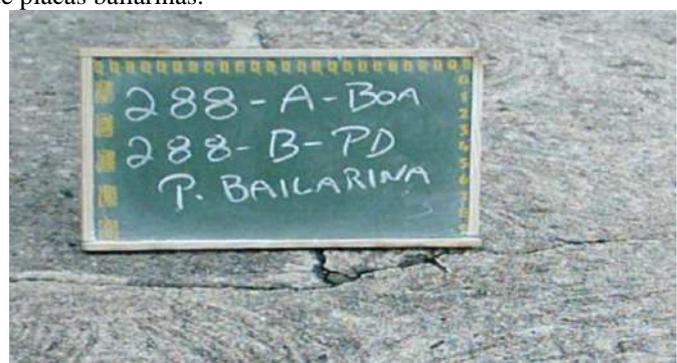


Figura 20: Placa bailarina.
Fonte: DNIT 061/2004.

II.18 ASSENTAMENTO

O assentamento é o afundamento do pavimento, criando ondulações superficiais de grande extensão, podendo ocorrer que o pavimento permaneça íntegro [6]. Exemplo de assentamento é mostrado na Figura 21.



Figura 21: Assentamento.
Fonte: DNIT, 061/2004.

II.19 BURACOS

Por fim, o ultimo defeito em pavimentos rígidos são os buracos, trata-se de reentrâncias côncavas observadas na superfície da placa, caracterizadas pela perda de concreto no local, apresentando área e profundidade bem definida [6]. Na Figura abaixo, tem-se m exemplo deste defeito.



Figura 22: Buracos.
Fonte: DNIT 061/2004.



Figura 24: Demonstração dos trechos estudados.
Fonte: Adaptado do Maps, (2018).

III MÉTODOS

Os métodos de avaliação deste trabalho resumem-se em dois, inspeção visual e avaliação objetiva. Para execução dos métodos foram realizadas visitas em campo e aos órgãos responsáveis pelo pavimento com o objetivo de coletar dados. Foi desenvolvido o fluxograma da Figura 23, no qual consta o procedimento para determinação do índice de condição do pavimento (ICP).



Figura 23: Fluxograma da metodologia para pesquisa.
Fonte: Autores, (2018).

O pavimento foi dividido em dois trechos e denominados, respectivamente, trecho 1 e trecho 2, conforme pode-se visualizar na figura seguinte.

A inspeção visual foi executada nos dias 29 de julho e 05 de agosto de 2018, dois domingos seguidos, no período da tarde. A escolha dos trechos foi baseada nas partes que mostravam mais necessidade, ou seja, onde o pavimento encontrava-se com mais patologias. O trecho 1 possui aproximadamente 89 placas de CCP e seu comprimento é em torno de 221 metros; já o trecho 2, há cerca de 143 placas de CCP e seu comprimento é por volta de 302 metros. O tipo de inspeção foi por amostragem, pois, considerou-se que a inspeção em todo o trecho seria muito onerosa no que se refere a pessoal e tempo; e, também, seria desnecessária para o estudo que se almeja concretizar. Logo, a avaliação dos trechos foi realizada usando-se trechos amostrais. Os defeitos encontrados em cada placa inspecionada foram lançados numa ficha de inspeção, conforme anexo G da norma DNIT 060/2004, bem como seus graus de severidades observando a dimensão do defeito e como estes afetam o conforto, segurança e escoamento do tráfego. Após o preenchimento da ficha, registraram-se fotografias de cada amostra estudada. Ao fim da inspeção visual, foram inspecionadas 20 placas no trecho 1 e 20 placas no trecho 2, totalizando 40 placas de concreto avaliadas no Terminal de Integração 1 (T1). Consoante à norma DNIT 060/2004, a quantidade de placas inspecionadas garante um grau de confiança no resultado e é excedente ao número mínimo de amostras (nunca deverá ser menor do que 5).

Para realização da avaliação objetiva é necessário analisar os dados obtidos na inspeção visual e calcular o índice de Condição do Pavimento – ICP [7]. Por conseguinte, mediante os resultados calculados, pode-se atribuir os conceitos correspondentes. No início, analisaram-se os dados contidos nas fichas de inspeção, preenchidos durante a inspeção visual, referentes a cada trecho, e também, foram examinadas as fotografias registradas na inspeção. Em seguida, preencheu-se, na ficha de inspeção, a coluna de porcentagem de placas afetadas (densidade) em conformidade com a quantidade de amostras inspecionadas, que foram vinte (20) em cada trecho. A Tabela 1 apresenta um exemplo do cálculo das porcentagens de placas afetadas pelos defeitos número 1 (alçamento de placas) e 2 (fissura de canto) encontrados no trecho 1.

Tabela 1: Cálculo das porcentagens de placas afetadas pelo defeito 1 e 3.

Tipos de defeitos	Graus de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas
1	M	5	25
3	M	4	20

Fonte: Autores, (2018).

O próximo passo para a determinação do ICP foi o registro dos valores deduzíveis (VD), cujos dependem, na maioria dos casos, dos graus de severidades que podem variar em três níveis – alto (A), médio (M), baixo (B) – e porcentagem de placas afetadas por cada defeito. Os valores deduzíveis foram baseados em curvas adquiridas pela norma DNIT 062/2004, a qual apresenta gráficos para cada tipo de defeito e grau de severidade, que relacionam a densidade de defeitos com o valor deduzível (VD). A título exemplificativo, a Figura 25, detalha os resultados dos valores deduzíveis para os defeitos elencados na Tabela 1, observados em placas de concreto do trecho 1.

Tipos de defeitos	Graus de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível
1	M	5	25	35
3	M	4	20	30

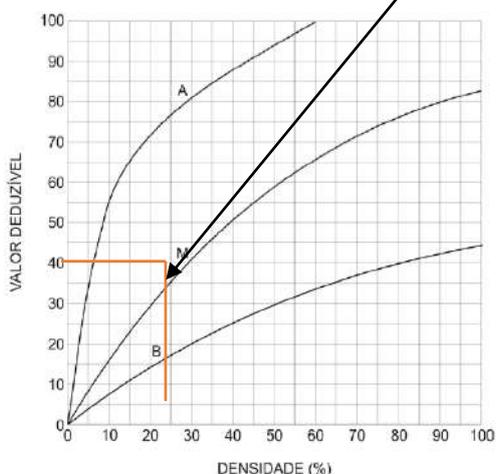


Figura 24: Determinação do VD para defeito no trecho 1. Fonte: Adaptado do DNIT, 2010.

Após ter encontrado todos os valores deduzíveis de cada trecho, efetuou-se uma soma dos mesmos, registrando o valor deduzível total. Posteriormente, por intermédio do valor deduzível total e o quantitativo destes individuais maiores que 5, designado pela letra “q” foi possível entrar no gráfico apresentado pela norma DNIT 062/2004, ilustrado na Figura 25, e assim, obteve-se o valor deduzível corrigido (VDC) para cada trecho estudado.

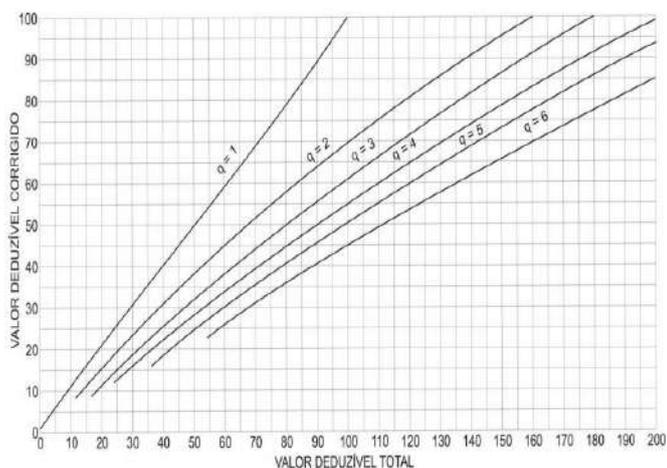


Figura 25: Gráfico de valores deduzíveis corrigidos. Fonte: DNIT 062/2004.

O procedimento subsequente para determinação do ICP de cada trecho foi uma subtração entre 100 e o valor deduzível corrigido. O índice de condição do pavimento é o resultado dessa subtração. Com este resultado, consultou-se a escala de avaliação do ICP e assim, foi exequível atribuir um conceito à qualidade do pavimento para cada trecho estudado. A escala de avaliação do ICP está ilustrada na Figura 26, observa-se na mesma que os valores numéricos para ICP podem variar entre 0 e 100 e os conceitos variam de excelente a destruído.

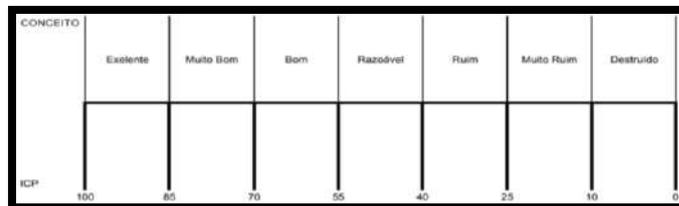


Figura 26: Escala de avaliação do ICP. Fonte: DNIT 062/2004.

IV RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após inspecionar cuidadosamente os trechos, obtiveram-se para cada trecho os resultados expressos nas tabelas posteriores, Tabela 2 e 3.

Tabela 2: Avaliação Objetiva do pavimento no trecho 1.

TRECHO 1				
TIPOS DE DEFEITOS				
1. Alçamento de placas				10. Desgaste superficial
2. Fissura de canto				11. Bombeamento
3. Placa dividida				12. Quebras localizadas
4. Degrau de junta				13. Passagem de nível
5. Defeito na selagem das juntas				14. Rendilhado e escamação
6. Desnível pavimento acostamento				15. Fissuras de retração plástica
7. Fissuras lineares				16. Quebra de canto
8. Grandes reparos				17. Esborcinamento de juntas
9. Pequenos reparos				18. Placa bailarina
Tipos de defeitos	Graus de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível
1	M	5	25	35
3	M	4	20	30
4	B	9	45	19
5	A	7	35	8
5	M	5	25	4
5	B	8	40	2
7	B	8	40	15
8	B	4	20	7
9	M	1	5	2
10	-	19	95	10
11	-	20	100	37
14	B	15	75	9
15	-	4	20	1
17	M	6	30	10
18	B	3	15	5
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				194
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				83
ICP = 100 - VDC = 17				CONCEITO: MUITO RUIM

Fonte: Autores, (2018).

Para o trecho 1, conforme exposto na Tabela 2, o valor deduzível total foi de 194, ao passo que o valor deduzível corrigido 83, resultando um ICP igual a 17, equivalente ao conceito “Muito Ruim”. Vale comentar sobre os defeitos que tiveram maior impacto no índice de condição do pavimento deste trecho, os quais, considerando a hierarquização destes no que tange a porcentagem de placas afetadas, foram os seguintes: bombeamento, desgaste superficial, rendilhado e escamação, degrau de juntas, defeito nas selagens das juntas e fissuras lineares.

Tabela 3: Avaliação Objetiva do pavimento no trecho 2.

TRECHO 2				
TIPOS DE DEFEITOS				
1. Alçamento de placas				10. Desgaste superficial
2. Fissura de canto				11. Bombeamento
3. Placa dividida				12. Quebras localizadas
4. Degrau de junta				13. Passagem de nível
5. Defeito na selagem das juntas				14. Rendilhado e escamação
6. Desnível pavimento acostamento				15. Fissuras de retração plástica
7. Fissuras lineares				16. Quebra de canto
8. Grandes reparos				17. Esborcinamento de juntas
9. Pequenos reparos				18. Placa bailarina
Tipos de defeitos	Graus de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível
2	M	2	10	18
2	B	2	10	9
4	B	3	15	5
5	A	13	65	8
5	M	5	25	4
5	B	1	5	2
7	M	4	20	14
7	B	3	15	7
8	A	3	15	24
8	M	2	10	7
9	A	1	5	3
9	M	4	20	5
9	B	6	30	2
10	-	18	90	10
11	-	17	85	34
14	A	1	5	9
14	M	4	20	14
14	B	4	20	4
15	-	4	20	1
16	A	2	10	7
17	M	2	10	6
17	B	4	20	5
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				198
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				84
ICP = 100 - VDC = 16				CONCEITO: MUITO RUIM

Fonte: Autores, (2018).

Por outro lado, conforme a Tabela 3, o ICP calculado para o trecho 2 foi 16, correspondendo, semelhantemente ao conceito do trecho 1, “Muito Ruim”; sendo o valor deduzível total igual a 198 e valor deduzível corrigido 84. Dentre os defeitos que afetaram o trecho 2 do pavimento estudado deve salientar que o desgaste superficial, bombeamento, defeito na selagem das juntas, pequenos reparos, rendilhado e escamação foram altamente relevantes para o conceito resultado.

Os conceitos obtidos indicam que ambos os trechos do pavimento não estão com boas condições estruturais e funcionais.

V CONCLUSÃO

Com o passar dos anos, qualquer pavimento, seja ele flexível ou rígido, fica submetido à deterioração ou degradação, alcançando condições ruins, em função das solicitações de tráfego e ambientais que o mesmo está sujeito. Então, quando as condições de segurança e funcionalidade dos pavimentos se tornam inaceitáveis, é necessário fazer uma intervenção de restauração. Antes de decidir a opção de restauração do pavimento, os defeitos existentes devem ser cuidadosamente avaliados.

Neste contexto, este trabalho determinou o índice de condição do pavimento (ICP) do Terminal de Integração 1 (T1). Os resultados obtidos foram insatisfatórios, todas as placas inspecionadas apresentaram diversos defeitos. A pista de rolamento do trecho 1 apresentou um ICP igual a 17, ao passo que a do trecho 2 obteve ICP igual a 16. Isso configura de fato que o pavimento do Terminal de Integração da Constantino Nery – T1 –, na época atual, não está cumprindo com suas funções básicas, necessitando de uma intervenção apropriada e suficiente para elevar-se o ICP de cada trecho. O ICP obtido em cada trecho comprova que o pavimento, brevemente, não será capaz de suportar o tráfego.

É importante ressaltar que, os defeitos que apresentaram maiores valores deduzíveis foram fortemente influenciadores para os valores de índice de condição do pavimento (ICP), estes são mais críticos que aqueles que apresentaram menores valores deduzíveis. Vale mencionar também que a influência para diminuição do ICP depende dos graus de severidade. Quanto maior a severidade maior o valor deduzível e, conseqüentemente, mais reduzido será o ICP sendo menor a qualidade do pavimento.

Por fim, a autora do presente trabalho afirma que a determinação do índice de condição do pavimento (ICP) possibilita caracterizar de fato o estado do pavimento e emitir conclusões precisas sobre a integridade deste, bem como possuir parâmetros para adotar uma decisão adequada de intervenção.

VI REFERÊNCIAS

- [1] Adada, L. B. **Avaliação das Condições Estruturais e Funcionais de Pavimentos de Concreto de Cimento Portland: Estudo de Caso.** 2001. 234 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- [2] Balbo, J. T. **Pavimentação Asfáltica.** Materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 558 p.
- [3] Balbo, J. T. **Pavimentos de concreto.** São Paulo: Oficina de Texto, 2009. 472 p.
- [4] Bernucci, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação para engenheiros.** 1. ed. Rio de Janeiro: Petrobrás ABEDA, 2008. 504p.
- [5] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT 060/2004 PRO. **Pavimento rígido – Inspeção Visual – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2004. 22 p.

[6] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT 061/2004 PRO. **Pavimento rígido** – Defeitos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2004. 13 p.

[7] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT 062/2004 PRO. **Pavimento rígido** – Avaliação objetiva – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 29 p.

[8] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT **Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos**. Rio de Janeiro, 2010. 140 p. (IPR. Publi.737).

[9] Fernandes, **Pereira. Avaliação das condições do pavimento rígido do corredor de ônibus na cidade de Santa Maria**. Disponível em: <https://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/geors2009/2009-fernandes-pereira.pdf>. 7 p.

[10] Giublin, Maschio, Moro. **Avaliação do Pavimento de Concreto em diversas ruas de Curitiba**. Disponível em: http://crgengenharia.com.br/content/5-artigos/53-ibracon_ruas-de-curitiba_.pdf. 11 p.

[11] Gonçalves, F. P. O **Diagnóstico e a Manutenção dos Pavimentos**. Notas de Aula, 1999. 77 p. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~pugliero/arquivos/10.pdf>>.

[12] Medina, J. e Motta, L.M.G., **Mecânica dos Pavimentos**. 2. edição, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.

[13] Muller, 2016. **Análise das condições do pavimento de concreto do corredor de ônibus da cidade de Santa Maria**. 77 p. Disponível em: http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2016/TCC_ANA%20PAULA%20SOARES%20MULLER_comprimido.pdf.

[14] PLANO DE MOBILIDADE URBANA DE MANAUS (2015), 116 p. Disponível em: <http://www2.manaus.am.gov.br/docs/portal/secretarias/smtu/PlanMobManaus-Anexos.pdf>

[15] REVISTA OFICIAL DO IBRACON. PAVIMENTOS DE CONCRETO. DURABILIDADE, SEGURANÇA, ECONOMIA E SUSTENTABILIDADE EM RUAS, CORREDORES DE ÔNIBUS E RODOVIAS. Disponível em: http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_67.pdf. 104 P.

[16] Senço, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. Vol. 1, 2 ed., São Paulo: Pini, 2008. 762 p.

[17] Senço, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. Vol. 2, 1 ed., São Paulo: Pini, 2001. 762 p.

[18] Silva, Ben-Hur de Albuquerque e LUKE, Washington. Engenharia Civil 1. São Paulo: Editora Saraiva, 2013. 435 p.

[19] Superintendência Municipal de Transportes Urbanos (SMTU), 2018. Disponível em: <http://smtu.manaus.am.gov.br/>

Soil containment in retaining wall with masonry structural flexion in the city of Manaus: A case study

Raquel Alves Cevalho¹, Wesley Silva e Silva², Alexandre de Pina Braga³, Euclémir da Silva Frazão⁴, Euler Oliveira de Farias⁵, David Barbosa Alencar⁶

^{1,2,3,4,5} Laureate International Universities – Uninorte. Manaus - Am,

⁶ Instituto de tecnologia Galileo da Amazônia - ITEGAM. Manaus – AM, Brasil.

Email: raquel.cevalho@hotmail.com, wescley_silva1@hotmail.com, ale_pbraga@yahoo.com.br, euclémir.fraza@gmail.com, euler_farias@hotmail.com, david002870@hotmail.com

ABSTRACT

Received: September 28th, 2018

Accepted: November 14th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



This project presents an alternative on the application of structural masonry in soil containment structures. The chosen location is in an area with great risk of landslide and erosion of soil masses, this project consists of the analysis of the soil in question, passing through the laboratory tests, dimensioning of the structural parts up to its execution schedule. This project also presents solutions for waterproofing and drainage of a retaining wall. In the executive part, it will start from the preliminary services, such as signaling and identification of the work, as well as cleaning of the land, lease of the wall, process and executive techniques, fulfilling and attending the premises of the project with respect to the quality, economy and safety of the set total.

Keyword: Structural masonry, Wall of Arrimo. Sizing, Project, Execution

Contenção de solos em muro de arrimo a flexão com alvenaria estrutural na cidade de Manaus: Um estudo de caso

RESUMO

Este projeto apresenta uma alternativa sobre a aplicação da alvenaria estrutural em estruturas de contenção de solo. A localização escolhida encontra-se em uma área com grande risco de deslizamento e erosão de maciços de solos, esse projeto configura-se da análise do solo em questão, passando pelos ensaios em laboratório, dimensionamento das peças estruturais até seu cronograma de execução. Esse projeto também apresenta soluções para impermeabilização e drenagem de um muro de arrimo. Na parte executiva, irá partir dos serviços preliminares, tais como sinalização e identificação da obra, assim como limpeza do terreno, locação do muro, processo e técnicas executivas, cumprindo e atentando as premissas do projeto com relação a qualidade, economia e segurança do conjunto total

Palavra-chave: Alvenaria Estrutural, Muro de Arrimo, Dimensionamento. Projeto, Execução.

I INTRODUÇÃO

Os elementos de contenção de maciços de solos são de extrema necessidade na engenharia civil, servindo como solução de estabilidade a regiões ou áreas com desnível de terreno. Diante disso, busca-se sempre um patamar por novas técnicas e aperfeiçoamento das ferramentas já existentes com intuito de promover maior economia, desempenho, qualidade e segurança as peças estruturais de arrimo, pois em tempos atuais muito solicitadas com avanço da urbanização,

principalmente em áreas de risco de deslizamento de terra e erosão do solo.

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1 SERVIÇOS PRELIMINARES

Os serviços preliminares envolvem as atividades iniciais necessárias para que a concepção do projeto seja executada, onde é feita a análise e a disponibilidade de arrumações provisórias, demolições (quando no lote em questão, existir construções

remanentes), a remoção e o transporte dos resíduos das destruições realizadas, sendo imprescindível a execução das etapas segundo as NR's e as NBR's

II.2 EXECUÇÃO DO MURO DE ARRIMO

A primeira etapa de toda execução deve ser a divisão das equipes de trabalho, disponibilizando as ferramentas e EPIs necessários aos trabalhadores, além de deixar claro a todos os operários o cronograma a ser seguido na obra em questão. Em seguida parte-se para a preparação do ambiente de trabalho, com a limpeza do local e a verificação do cumprimento das exigências da segurança do trabalho.

Tendo estes requisitos cumpridos, finalmente foi feita a marcação para a primeira fiada imediatamente acima da laje de fundação. Em seguida verifica-se possíveis diferenças de nível, assentando blocos estratégicos nas extremidades laterais. Na sequência foram instalados os fios de prumo e a parede construída.



Figura 1: Início da execução.
Fonte: Autores, (2018).

II.3 IMPERMEABILIZAÇÃO E ATERRO

Conforme [1] e [2], o bloco utilizado para a execução do muro em questão foi de concreto com resistência à compressão de 6 MPa. Foi utilizado o bloco com dimensões 19 cm x 19 cm x 39 cm. Tendo em vista que o bloco de concreto possui porosidade mais elevada em relação aos blocos de cerâmica, foi necessário prever um sistema de impermeabilização na face externa da estrutura de contenção, além de um sistema drenante na base do muro. Os estudos geotécnicos não revelaram nível de lençol freático no local. No entanto, deve-se adotar duas linhas de segurança em muros deste tipo: uma de vedação e outra de drenagem interna.

A vedação e impermeabilização, de acordo com [10] evita o acesso de umidade ao interior do subsolo, prevenindo futuras patologias na estrutura. Já a drenagem interna rebaixa a linha freática, controla a percolação de água e reduz os empuxos de terra. A impermeabilização foi composta por uma camada inicial de chapisco aditivado com um adesivo líquido à base de resinas sintéticas. O reboco aplicado sobre o chapisco possui espessura de 20 mm. Sobre o reboco foi aplicada uma argamassa impermeabilizante à base de cimento polimérico. Por fim, foi instalada uma manta geotêxtil de alta resistência à tração, com função de impermeabilização. [6] também diz que é importante verificar na fase de projetos as máximas precipitações na região que a obra está sendo executada, a fim de dimensionar o dreno

para a situação mais desfavorável. O sistema de drenagem deve dar vazão às chuvas excepcionais, portanto a escolha do material drenante deve ser realizada de modo a evitar qualquer possibilidade de colmatarão ou entupimento do dreno. Também é importante realizar vistorias periódicas ao longo da vida útil do dreno, fazendo as trocas dos materiais periodicamente caso haja indício de mal funcionamento do sistema.



Figura 2: Representação do escoramento do solo para aplicar manta geotêxtil, com o objetivo de impermeabilizar.
Fonte: Autores, (2018).

III DIMENSIONAMENTO DO MURO DE ARRIMO A FLEXÃO

O muro em questão foi dimensionado com medidas 2,40 m de altura, com 11,0 m de comprimento. Possuindo 5 pilares, distribuídos equidistantes com seção transversal (30 x 30 cm) em concreto armado, tendo origem na fundação. No mais, as vigas têm uma seção transversal de (20 x 40 cm) também na modalidade de concreto armado, sendo 2 unidades ao longo da malha da alvenaria estrutural. A parte da alvenaria estrutural de contenção foi construído em bloco de concreto, conforme [9]. Através dos estudos geotécnicos descritos e testados constataram o solo natural areia mediamente compactas com tensão admissível de 19 kN/m³. A fim de fazer válida a teoria de Rankine, o ângulo de atrito interno ϕ é 25° e o ângulo de inclinação do solo é igual a 0°.

Afim de diminuir o valor do empuxo ativo sobre o muro, [8] e [9], ratificam que poderá ser considerado um reaterro compactado, com objetivo de reforço estrutural. O peso específico do solo para reaterro é 19 kN/m³, com ângulo de inclinação igual a 30°. Irá se desconsiderado o atrito entre o solo e a estrutura. Não há lençol freático ou nível de água presente no maciço.

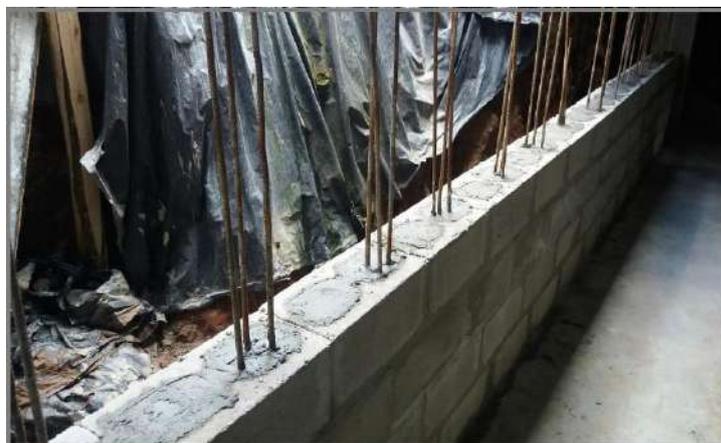


Figura 3: Armadura no bloco de concreto grauteado.
Fonte: Autores, (2018).

IV METODOLOGIA

Foi realizado o projeto do muro de arrimo a flexão, com dimensionamento e planejamento das peças estruturais, sendo o conjunto misto envolvendo alvenaria estrutural e concreto armado. Com isso, será realizado a coleta de dados e informações da área de implantação do projeto, além da amostra do material para os testes e ensaios em laboratório com o intuito, através de normas e especificações técnicas a caracterização dos solos, com esses dados, consoante [6] e [7] faz-se a análise e a definição da tensão admissível do solo. Partindo dessas informações é possível determinar as dimensões da fundação, no caso, será adotada sapata corrida. Após isso, é feita as verificações das possíveis cargas, tais como as concentradas e pontuais, seja elas o empuxo recorrente do solo e o peso próprio do elemento estrutural. A malha que irá está diretamente em contato com o solo é composta de alvenaria estrutural de bloco de concreto, porém englobando nesse conjunto vigas e pilares armados. Além disso tem a parte executiva que engloba, segundo [12] e [13], as técnicas execução do muro como alvenaria, porém com a função também estrutural juntamente com todo os elementos de impermeabilização e drenagem. Por último, é realizado o orçamento e cronograma de serviços para determinar e estimar o valor e o tempo de execução da obra. No mais, será empregado um tipo de impermeabilização e drenagem com a finalidade de escoar ao máximo a água proveniente das precipitações pluviométricas. Na parte executiva, irá partir dos serviços preliminares, tais como sinalização e identificação da obra, assim como limpeza do terreno, locação do muro, processo e técnicas executivas, cumprindo e atentando as

premissas do projeto com relação a qualidade, economia e segurança do conjunto total.

V LOCALIZAÇÃO

O local escolhido para executar o projeto do muro de arrimo a flexão, situa-se na Rua B, número 82, Bairro: Parque centenário – Flores, Manaus-AM, com coordenadas geográficas 3° 02' 34" S 60° 00' 25" W.



Figura 4: Planta de localização do local de estudo.
Fonte: Google Maps, (2018).

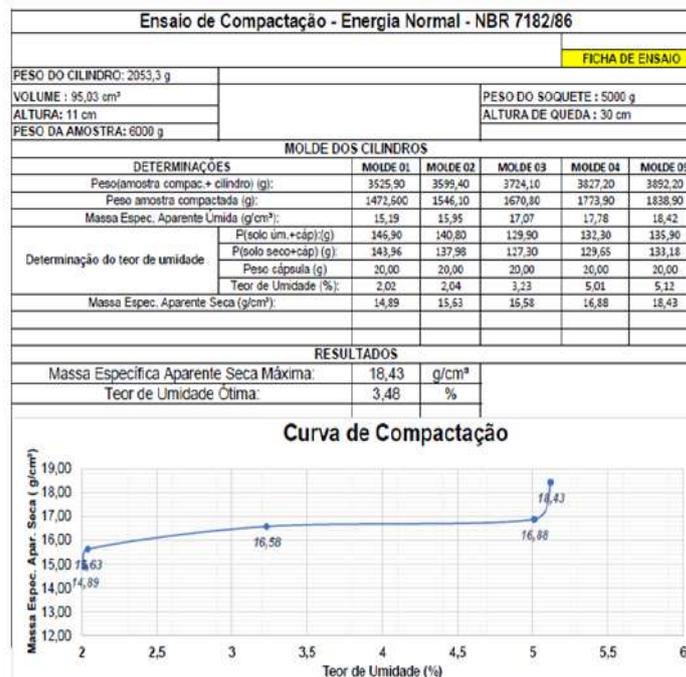


Figura 5: Ensaio de compactação.
Fonte: [14].

De posse desses dados e com os resultados é encontrado a umidade ótima para a seguinte amostra de solo, a mesma gira entorno de 3,5 % aproximadamente, valores estes fundamentais para determinar qual o ponto de melhor performance de comportamento do solo, logo entorno desse valor de umidade consegue-se aumentar a homogeneização do solo, garantindo menor quantidade de vazios e adquirindo maior resistência ao cisalhamento. Diante do exposto, com base nos ensaios de caracterização dos solos fica mais viável e prudente, seguindo a

orientação de [11], a escolha de qual tensão admissível se encaixa e tem maior semelhança com os solos e suas respectivas tensões tabeladas e normatizadas pela [5] – Projeto e Execução de Fundações. Com isso, a escolha foi as areias medianamente compactas com sua tensão básica de 0,2 Mpa, para iniciar a determinação das dimensões da fundação.

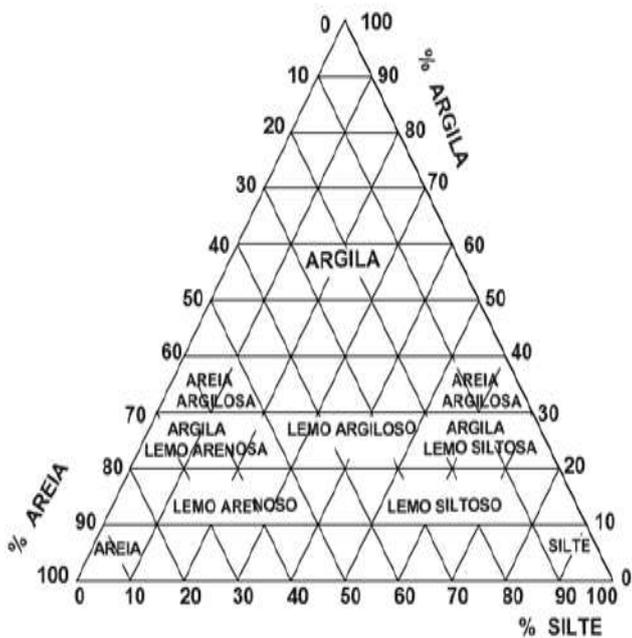


Figura 6: Classificação Trilinear dos Solos.
Fonte: [14].

Com base nos dados analisados e consoante [14], buscou-se a melhor forma de classificar esse solo pela escala granulométrica com maior porcentagem para solo arenoso, cerca de 93 %, com base segundo seu diâmetro normalizado.

VI DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES

Foi considerado inicialmente, de acordo com [8], um muro com sobrecarga, segundo [4], um valor de 3,0 kN/m² referente a valores mínimos para carga vertical de plateia com assentos fixos, pois a área onde o muro irá conter o maciço do solo terá semelhança de carga vertical do item adotado de sobrecarga. A distribuição das pressões laterais e empuxo ativo do muro com terrapleno constituído por areia e sem nível de água é representado pela figura a seguir.

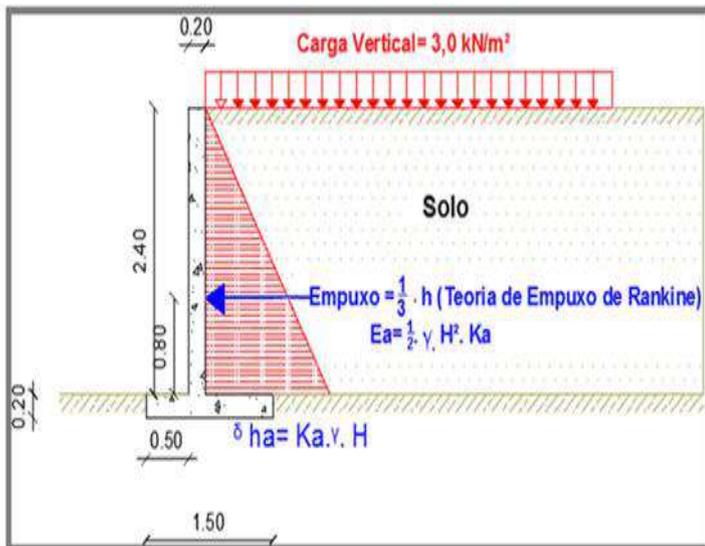


Figura 7: Modelo de distribuição das pressões e empuxo ativo no muro de arrimo.
Fonte: [13].

Assim como propôs a com a teoria de Rankine, o valor característico do empuxo ativo será determinado da seguinte

forma: Com isso, o carregamento será composto de uma carga de valor 22,22 kN/m aplicado a 1/3 da base do muro, conforme figura 15. Em seguida será apresentado o cálculo com o novo solo de reaterro, sendo seu peso específico de 19 kN/m³, com ângulo de inclinação igual a 30°.

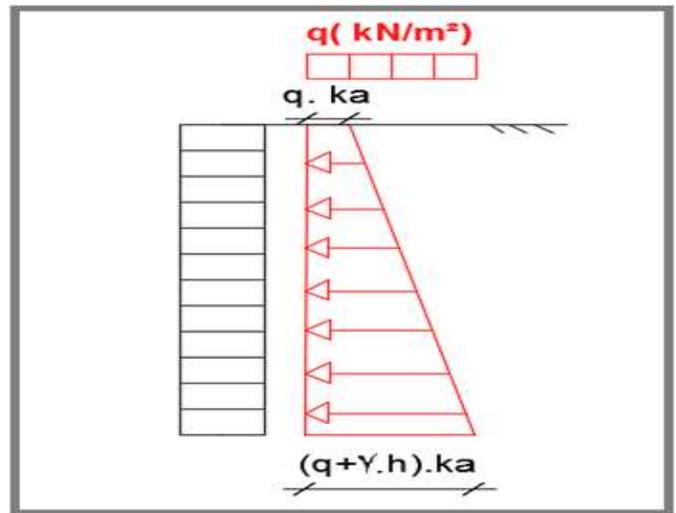


Figura 8: Modelação das forças distribuídas atuantes do muro.
Fonte: [6].

A pressão lateral do solo será aplicada em forma trapezoidal, como mostrado na figura 8.

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - \sin 25^\circ}{1 + \sin 25^\circ} = 0,406 \quad (\text{Eq. 1})$$

$$E_a = \frac{\gamma h^2 k_a}{2} = \frac{19 \times 2,40^2 \times 0,406}{2} = 22,22 \text{ kn/metro} \quad (\text{Eq. 2})$$



Figura 9: Muro de arrimo concluído.
Fonte: Autores, (2018).

VII CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, foi possível retirar algumas informações úteis a respeito de estabilidade de maciços. O desenvolvimento de um estudo relacionado à alvenaria estrutural mostrou-se muito importante, uma vez que expandiu a gama de conhecimentos do autor deste trabalho. Todo tempo aqui investido foi de absoluta valia. A partir dos dados coletados e aqui apresentados, é possível concluir que o uso de blocos estruturais não se limita apenas às edificações comuns, como residências ou edifícios. Além disso, não fazendo uso de fôrmas de madeira ou metálica, sendo assim contribuindo na questão ambiental e econômica. Por fim, o emprego da alvenaria estrutural em muros

de arrimo indica como este sistema construtivo é versátil e sustentável, apesar de ainda haver muito a se desenvolver no que tange a pesquisa científica, principalmente em relação a resistência dos blocos, pois como o mesmo é produzido em larga escala o seu controle tecnológico ficar à mercê de falhas e defeitos de fabricação. No entanto, é uma modalidade de contenção de solos quando bem dimensionada e executado oferece menor desperdício de materiais, maior agilidade executiva e o menor emprego mão de obra específica.

VIII AGRADECIMENTOS

A todos que colaboraram com esta pesquisa para confecção deste artigo, em especial aos Engenheiros Civis Wesley Silva e Silva, Alexandre de Pina Braga e Euler Oliveira farias, a UNINORTE Laureate International, ao Prof. Dr. David Barbosa Alencar. Universidade do Estado do Amazonas – UEA

IX REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de Estruturas de Concreto** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136: **Blocos Vazados de Concreto Simples Para Alvenaria Estrutural**. Rio de Janeiro, 2014.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-1: **Alvenaria estrutural** – Blocos de concreto, Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-1: **Alvenaria estrutural** – Blocos de concreto, Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 1996.

[6] GERSCOVICH, D. M. S. **Estruturas de Contenção**: Muros de Arrimo. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em <<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>>

[7] MOHAMAD, G. **Comportamento mecânico na ruptura de prismas de blocos de concreto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

[8] MOHAMAD, G. **Construções Em Alvenaria Estrutural**: Materiais, Projeto e Desempenho. Santa Maria, 2015.

[9] SILVA, G.; **Sistemas construtivos em concreto armado e alvenaria estrutural. Uma análise comparativa de custos**, 2003. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/125634651/Sistema-Construtivo-em-Concreto-Armado-e-em-Alvenaria-Estrutural-Uma-Analise-Comparativa-de-Custos>

[10] VIEIRA, G.; **Estabilidade e contenção de taludes**. Disponível em <<http://pt.slideshare.net/gledsavieira/estabilidade-e-onteno-de-taludes-vi-empuxos-de-terra>>

[11] GERSCOVICH, D. M. S. **Estruturas de Contenção**: Muros de Arrimo. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em <<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>>

[12] MENEZES, J. E. T. Q.; **Dimensionamento Dinâmico de muros de suporte**. UFJF, 2010. Disponível em <https://blogdopetcivil.com/tag/muro-de-gravidade/>

[13] CAPUTO, H.P.; **Mecânica dos solos e suas aplicações** – vol. 1. 6ª ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1988

Use of rainwater for non-potable purposes in teaching institution: A case study applied to CMEI Maria do Céu Municipal School in Manaus-AM

Niliane Nogueira Bacelar¹, José Cláudio Moura Benevides², Josiane dos Santos Leite³

¹Master's student-Northern University Center (UNINORTE) - Manaus-AM.

²Master's Advisor University Center UNINORTE - Manaus - AM.

³Master's student-Northern University Center UNINORTE - Manaus-AM.

Email's: nilianenil@gmail.com, engjosileitte@gmail.com

ABSTRACT

The present study consists of the feasibility study for the elaboration of implantation of a rainwater harvesting system for non-potable purposes in the Municipal School Cmei Maria do Céu in the metropolitan area of the city of Manaus - AM. The system has been chosen to provide many environmental and urban benefits, such as minimizing wasteful drinking water. In this work were adopted the Hidromodular system, it will be used in the lower levels of the cover, being a light and more economical system. The water captured in the roof will be filtered and taken to a cistern sized to meet the project flow, from which it is distributed for general use. At the end of this one, it is possible to verify the implantation of the whole system in simulated representation, following the guidelines of NBR 15.527 / 07.

Keywords: Reuse rainwater, cistern, sustainability.

Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em Instituição de ensino: estudo de caso aplicado na Escola Municipal Cmei Maria do Céu em Manaus-AM

RESUMO

O presente estudo consiste no estudo de viabilidade para elaboração de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis na Escola Municipal Cmei Maria do Céu na região metropolitana da cidade de Manaus – AM. O sistema foi escolhido para proporcionar muitos benefícios ao meio ambiente e urbano, como por exemplo minimizar o desperdício de água potável. Neste trabalho foram adotados o sistema Hidromodular, ele será usado nos níveis mais baixos da cobertura, por ser um sistema leve e mais econômico. A água captada na cobertura será filtrada e levada a uma cisterna dimensionada para atender a vazão de projeto, a partir dela distribuída para uso geral. Ao final deste, pode-se constatar a implantação de todo o sistema em representação simulada, seguindo orientações da NBR 15.527/07.

Palavras-Chave: Reutilizar a água da chuva, cisterna, sustentabilidade.

II INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma grande preocupação da sociedade em relação à conservação dos recursos naturais. Dentre estes, a água é um dos mais preciosos recursos, uma vez que é indispensável para a vida no nosso planeta. Além de ser um recurso vital insubstituível, a água é um importante fator de produção para diversas atividades, sendo essencial para que haja desenvolvimento econômico e tecnológico.

Apesar de a água doce ainda ser encontrada em grande quantidade no planeta, os recursos hídricos podem tornar-se escassos em algumas regiões do mundo, nas quais suprir a demanda de água já está se tornando um problema em função do acelerado crescimento populacional, principalmente urbano. De acordo com relatórios da Organização das Nações Unidas, a atual população mundial é estimada em aproximadamente 6,5 bilhões de pessoas, tendendo a alcançar a marca de 9 bilhões em 2050 [1], sobrecarregando ainda mais os sistemas de abastecimento de água.

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Devido a este acentuado aumento da população mundial e, conseqüentemente ao aumento do consumo de água potável, vem ocorrendo uma redução gradual da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos.

Outro fator preocupante é a questão da má distribuição populacional em função das reservas hídricas. Segundo [2], os locais mais populosos são justamente os que possuem pouca água, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional. Pode-se citar como exemplos a Região Sudeste do Brasil, que dispõe de um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional, porém conta com 43% do total de habitantes do país, enquanto a Região Norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira.

Além disso, o desperdício de água potável, resultante do mau uso dos aparelhos sanitários, bem como vazamentos nas instalações, tem contribuído para maior consumo deste recurso. Diante deste cenário, é preciso conscientizar as pessoas que o uso sustentável da água é uma das bases para o desenvolvimento humano. A preservação dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade é de suma importância hoje e também para as futuras gerações.

Segundo Scherer, 2003 [3] os edifícios escolares e hospitais são uma fonte potencial para a implantação de sistemas prediais de aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis, pois geralmente apresentam grandes áreas de telhados e outras coberturas. Deste modo, para a implantação desses sistemas, são necessários estudos de viabilidade técnica e econômica, verificando o potencial de economia de água potável e determinando a relação entre custo e benefício.

O armazenamento de águas pluviais pelo sistema de cisternas, reduzem o consumo de água tratada da rede pública, com isso o custo financeiro também, evita a utilização de água potável onde não é necessária desperdiça-la. Esse sistema é composto por calhas fixadas nos beirais do telhado que conduz as águas até uma caixa projetada para seu armazenamento, é possível armazenar aproximadamente 70% da água da chuva, os outros 30% são submergidos devido a alguns fatores como, condições do telhado, o transbordo pelas calhas quando obstruídas por folhas e outros impedimentos.

A aplicação desse sistema de aproveitamento da água da chuva pode contribuir consideravelmente para a preservação da água doce no planeta, além do aproveitamento das águas, fazê-lo distribuir sem o uso de bombas elétricas utilizando a gravidade somado ao peso específico da água, provoca a pressão necessária para a sua distribuição, conforme seu nivelamento. Este projeto visa atender a implantação de cisterna no solo de um empreendimento coletivo.

As cisternas armazenam e disponibilizam a água da chuva para uso externo ou interno, eles são regulamentados pela NBR 15527/07.

II DESENVOLVIMENTO

II.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

O Brasil possui uma disponibilidade hídrica estimada em 35.732 m³/hab/ano, sendo considerado um país “rico em água”. Além disso, em relação ao potencial hídrico mundial, o Brasil conta com 12% da quantidade total de água doce no mundo [4].

Entre os países da América do Sul, o Brasil se destaca por possuir uma vazão média de água de 177.900 km³/ano, o que

corresponde a 53% da vazão média total da América do Sul, conforme é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Vazão média de água no Brasil em comparação a outros países da América do Sul.

América do Sul	Vazão (km ³ /ano)	Porcentagem (%)
Brasil	177.900	53
Outros Países	156.100	47
Total	334.00	100

Fonte: [5].

A disponibilidade hídrica do Brasil encontra-se, na maior parte, distribuída em bacias hidrográficas. As principais bacias hidrográficas do Brasil são do Rio Amazonas, do Tocantins Araguaia, do São Francisco, do Atlântico Norte Nordeste, do Uruguai, do Atlântico Leste, do Atlântico Sul e Sudeste, dos Rios Paraná e Paraguai [6].

A maior rede hidrográfica mundial é a da Bacia Amazônica, que abrange uma área de drenagem da ordem de 6.112.000 Km², ocupando cerca de 42% da superfície do território brasileiro, se estendendo além da fronteira da Venezuela à Bolívia [7].

O desconhecimento, a falta de orientação e sensibilização das pessoas quanto à quantidade de água perdida pelo mau uso dos aparelhos e equipamentos hidráulicos, bem como vazamentos nas instalações, são alguns dos fatores responsáveis pelo desperdício de água, principalmente quanto ao desperdício em suas próprias residências. Além disso, os problemas de vazamentos no sistema público são responsáveis por grande parcela de desperdício de água [8].

II.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Existem vários aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois estes possibilitam reduzir o consumo de água potável diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento; minimizar riscos de enchentes e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez de recursos hídricos [9].

A viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Além disso, para projetar tal sistema devem-se levar em conta as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água, buscando não uniformizar as soluções técnicas.

Segundo [10], os sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva em edificações são formados por quatro componentes básicos: áreas de coleta; condutores; armazenamento e tratamento.

O funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água de pluvial consiste de maneira geral, na captação da água da chuva que cai sobre os telhados ou lajes da edificação. A água é conduzida até o local de armazenamento através de calhas, condutores horizontais e verticais, passando por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas. Em alguns sistemas é utilizado dispositivo desviador das primeiras águas de chuva. Após passar pelo filtro, a água é armazenada geralmente em reservatório enterrado (cisterna), e bombeada a um segundo reservatório (elevado), do qual as tubulações específicas de água pluvial irão distribuí-la para o consumo não potável. Figura 1, mostra um esquema de funcionamento.



Figura 1: Esquema de funcionamento de sistema aproveitamento de água de chuva.

Fonte: [11].

II.3 FATORES METEOROLÓGICOS

II.3.1 PERÍODO DE RETORNO

Período de retorno segundo a NBR 10844/1989 [12], deve ser fixada as características da área a ser drenada.

T= 5 anos: para coberturas ou terraços;

A duração de precipitação deve ser fixada em t=5min.

II.4 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C)

Será adotado o coeficiente Runoff, ou coeficiente de deflúvio para o dimensionamento entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado. O coeficiente pode ser aplicado a uma chuva isolada ou a um intervalo de tempo onde várias chuvas ocorreram.

$$C = \frac{\text{Volume total escoado}}{\text{Volume total precipitado}} \quad (1)$$

Precipitação acumulada mensalmente nos últimos 5 anos. Tabela 3.

Tabela 3: Chuva acumulada mensalmente em Manaus

MÊS	2012	2013	2014	2015	2016	MÉDIA ACUMULADA (mm)
JAN	360	310	265	300	138	274,60
FEV	280	325	250	211	245	262,20
MAR	275	425	525	376	270	374,20
ABR	200	425	265	174	306	272,00
MAI	166	420	406	302	126	251,00
JUN	79	255	202	75	112	100,60
JUL	76	35	77	60	125	103,60
AGO	33	180	41	12	50	38,20
SET	80	125	10	15	118	69,60
OUT	180	200	200	26	115	144,20
NOV	275	310	200	88	180	216,60
DEZ	260	100	180	120	210	174,00

Fonte: Autores, (2018).

II.5 VAZÃO DE PROJETO

A vazão de projeto de acordo com a NBR 10844 (ABNT,1989) é determinada pela fórmula do Período de Retorno de 5 anos e uma superfície de 680,00 m² a resultante da vazão é:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (2)$$

$$Q = \frac{180\text{mm/h} \cdot 680\text{m}^2}{60}$$

$$Q = 2,04 \text{ l/min}$$

$$Q = 88.128 \text{ l/mês}$$

Onde:

Q = vazão volumétrica (l/min);

I = intensidade pluviométrica (mm/h);

A = área de contribuição (m²).

II.6 INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO EM MANAUS

A intensidade de precipitação (I) a ser adotada deve ser de 150mm/h quando a área de projeção horizontal for menor que 100m². Neste caso a área de projeção é de 680m², usaremos os dados da tabela abaixo (Chuvas Intensas no Brasil) selecionando a cidade de Manaus-AM, para a duração de 5 minutos como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Chuvas Intensas no Brasil para duração de 5 minutos.

Local	Intensidade pluviométrica		
	Período de retorno (anos)		
	1	5	25
Belém	138	157	185
Belo Horizonte	132	227	230
Florianópolis	114	120	144
Fortaleza	120	156	180
Goiânia	120	178	192
João Pessoa	115	140	163
Maceió	102	122	174
Manaus	138	180	198
Niterói (RJ)	130	183	250
Porto Alegre	118	146	167
Rio de Janeiro (Jardim Botânico)	122	167	227

Fonte: [13].

O levantamento gráfico do INMET, identifica as precipitações, chuvas acumuladas dos últimos 5 anos na cidade de Manaus, já com os dados de 2018 até o mês de julho (Figuras 2 a 6).

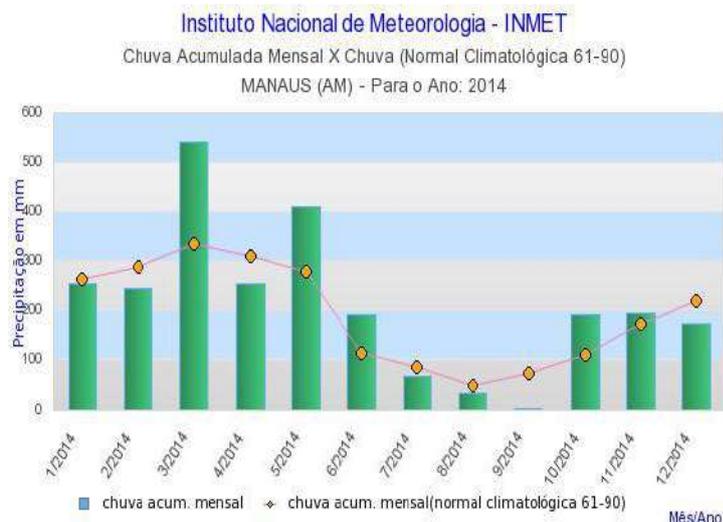


Figura 2: Chuva Acumulada 2014.

Fonte: [13].

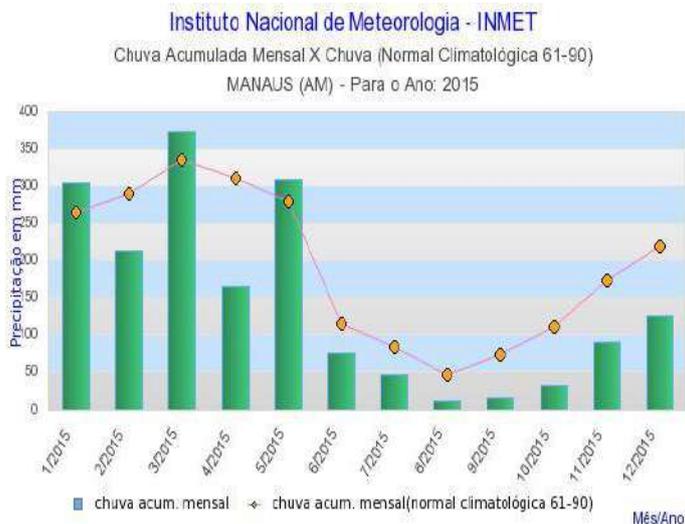


Figura 3: Chuva Acumulada 2015.
Fonte: [13].

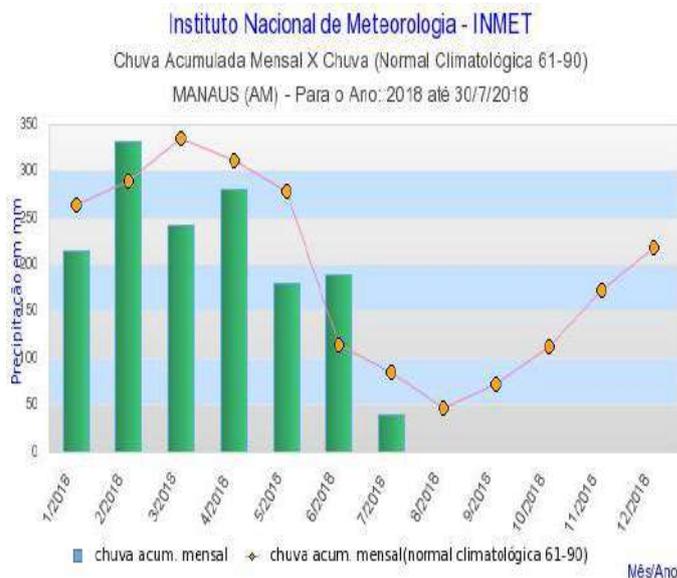


Figura 6: Chuva Acumulada 2018.
Fonte: [13]

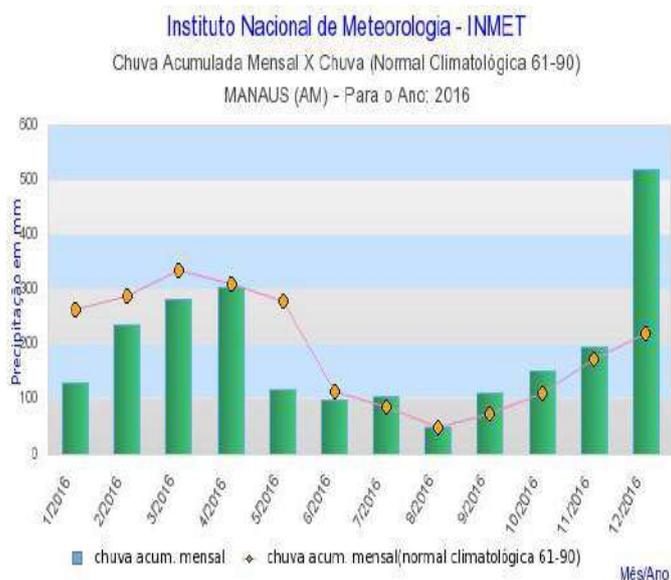


Figura 4: Chuva Acumulada 2016.
Fonte: [13].

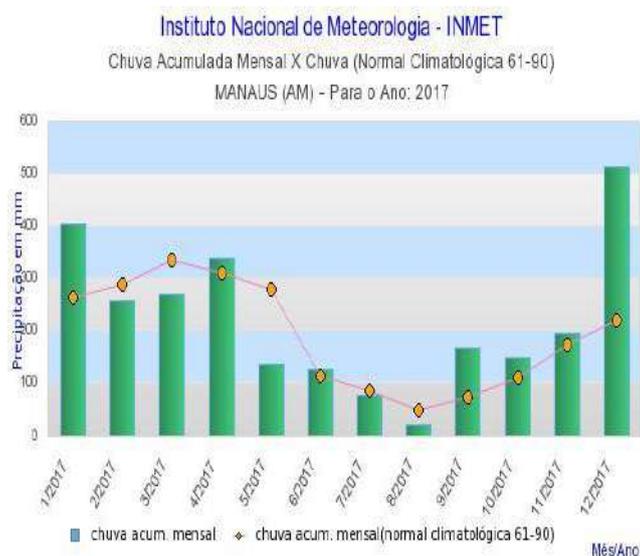


Figura 5: Chuva Acumulada 2017.
Fonte: [13].

III MATERIAIS E MÉTODOS

Para a verificação do potencial de economia de água potável obtido através de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, na Escola Municipal Cmei Maria do Céu na cidade de Manaus-Am, foi desenvolvida uma metodologia que compreende as seguintes etapas: descrição do objeto de estudo, levantamento de dados referentes ao consumo de água, dados pluviométricos da região, determinação das áreas de cobertura, instalação do reservatório para aproveitamento de água pluvial e análise econômica da viabilidade de implantação do sistema.

III.1 DIMENSIONAMENTO DA ÁREA PARA A COLETA DE ÁGUA PLUVIAL

Atendendo as solicitações da NBR 10844 [12], as exigências e critérios necessários para a instalação do projeto de drenagem de águas pluviais, visa garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia.

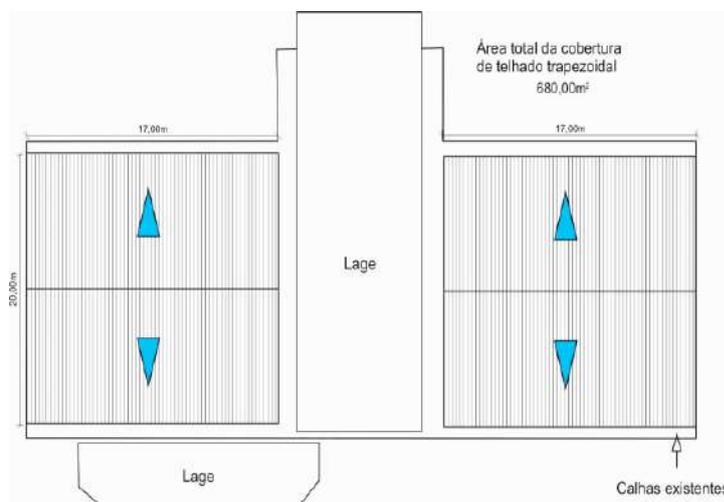


Figura 7: Vista da área de cobertura.
Fonte: Autores, (2018).

O reservatório atenderá as necessidades hídricas do pavimento térreo, sendo, vasos sanitários, mictórios, lavagem de piso, calçada e jardinagem. Na falta prolongada de chuvas, será instalado no reservatório um ponto de entrada de água específico da rede pública, controlada por uma boia eletrônica. A norma NBR 10844 [12], faz referência a disposição a ser observada e adotada, que no sistema de captação e esgotamento das águas pluviais, o sistema deve ser único, separado de outras redes de água, da rede de esgotos e sanitários, e de outras instalações prediais.

III.2 MATERIAIS

Os equipamentos necessários pra se desenvolver um sistema de aproveitamento da água pluvial são: O filtro VF1, possui entradas e saídas de 100mm. Onde os tubos que desce das calhas são descartados. Os materiais descritos a serem utilizados para a coleta das águas pluviais, seguem as preconizações da norma NBR 10844 - Instalações Prediais de Águas Pluviais.



Figura 8: Filtro VF1.

Fonte: [14].

O freio de água é equipamento instalado no fundo do reservatório é conectado ao filtro através de um tubo de 100 mm de PVC. Com o intuito de reduzir a velocidade de entrada de água filtrada e evitar derramamento



Figura 9: Freio d'água.

Fonte: [14].

O sifão-ladrão é o equipamento que impede que a Cisterna transborde, levando o excedente de água para a rede de esgoto.



Figura 10: Sifão-ladrão.

Fonte: [14].

O conjunto flutuante é o que capta somente água logo abaixo da lâmina d'água da cisterna de maneira a não sugar material sobrenadante e ou decantado do fundo da cisterna.



Figura 11: Conjunto Flutuante.

Fonte: [14].

III.3 INSTALAÇÃO DA CISTERNA

- Abrir uma vala de 11,52m de comprimento, 3,50m de largura e 3,09m de profundidade;
- Nivelar e compactar o fundo da vala, remover pedras, galhos e entulhos;
- Lançar no fundo da vala uma camada de brita nº1 com 10cm de espessura;
- Lançar sobre a brita uma camada de areia grossa com 20cm de espessura e nivelar;
- Apoiar a cisterna porta sobre a areia;
- Posicionar a tubulação e equipamentos;
- Colocar água no tanque até a metade do volume;
- Aterrizar a cisterna pronta com areia grossa até a metade da altura da vala;
- Completar o aterro com terra original da vala isenta de pedras, galhos e entulhos.

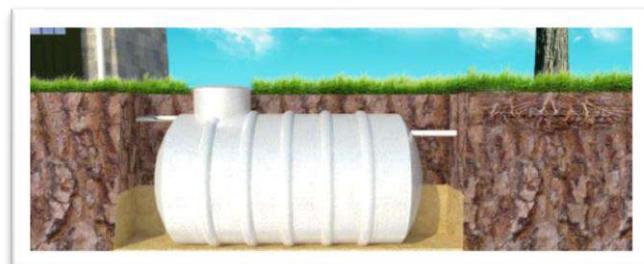


Figura 12: Simulação de Cisterna Instalada.

Fonte: [14].

III.4 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Para o dimensionamento do Reservatório seguimos a NBR 15527 [15] (Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos), onde utilizamos o Método Azevedo Neto:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (\text{Eq.03})$$

Onde:

P – é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em metros (m);

T – é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A – é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V – é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

Assim obtivemos o seguinte resultado:

$$V = 0,042 \times 0,19 \times 1.941,66 \times 3 = 46,5\text{m}^3$$

Onde:

P = 0,19 m

A = 1.941,66m²

T = 3 meses

Para esse projeto será utilizado um reservatório subterrâneo, feita de PRFV (polímero reforçado com fibra de vidro), de capacidade de 50.000 L (cinquenta mil litros).

Na região amazônica onde as chuvas são mais intensas no inverno a cisterna deverá ter capacidade para armazenar água suficiente para atender a demanda necessária.

III.5 CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO

Para ponderar o consumo de água é preciso estimar a quantidade de pessoas que ocupa a edificação. Para prédios públicos ou comerciais, considera-se as taxas de ocupação apresentadas na Tabela 4 e 5.

Tabela 4: Taxa de ocupação para prédios públicos ou comerciais.

Local	Taxa de Ocupação
Banco	Uma pessoa por 5,00 m ² de área
Escritório	Uma pessoa por 6,00 m ² de área
Pavimentos Térreos	Uma pessoa por 2,5,00 m ² de área
Lojas (Pavimento Superior)	Uma pessoa por 5,00 m ² de área
Museus e Bibliotecas	Uma pessoa por 5,50 m ² de área
Salas de Hotéis	Uma pessoa por 5,50 m ² de área
Restaurantes	Uma pessoa por 1,40 m ² de área
Sala de Operação (hospitais)	Oito pessoas
Teatro, Cinema e Auditórios	Uma cadeira por 0,70m ² de área

Fonte: [15].

Tabela 5: Consumo de água específico em função do tipo do prédio.

Prédio	Consumo (litros/dia)	Unidade
Serviço doméstico		
Apartamentos	200	per capita
Apartamentos de luxo	300 a 400	per capita
	200	quarto de empregada
Residência de luxo	300 a 400	per capita
Residência de médio valor	150	per capita
Residências populares	120 a 150	per capita
Alojamentos provisórios de obras	80	per capita
Apartamento de zelador	500 a 1000	apartamento
Serviço público		
Edifícios de escritórios	50 a 80	ocupante efetivo
Escolas (internatos)	150	per capita
Escolas (externatos)	50	aluno
Escolas (semi-internatos)	100	aluno
Hospitais e casas de saúde		leito
Hotéis com cozinha e lavanderia	250 a 350	hóspede
Hotéis sem cozinha e lavanderia	120	hóspede
Lavanderias	30	kg de roupa seca
Quartéis	150	per capita
Cavalariações	100	cavalo
Restaurantes e similares	25	refeição
Mercados	5	m ²
Postos de serviço	100	automóvel
	150	caminhão
Rega de jardins	1,5	m ²
Cinemas e teatros	2	lugar

Fonte: [16].

III.6 MONTAGEM DO SISTEMA HIDROMODULAR

Primeiramente será realizado a impermeabilização da laje e/ ou telhado aonde será implantado o sistema, essa impermeabilização será feita através da Geomembrana de PVC, a mais apropriada para coberturas verdes por proporcionar uma maior proteção de laje e/ ou telhado, ter grande maleabilidade, ótima resistência mecânica, impermeabilidade segura (garantida pela soldagem por termofusão) e alta resistência à punção. Vale

ressaltar que para telhado convencional é obrigatório o uso de folhas de compensando. Além de oferecer excelente proteção anti-raízes, por ser uma membrana inorgânica.

IV RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observou –se que no decorrer do estudo a Escola Municipal Cmei Maria do Céu tem consumo diário de 28m³/dia. Com o processo de armazenamento de águas pluviais, onde será direcionado para o uso dos vasos sanitários, mictórios, jardim e lavagem de pisos e calçadas, responsáveis em média por 50% do uso de água potável, isso quer dizer que haverá uma economia de 14.000 litros diário de água tratada.

Definição do resultado teórico do volume de água no pavimento térreo da instituição:

CD = Consumo diário

TO = Taxa de Ocupação

CE = Consumo Específico diário em litros

CD = TO x número de salas x CE

CD = 8 x 14 * 250 l/dia

CD = 28.000 l/dia

IV.1 DEFICIÊNCIA DE ABASTECIMENTO

A NBR 5626/1998 estabelece que o volume de água reservado para uso doméstico deve ser, no mínimo, o necessário para atender 24 horas de consumo normal do edifício, sem considerar o volume de água para combate a incêndio. Em virtude das deficiências no abastecimento público de água em praticamente todo o país, [17] recomenda que se adote reservatórios com capacidade “suficiente para uns dois dias de consumo.

Neste caso determina-se que o reservatório tenha capacidade de armazenar:

$$CD = 28.000 \text{ l/dia} \times 2$$

O armazenamento ideal para o consumo de 2 dias para todo o prédio será de 56.000 litros de água.

O aproveitamento da água da chuva em áreas urbanas é feito através do direcionamento da água que é precipitada sobre uma determinada superfície (para este estudo, esta área é o telhado) para um reservatório ou cisterna, através de um conjunto de calhas e condutores.

Diversos são os usos da água e seu consumo varia de região para região, dependendo dos povos. O uso da água frente ao crescimento da população e as demandas das atividades, sejam industriais ou agrícolas, tem gerado conflitos em relação aos recursos hídricos, afetando a qualidade e quantidade dos mesmos. [18]

V CONCLUSÃO

O aproveitamento de água para fins não potáveis nas edificações torna-se uma excelente prática sustentável na construção civil, uma vez que ao aproveitar-se água de chuva em uso não potáveis, a água de maior qualidade e preços provenientes dos sistemas de abastecimento são utilizados para fins mais nobres, gerando economia nas contas de água do usuário e preservação desse recurso natural. Deve-se levar em conta, pelo fato de uma instituição de ensino infantil, para conscientiza-los ao uso e consumo correto da água em geral, seja ela potável ou não. A adoção de aproveitamento de águas pluviais em edificações

garante uma série de vantagens, não só apenas para o estado, mais para a sociedade urbana como um todo. A comunidade (escola) pode ser beneficiada com a redução da tarifa de consumo de água.

VI REFERÊNCIAS

- [1] ONU. **Organização das Nações Unidas**. Disponível em: <<http://www.onu-brasil.org.br>>. Acessado em novembro de 2006.
- [2] Ghisi, E. Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater in the Residential Sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.
- [3] Scherer, F. A. **Uso Racional da Água em Escolas Públicas: Diretrizes Para Secretarias de Educação**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- [4] Tomaz, P. **A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água**. Navegar Editora, São Paulo, 2001a.
- [5] Tomaz, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. Navegar Editora, São Paulo, 2003.
- [6] ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acessado em fevereiro de 2007.
- [7] ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acessado em fevereiro de 2008.
- [8] COGERH. **Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.cogerh.com.br>>. Acessado em janeiro 2007.
- [9] May, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.
- [10] May S.; Prado R. T. A. **Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, **Anais...**CD Rom, 2004
- [11] **BELLA CALHA**. Disponível em: <<http://www.bellacalha.com.br>>. Acessado em fevereiro de 2007.
- [12] Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT] (1989). **NBR 10844: Instalação predial de água pluvial**. Rio de Janeiro.
- [13] INMET – Instituto Nacional de Meteorología <http://www.inmet.gov.br/portal/04/setembro/2018>
- [14] ECO CASA. **Biblioteca Virtual**. Disponível em: <<http://www.ecocasa.com.br/>>. Acesso em: 14/abril/2018
- [15] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527:Água de chuva–Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis–Requisitos**, Rio de Janeiro, 2007.
- [16] Tomaz, P. **Aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**, cap. 3 – Previsão de consumo de água não potável. São Paulo, 2009.
- [17] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626 – Instalação Predial de Água Fria**. Rio de Janeiro, 1998.
- [18] Felten, Carla Knebel. **Análise quantitativa e qualitativa de água pluvial armazenada em cisternas para uso não potável**. 2008. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso – União Dinâmica da Faculdade Cataratas. Paraná, dez. 2008.

Attainment of structural lightweight concrete by adding expanded vermiculite addition

Wandenilton Silva de Matos¹, Jorge Luiz Melo de Freitas², Daniel Damião Almeida de Almeida³, André Soares Mendes⁴

¹Student - Laureate International Universities - UNINORTE - Manaus - AM.

^{2,3}Civil Engineering - Laureate International Universities - UNINORTE - Manaus - AM.

⁴Student - Regional University of Blumenau Foundation - FURB - Blumenau – SC.

Email: eng.wsmatos@gmail.com, jorgefreitas879@gmail.com, engdanieldamiao@gmail.com, andre.ifto@gmail.com

ABSTRACT

Received: October 28th, 2018

Accepted: November 30th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Concrete's consumption increases all over the world with each passing day, and that has led to the development of new materials such as structural lightweight concrete - SLC. The advantages of using this material is that since it is light, there is not so much need to spend a lot of income with structure foundations, transport and even lifting of precast concrete units. To obtain SLC the use of some light aggregate is needed, like exfoliated vermiculite. It is known that if concrete's self-weight is reduced, its mechanic resistance is also reduced. The present work was to analyze the influence of the addition of vermiculite in different amounts on a high performance concrete mix, observing if with the addition it would be possible to obtain high performance lightweight concrete. The experimental analysis included the study of compressive strength, diametric compression traction, efficiency factor and specific mass in the hardened state. Two specimens were molded and tested at ages of 7 and 28 days.

Keywords: Structural lightweight concrete, exfoliated vermiculite, addition.

Obtenção de concreto leve estrutural pela adição de vermiculita expandida

RESUMO

A cada dia que se passa aumenta o consumo do concreto em todo o mundo, e isso tem levado ao desenvolvimento de novos materiais como o concreto leve estrutural - CLE. As vantagens na utilização deste material são diminuição do peso próprio da estrutura, bem como menor gasto com as fundações, transporte e içamento de peças pré-moldadas. Para obtenção de CLE é necessária a utilização de algum agregado leve, como EPS, argila expandida e vermiculita. Sabe-se que a diminuição do peso próprio do concreto está influencia a redução de resistência mecânica. O presente trabalho teve como objetivo analisar a influência da adição da vermiculita em diferentes quantidades em um traço de concreto de alto desempenho, observando se, com a adição, será possível obter um concreto leve de alto desempenho. A análise experimental compreendeu o estudo da resistência à compressão, tração por compressão diametral, fator de eficiência e massa específica no estado endurecido. Foram moldados 2 corpos de prova para cada idade de 7 e 28 dias.

Palavras-chave: CLE, vermiculita expandida, adição.

I INTRODUÇÃO

As exigências na construção civil são crescentes. As estruturas estão maiores e mais esbeltas, além de projetos que ousam os padrões tradicionais de construção. O estudo do peso próprio da estrutura é fator de alta importância para que se garanta a inovação e satisfatória relação entre custos e tecnologia utilizada, também considerando o planejamento eficiente do transporte de peças pré-moldadas e materiais.

A possibilidade de possuir mesma resistência mecânica final alterando o peso próprio da estrutura, além dos fatores citados, é uma alternativa para solucionar o cálculo de grandes vãos pela redução da massa específica, como pontes e lajes, e redução das seções transversais e dimensões da estrutura [1].

Os agregados são utilizados em concretos para barateamento do seu custo final e manutenção da resistência, através de estudos da granulometria e resistência dos componentes isolados. [2] Os grãos dos agregados devem ser: duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, podendo ser de

origem natural ou proveniente de britagem de rochas. Agregados artificiais são obtidos por meio de tratamento térmico de vários materiais, sendo classificados conforme a matéria prima e o processo de fabricação utilizado [3]. Neste caso, pode-se citar argilas expandidas, ardósias, perlitas e vermiculitas.

A vermiculita é um mineral inorgânico e insolúvel em bases e ácidos fracos, possuindo pH de aproximadamente 7,0. Quando expandida a altas temperaturas, seu volume original pode variar até 15 vezes, adotando o nome de vermiculita expandida [4]. Segundo sua massa unitária, a vermiculita expandida é considerada um agregado leve, obtendo um campo de aplicação, além dos anteriormente explanados, em concretos para isolamento térmico acústico.

Em concretos leves estruturais, a diferença entre coeficientes de expansão térmica da argamassa e a vermiculita expandida produz uma baixa condutividade térmica. Assim, diante desse contexto, podemos dizer que essa característica térmica é altamente relevante para regiões que apresentam climas caracterizados por elevadíssimas temperaturas durante grande parte do ano como o de Palmas, Tocantins.

[5] Outras propriedades importantes são a baixa condutividade acústica, baixa densidade, incombustibilidade e ausência de toxicidade, visto que também é um produto muito utilizado para a agricultura e nutrição animal. Além disso, a capacidade de retenção de água da vermiculita expandida é um fator que implica em cuidados extras, visto que é capaz de reter grandes quantidades de água, até 5 vezes o volume total de cada floco.

II METODOLOGIA

A produção da pesquisa inicialmente contou com a caracterização dos materiais que foram utilizados. Foram determinadas propriedades como massa específica e granulometria, a depender do material, para auxílio dos resultados esperados. Após a etapa de caracterização, iniciou-se execução dos dois traços utilizados e do traço de referência, sem nenhuma adição.

II.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

II.1.1 AREIA

A areia é proveniente da região de Palmas, Tocantins, e foi fornecida pela Cimentos Planalto – CIPLAN. Esta foi seca em estufa para que a umidade não influenciasse no cálculo do traço unitário. As características físicas da areia utilizada estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1: Características físicas da areia.

Características físicas da areia	
Massa específica (NBR NM 52:2009)	2732 kg/m ³
Módulo de finura (MF) (NBR NM 248:2003)	1,95
Classificação (NBR 7211:2009)	Areia fina

Fonte: Autores, (2018).

II.1.1.2 BRITA

A brita foi fornecida pela Cimentos Planalto – CIPLAN e suas características físicas estão presentes na Tabela 2.

Tabela 2: Características físicas da brita.

Características físicas da brita	
Massa específica (NBR NM 52:2009)	2604 kg/m ³
Massa unitária (NBR NM 52:2009)	1401 kg/m ³
Dimensão máxima característica (NBR NM 248:2003)	12,5 mm

Fonte: Autores, (2018).

II.1.1.3 CIMENTO

O cimento utilizado foi o CII F32, também fornecido pela Cimentos Planalto – CIPLAN.

II.1.1.4 SÍLICA ATIVA

A sílica é um subproduto do silício metálico do ferro-silício, SiO. Após oxidação, torna SiO₂. Este se classifica como superpozolana que possui alta reatividade com o hidróxido de cálcio. A sílica utilizada foi fornecida pela empresa Silmix e, segundo dados do fornecedor, possui as características físicas e químicas presentes na Tabela 3:

Tabela 3: Características físicas e químicas da sílica ativa.

Características físicas e químicas da sílica ativa.	
Massa específica	2222 kg/m ³
Diâmetro da partícula esférica	0,2 µm
Teor mínimo de SiO ₂	85%
Umidade máxima	3%

Fonte: [6].

II.1.1.4 ADITIVO

O aditivo utilizado foi o Superplastificante tipo II (SP-II R), considerado hiperplastificante, fornecido pela empresa Viapol. Suas características técnicas estão estabelecidas na Tabela 4 (Viapol).

Tabela 4: Características técnicas do hiperplastificante.

Características técnicas do aditivo	
Ação principal	Aditivo superplastificante
Ação secundária	Redutor de água de amassamento (A/C)
Composição	Solução de policarboxilatos em meio aquoso
Aspecto	Líquido
Cor	Levemente amarelada
Massa específica	≈1,1 g/cm ³
Teor de cloretos	Não contém cloretos

Fonte: [7].

II.1.1.6 VERMICULITA EXPANDIDA

A composição química da vermiculita é dada por (Mg, Fe)₃ [(Si, Al)₄ O₁₀] [OH]₂ 4H₂O [5]. Uma de suas principais propriedades é a massa específica aparente de valor baixo. Suas características físicas estão presentes na Tabela 5.

Tabela 5: Características físicas da vermiculita expandida.

Características físicas da vermiculita expandida	
Massa específica aparente	90 kg/m ³
Classificação da granulometria	Média

Fonte: [4].

II.2 EXECUÇÃO DA PESQUISA

Para a realização da pesquisa, foi utilizado o traço de referência da Tabela 6, de forma que o material possa ser classificado como concreto leve estrutural (CLE).

Tabela 6: Traço de referência.

Materiais	Relação em massa	Quantidade (kg/m ³)
Cimento	1	416
Sílica	0,08	34

Agregado Miúdo	1,77	737
Agregado Graúdo	2,47	1030
Água	0,036	153
Aditivo	0,072	3

Fonte: [8].

Foram realizados dois traços diferentes para observação do comportamento do concreto conforme a adição de quantidades diferentes de vermiculita expandida, conforme a Tabela 7.

Tabela 7: Traços conforme a adição da vermiculita expandida.

Adição de vermiculita expandida	
Traço 1	100 g
Traço 2	200 g

Fonte: Autores, (2018).

Para realização dos ensaios, foram utilizados corpos de prova de diâmetro igual a 10 cm e altura de 20 cm, que possuem volume igual a 0,00157 m³, ou 1,57 litros. Foram realizados os seguintes ensaios: resistência à compressão axial com 7 e 28 dias de idade e resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de idade. Para cada ensaio, foram utilizados dois corpos de prova. Considerando, então, que foram utilizados seis corpos de prova para cada traço, o volume total para cálculo dos materiais consumidos e acréscimo de 25% para possíveis perdas resultou em um volume de concreto de 0,01178 m³, ou 11,78 litros. A quantidade de material utilizada está presente na Tabela 8.

Devido ao alto grau de absorção de água, conforme descrito anteriormente, a quantidade de hiperplastificante foi alterada, a fim de manter trabalhabilidade coerente. Segundo o traço de referência, foi utilizado um total de 1,5% de aditivo hiperplastificante em relação à quantidade em massa de cimento consumido para o volume utilizado. No presente trabalho, adotou-se 2%.

Tabela 8: Materiais utilizados.

Materiais	Relação em massa	Quantidade (kg/m ³)	Quantidade de material utilizado (kg)
Cimento	1	416	4,9
Sílica	0,08	34	0,392
Agregado Miúdo	1,77	737	8,67
Agregado Graúdo	2,47	1030	12,10
Água	0,036	153	1,76
Aditivo	0,098	4	0,098

Fonte: Autores, (2018).

As características físicas do traço do concreto de alta resistência estão descritas por ACI SP-154, podem ser verificadas na Tabela 9.

Tabela 9: Características físicas do traço de CAD.

Traço	Resistência à Compressão axial (MPa)	Abatimento do Tronco de cone (mm)
1	35	
2	52	200
3	82	

Fonte: [8].

III RESULTADOS

III.1 MASSA ESPECÍFICA

Conforme adicionou-se maior quantidade de vermiculita expandida, observou-se redução da massa específica do concreto. Os valores são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Massa específica em função dos traços.

Traço	Quantidade de vermiculita (g)	Massa Específica (kg/dm ³)
Traço 1	100	2,18
Traço 2	200	2,01
Traço de Referência	-	2,37

Fonte: Autores, 2018.

A NS 3473 E (1992) estabelece que, para ser considerado concreto leve estrutural, o concreto deve possuir massa específica inferior a 2,2 kg/dm³. Isso caracteriza os dois traços obtidos como concretos leves estruturais, visto que obedecem a esse limite.

Entretanto, segundo outros autores, não é possível considerar os concretos como leves por possuírem massa específica superior a 2,0 kg/dm³, [11], e 1,85 kg/dm³ [9].

III.2 ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE (SLUMP TEST)

Com esses valores e considerando a adição de vermiculita expandida, foram obtidos os valores no ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump Test) da Tabela 11.

Tabela 11: Valores obtidos no Slump Test.

Traço	Quantidade de vermiculita (g)	Slump Test (mm)
Traço 1	100	190
Traço 2	200	100

Fonte: Autores, (2018).

O menor valor de abatimento para o Traço 2 é justificado pela alta absorção da vermiculita expandida. Em comparação ao Traço 1, o Traço 2, ao ser acrescentada quantidade dobrada deste material, apresentou 52,6% do valor correspondente de abatimento.

A diferença pode ser observada na Figura 1. Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal do Tocantins, Campus Palmas.



Figura 1: diferença de abatimento do concreto entre o Traço 1 (esquerda) e Traço 2 (direita).

Fonte: Autores, (2018).

III.3 RESISTÊNCIA

III.3.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Ensaio de resistência à compressão axial foram realizados a fim de comparar os resultados obtidos com o traço de referência original, sem adição de vermiculita expandida. Foi observado aumento da resistência à compressão aos 7 dias conforme adicionou-se maior quantidade de vermiculita expandida. A

Tabela 12 apresenta dados sobre a dispersão estatística da resistência à compressão axial aos 7 dias de idade.

Tabela 12: Dispersão estatística da resistência à compressão axial aos 7 dias.

Traço	Corpos de Prova (MPa)		Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)
	CP 1	CP 2			
Traço 1	17,04	29,70	23,37	8,95	38,30
Traço 2	34,46	42,25	38,36	5,51	14,36

Fonte: Autores, (2018).

Os dados relativos ao ensaio de resistência à compressão axial aos 28 dias estão presentes na Tabela 13.

Tabela 13: Dispersão estatística da resistência à compressão axial aos 28 dias.

Traço	Corpos de Prova (MPa)		Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)
	CP 3	CP 4			
Traço 1	44,95	38,76	41,86	4,38	10,46
Traço 2	34,84	43,76	39,30	6,31	16,05

Fonte: Autores, (2018).

A Tabela 14 apresenta os valores obtidos pela compressão axial aos 28 dias de idade.

Tabela 14: Dispersão estatística da resistência à compressão axial aos 28 dias do traço de referência.

Traço	Corpos de Prova (MPa)		Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)
	CP 1	CP 2			
TR	55,22	50,57	52,90	3,29	6,22

Fonte: Autores, 2018.

Pôde-se observar que, na primeira idade, os corpos de prova do Traço 2, 200 gramas adicionados de vermiculita expandida, apresentaram maiores valores de resistência à compressão axial. Aos 28 dias, o Traço 1 apresentou maior resistência ao mesmo ensaio. Entretanto, os dois traços obtiveram valores inferiores ao traço de referência. Alguns dos corpos de prova rompidos podem ser observados na Figura 2.



Figura 2: Corpos de prova rompidos aos 28 dias.

Fonte: Autores, (2018).

III.3.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

[10] A resistência à tração foi obtida através de valores de compressão diametral e adequada conforme a Equação 1.

$$f_{ct,sp} = \frac{2F}{\pi dl} \quad (1)$$

onde:

$f_{ct,sp}$: é a resistência à tração por compressão diametral (MPa);
 F: é a força máxima obtida no ensaio, expresso em newtons (N);
 d: é o diâmetro do corpo de prova, expresso em milímetros (mm);
 l: é o comprimento do corpo de prova, expresso em milímetros (mm).

A Figura 3 mostra a realização do ensaio de tração por compressão diametral.



Figura 3: Tração por compressão diametral.

Fonte: Autores, (2018).

Os valores obtidos estão representados na Tabela 15.

Tabela 15: Dispersão estatística da resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias.

Traço	Corpos de Prova (MPa)		Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)
	CP 5	CP 6			
Traço 1	4,073	5,218	4,645	0,810	17,428
Traço 2	5,413	4,245	4,829	0,826	17,103

Fonte: Autores, (2018).

A resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias do traço de referência pode ser observada na Tabela 16 abaixo.

Tabela 16: Dispersão estatística da resistência tração por compressão axial aos 28 dias do traço de referência.

Traço	Corpos de Prova (MPa)		Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)
	CP 3	CP 4			
TR	4,805	4,398	4,602	0,288	6,254

Fonte: Autores, (2018).

Quanto a este ensaio, pode-se observar que a adição da vermiculita expandida permitiu melhores resultados de resistência à tração em ambos os traços, sendo que no Traço 2 a resistência à tração por compressão axial mostrou-se superior ao Traço 1.

III.3.3 FATOR DE EFICIÊNCIA

Apesar de não existir um parâmetro para o concreto leve estrutural, é possível comparar com valores utilizados para o concreto leve estrutural de alto desempenho. [11] Só poderá ser aceito como concreto leve estrutural de alto desempenho concretos que apresentem a razão entre resistência à compressão e massa específica superior a 25 MPa.dm³/kg. Os resultados obtidos estão na Tabela 17.

Tabela 17: Fator de eficiência.

Traço	Resistência à compressão axial aos 28 dias (MPa)	Massa específica (kg/dm ³)	Fator de eficiência (MPa.dm ³ /kg)
Traço 1	41,86	2,18	19,22
Traço 2	39,30	2,01	19,54
Traço de Referência	52,90	2,37	22,32

Fonte: Autores, (2018).

O resultado implica que nenhum dos traços pode ser considerado concreto leve estrutural de alto desempenho.

III.3.4 ABSORÇÃO DE ÁGUA

[12] A absorção de água é determinada pela Equação 2.

$$Ab = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100 \quad (2)$$

A Tabela 18 contém os valores obtidos.

Tabela 18: Absorção de água.

Traço	Absorção de água (%)
Traço 1	0,487
Traço 2	0,252
Traço de Referência	0,269

Fonte: Autores, (2018).

Apesar da grande capacidade de retenção de líquidos da vermiculita expandida, o Traço 1 apresentou maior índice de absorção de água em relação ao Traço 2. Esse fator pode ser justificado pela maior resistência à compressão axial do Traço 2, visto que o aumento de resistência caracteriza diminuição da porosidade do concreto.

IV CONCLUSÕES

Conforme adicionou-se maior quantidade de vermiculita, observou-se redução da massa específica dos corpos de prova. Devido à alta capacidade de retenção de água, os abatimentos de tronco de cone dos traços com adição ficaram menores em relação ao traço de referência. Assim, é possível afirmar que, quanto maior a quantidade de vermiculita, menor o abatimento de tronco de cone. Além disso, a menor massa específica é parcialmente responsável por este acontecimento.

Em relação à classificação como concreto leve estrutural de alto desempenho, apenas a NS 3473 E (1992) contempla os traços realizados durante a pesquisa, visto que suas massas específicas foram inferiores a 2,2 kg/dm³.

O Traço 1 apresentou aumento de resistência à compressão axial conforme a idade superior ao Traço 2, visto que o segundo traço não obteve variação significativa como ocorreu no primeiro traço. Entretanto, ambos obtiveram resistência à compressão axial inferior ao traço de referência. Quanto à tração por compressão diametral, os resultados de ambos os traços ultrapassaram o resultado alcançado pelo traço de referência para o mesmo ensaio.

Conforme o critério descrito [11], nenhum dos traços pode ser considerado concreto leve de alto desempenho porque o fator de eficiência resultante atingido foi inferior a 25 MPa.dm³/kg.

VI REFERENCIAS

[1] Barcelos, Jessica Luciano et al. **Confecção de concreto estrutural leve substituindo parte dos agregados graúdos por**

argila expandida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 60., 2016, Águas de Lindoia. **Anais...** Águas de Lindoia: Abceram, 2016. p. 444 - 459.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificações.** Rio de Janeiro, 2009.

[3] Moravia, Weber Guadagnin. **Influência de parâmetros microestruturais na durabilidade do concreto leve produzido com argila expandida.** 2007. 170 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Minas, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

[4] REFRAITIL REFRAATÁRIOS (São Paulo). **Vermiculita expandida.** Disponível em: <<http://www.refratil.com.br/produto/vermiculita-expandida>>. Acesso em: 24 maio 2018.

[5] Ugarte, J. F. O.; Sampaio, J. A.; França, S. C. A.. Vermiculita. IN: **Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações.** 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 865-887.

[6] SILMIX. **Ficha Técnica da Sílica Ativa Silmix.** Canoas, RS.

[7] VIAPOL. **Ficha Técnica do Superplastificante tipo II (SP-II R).** Caçapava, SP.

[8] Mehta, Kumar P., Monteiro, Paulo J.M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais.** Editora Pini, 1ª Edição. São Paulo, 1994.

[9] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI). **Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete.** ACI 213R-87. ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, 27p., 1997.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222: Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

[11] Spitzner, J. **High-Strength LWA Concrete. High-Strength Concrete.** RILEM Cap.II – Aggregates. 1994.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro, 2009.

Irrigation system with treated domestic sewage effluent reuse for gardening and landscaping. A case study in a company of the electro-electronic segment of the industrial pole of Manaus

Valdoci Pinto da Silva¹, Italo Jorge Tavares Jimenez², Charles Ribeiro de Brito³

^{1,3} Centro Universitario do Norte – UNINORTE - *Laureate Universites*, Brasil, Rua Igarapé de Manaus, 211 – Centro, Manaus/AM

² Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Av Joaquim Nabuco, 1950 – Centro, Manaus/AM .

Email: valdocipinto.eng@gmail.com, italo.jimenez@itegam.org.br, charles.rito@uninorte.com.br

ABSTRACT

Received: September 25th, 2018

Accepted: November 01th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The search for alternative water sources makes the use of treated sewage effluent an important strategy for sustainability. The purpose of this study was to verify the viability of the water reuse of the biological domestic effluent treatment plant for garden and landscaping as an alternative source of water. The irrigated species was the Emerald (*Zoysia japonica*). Irrigation occurred for twenty days in two areas, one irrigated with effluent and the other with tap water, in order to contribute for reusing water for less noble uses but in good sanitary conditions. From the data of the company's effluent treatment report, an analysis was performed to evaluate the efficiency of removal of contaminants through the parameters: pH, BOD, COD, Thermotolerant Coliforms and Turbidity, according to the Brazilian norms NBR 13.969/97, which classifies the activity of reuse and also according to CONAMA No. 430/11, which establishes conditions and standards for effluent treatment. After twenty days, only the area irrigated with treated domestic effluent presented a better development of the grass, absence of weeds and without soil exposure. However, the area irrigated with tap water showed low growth, weed growth and soil exposure with space between grass, what badly interfere in the nutrients absorption.

Keywords: Sewage, treatment, reuse.

Sistema de irrigação com reuso de efluente de esgoto doméstico tratado para jardinagem e paisagismo. Um estudo de caso em empresa do segmento eletroeletrônico do polo industrial de Manaus

RESUMO

A busca por alternativas de fonte de água torna o uso de efluente de esgoto tratado uma estratégia importante para a sustentabilidade. O objetivo foi verificar a viabilidade do reuso de água da estação de tratamento de efluente doméstico biológica para jardim e paisagismo como fonte alternativa de água. A espécie irrigada foi a Esmeralda (*Zoysia japonica*). A irrigação ocorreu por vinte dias, em duas áreas sendo uma irrigada com efluente e a outra com água da concessionária, a fim de contribuir na reutilização da água para fins menos nobres porém sanitariamente segura. A partir dos dados secundários contidos no relatório de tratamento do efluente da empresa foi realizada análise para avaliar a eficiência de remoção dos contaminantes através dos parâmetros: pH, DBO, DQO, Coliformes Termotolerantes e Turbidez, conforme NBR 13.969/97 que classifica a atividade de reuso e o CONAMA N° 430/11 que estabelece condições e padrões do tratamento de efluente. Após vinte dias, apenas a área irrigada com efluente doméstico tratado apresentou um melhor desenvolvimento da grama, ausência de erva daninha e sem exposição do solo. Entretanto a área irrigada com água da concessionária apresentou baixo crescimento, o crescimento de erva daninha e exposição do solo com espaço entre a grama, prejudicando na absorção de nutrientes.

Palavras-chave: Esgoto, tratamento, reuso.

I INTRODUÇÃO

A água é o elemento fundamental para a vida e é um dos recursos preciosos no planeta, compondo mais de 60% da fisiologia do corpo humano, e dada sua importância, em busca de sobrevivência o homem sempre procurou instalar-se, sempre que possível próximo de mananciais e outras fontes deste recurso [1].

A água é um recurso finito e essencial à sadia qualidade de vida assim como o meio ambiente ecologicamente equilibrado, mantendo os seres vivos, como meio de vida de várias espécies, como componente de valores sociais e culturais, além de enorme fator de produção no desenvolvimento de diversas atividades econômicas [2].

O reuso de água é um fator primordial para a qualidade ambiental e vem sendo adotado desde muito tempo pela humanidade, devido à preocupação com a escassez, principalmente em regiões onde ela não existe em quantidades generosas [3, 4]. Com o passar dos anos, as técnicas foram aperfeiçoando e atualmente, uma gama de opções de equipamentos e técnicas está disponível, sendo uma delas a utilização do efluente da estação de tratamento de esgoto doméstico [5].

O Brasil passou a ter uma política sólida há pouco tempo voltado para recursos hídricos. Com a política de gerenciamento dos recursos hídricos, Conama e normas brasileiras, inúmeros e diferentes sistemas de tratamento de efluentes de origem urbana, industrial e agrícola foram implantados e desenvolvidos para atender as exigências legais das legislações vigentes no que se refere ao uso e manejo da água [6].

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, na NBR 13.969 [7], item nº 5.6 – Reuso Local (ABNT 1997), destaca que o esgoto de origem essencialmente doméstica, após tratamento pode ser reutilizado para atividades que exigem qualidade para fins menos nobres, mas sanitariamente segura, como: irrigação de jardins, lavagem de pisos e carros, descarga de vasos, manutenção paisagística, irrigação de campos agrícolas e pastagens [8]. O grau de tratamento é estabelecido pela norma no reuso menos e mais exigente, sendo definidas classificações e respectivos valores de parâmetro do efluente para reuso. Classe 1: Lavagem de carros; Classe 2: Lavagem de pisos e irrigação de jardim; Classe 3: Descargas em vasos sanitários; Classe 4: Reuso na pastagem para gados [9].

Em Manaus, a legislação usada para reuso de efluente é a Lei nº 1.192 de 31 de Dezembro de 2007, o Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas edificações – PRO-ÁGUAS [10]. Os empreendimentos que implantarem, espontaneamente, o sistema de reuso de águas servidas, poderão requerer os incentivos previstos no Código Ambiental do Município de Manaus nº 605/01 [11], sendo concedidos à pessoa física ou jurídica que invistam na melhoria da qualidade ambiental [12].

O reuso de água foi uma das questões primordiais da Agenda 21, foi recomendado aos países participantes da ECO 92, a implantação de políticas de gestão para uso e reciclagem de efluentes, com práticas ambientais adequadas e a proteção da saúde pública [13]. Tornando disponíveis informações, instrumento e tecnologias apropriadas para encorajar e tornar operacional o sistema de reuso de água, sendo uma proteção de qualidade das fontes de abastecimento e dos ecossistemas aquáticos [14].

Atualmente, o uso de efluente tratado para irrigação de jardins vem aumentando aos poucos, pois ainda há falta de conhecimento do reuso do efluente e a falta de profissional capacitado em muitas empresas [15-17]. A aplicação do efluente tratado no solo é uma forma eficaz de controle da poluição dos

rios. Pesquisadores [5, 18, 19] afirmam que, o reuso de água planejado e administrado, traz melhorias ambientais contínuas e de condições de saúde pública, evitando a destinação sem tratamento do esgoto bruto nos rios; preservando recursos subterrâneos, principalmente em áreas; permitindo a conservação do solo, através da acumulação de “húmus”, aumentando a resistência à erosão.

Em estudos, efluente doméstico despejado *in natura* em solo com gramas Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*); Bermudas (*Cynodum dactylon*); Esmeralda (*Zoysia japônica*) e São Carlos (*Axonopus sp*), concluiu que é uma alternativa ótima e barata reduzindo gastos com fertilizantes e melhor proteção ao meio ambiente, obtendo resultados melhores resultados no desenvolvimento da grama, sem causar alterações nas qualidades dos solos e da água do lençol freático [20].

O tratamento de efluente doméstico é importante para a manutenção da vida dos corpos hídricos e controle de qualidade do mesmo, deve ser obedecido conforme legislação vigente para avaliar a eficiência da estação de efluente doméstico [21].

A função fundamental das Estações de Tratamento de Esgoto é colaborar com Ciclo Hidrológico, para que a água retorne sem oferecer riscos ao meio ambiente [22]. A água não tem qualidades para consumo nobres após a saída das estações de tratamento, porém pode ser reutilizada nas atividades que não necessitam de água potável, como a prática de irrigação na jardinagem, contribuindo para redução de gastos e a sustentabilidade sem afetar as futuras gerações para o uso deste recurso [23]. O uso de efluente tornou-se uma atividade essencial nesse processo, promovendo o uso da água de forma racional. Em busca de melhorar a qualidade e uso consciente dos recursos hídricos para que todos tenham acesso a este bem precioso, o estudo presente visa a viabilidade do uso do efluente doméstico proveniente de tratamento biológico como alternativa no processo de irrigação na jardinagem.

II MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na empresa do ramo de Eletroeletrônica, localizada no bairro Distrito Industrial I, município de Manaus, Estado do Amazonas (Figura 1). O clima da região é caracterizado tropical úmido, com temperatura média anual de 27.4°C, variando entre 24°C e 31°C. Possui duas estações distintas: chuvosa, de dezembro a maio, e a outra seca, de junho a novembro, com precipitação média anual de 2145mm.

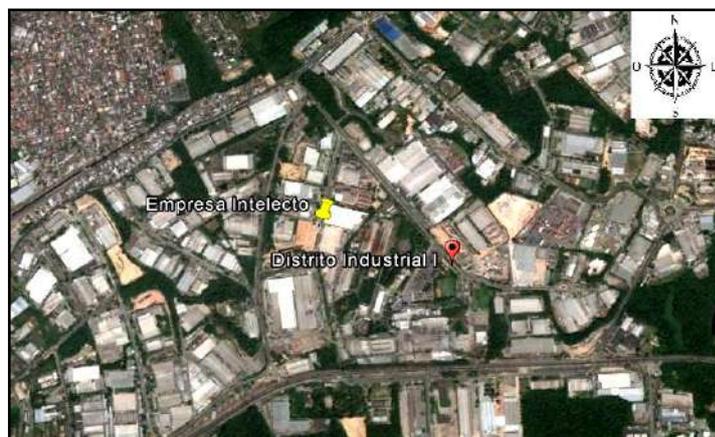


Figura 1: Vista panorâmica do bairro Distrito Industrial
Fonte: Google Earth, (2018).

O Sistema de Tratamento de Efluente Doméstico da empresa possui eficiência de 80% na remoção da matéria

orgânica, utilizando um processo de tratamento biológico que dispensa o uso de produtos químicos, dividido em quatro etapas: anaeróbia, aeróbia, decantação secundária e desinfecção. Foram utilizados dados secundários obtidos por meio de relatórios de análise da ETE biológica da empresa do meses de Março e Junho de 2018, para verificar a eficiência da estação na remoção dos agentes contaminantes. A ETE é caracterizada pela biodegradação da carga orgânica solúvel no efluente através de microorganismos anaeróbios e aeróbios. Com capacidade de tratamento de 1000 m³/dia.

O jardim da empresa é composto por grama Esmeralda (*Zoysia japonica*), usada em lugares ensolarados e utilizada em vários solos desde arenosos a argilosos. É uma espécie que se adapta a ambientes ensolarados, em solos arenosos a argilosos, apresentando folhas médias, cor esmeralda, grande número de estolões, formando um tapete de ótima resistência ao pisoteio [24]. É recomendada para a formação de jardins residenciais, áreas industriais, áreas esportivas e excelente para o controle de erosão. A grama Esmeralda apresenta melhor desenvolvimento com irrigação de água de reuso, alguns estudos [20] evidenciam maior absorção de nitrogênio descartando o tratamento com produtos químicos industriais. Possui alta taxa de crescimento e é indicada para formação de jardins nas empresas, residências e áreas esportivas [20]. Essa grama é usada em áreas de potenciais problemas de erosão e contensão de taludes, devido ao seu sistema radicular e rizomas, e desenvolve-se bem em áreas de plena insolação, tolerando um mínimo de sombreamento [25]. O estudo foi desenvolvido no jardim da empresa, onde foram separadas duas áreas para experimento. Cada área foi demarcada no tamanho de 1m² e separadas com uma ripa de 1,55m de comprimento e 10cm de largura.

A área 1 foi irrigada com Água da Concessionária (AC), e a área 2, com Água de Reuso (AR) proveniente da ETE Biológica. Ambas as áreas foram irrigadas duas vezes ao dia, as 06h00m e 18h00m, por vinte dias. Foi realizado o acompanhamento das duas áreas a cada dez dias para verificar tamanho, espaço entre a grama e a presença de erva daninha, conforme estudo dos autores [26].

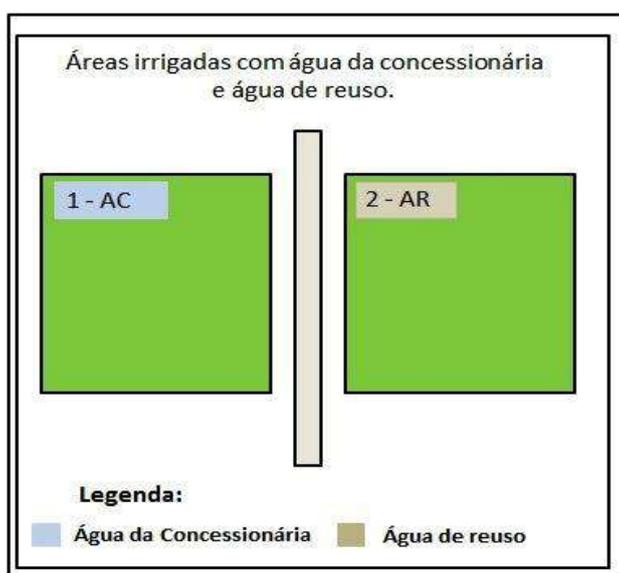


Figura 2: Representação esquemática das áreas irrigadas com água da concessionária e água de reuso.

Fonte: Autores, (2018).

Cada área foi irrigada com 10 L de suas respectivas águas, sendo 5 L pela manhã e 5 L a tarde, totalizando 200 L de

cada lado, o sistema adotado seguiu protocolo proposto pelo autor [27]. A distância das duas áreas foi de 1m, sendo irrigada apenas a grama Esmeralda (*Zoysia japonica*) duas vezes ao dia. O esgoto doméstico tratado foi captado na saída da ETE Biológica.

A ETE é composta por quatro etapas: Anaeróbia, aeróbia, decantação secundária e desinfecção. É um processo de tratamento biológico e o esgoto é caracterizado como doméstico.

Os parâmetros físicos – químicos e microbiológicos foram analisados através dos resultados de dados secundários fornecidos pela empresa, como: pH, demanda bioquímica de oxigênio - DBO, demanda química de oxigênio - DQO, Turbidez e Coliformes Termotolerantes. Os parâmetros analisados são sugeridos por Gerolineto (2008) para medir a eficiência da Estação através da irrigação na grama Esmeralda. Os parâmetros do efluente são analisados pelo laboratório credenciado de acordo com a resolução [28].

As coletas de dados da grama como: média da altura das gramas, espaço e a presença de erva daninha, foram realizadas a cada 10 dias, no total de 20 dias, quando a cultura apresentava diferença das duas áreas no seu desenvolvimento, seguindo a metodologia proposta pelo autor [24]. Após 20 dias a grama atingiu o desenvolvimento adequado para poda.

Para a irrigação da grama foi utilizada como base a Norma Brasileira - NBR 13.969/97 aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT [7], segundo a norma a água tratada proveniente de ETE biológica proveniente de esgoto doméstico pode ser reutilizada para fins menos nobres na classe II, onde aplicação do reuso pode servir para lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardim e fins ornamentais, tendo os parâmetros Coliformes Termotolerantes <500 e Turbidez <5.

III RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os dados secundários das amostras trimestrais do esgoto doméstico tratado proveniente da ETE biológica da empresa do segmento eletroeletrônico dos meses Março e Junho de 2018.

Tabela 1: Caracterização físico-química e microbiológica.

Parâmetros	CONAMA 430/11	NBR 13.969/97 Classe 2	Resultado das análises		
			1º Dado	2º Dado	Média
			Março /2018	Junho /2018	
pH ¹	5 – 9	-	7,12	7,13	7,125
DBO ² (mg/L)	120	-	18	19	18,5
DQO ³ (mg/L)	-	-	44	42	43
Turbidez (UNT ⁴)	-	<5	1,56	1,55	1,555
Coliformes Termotolerantes (MNP ⁵)	-	<500NMP	450	420	440

¹ Potencial Hidrogeniônico; ² Demanda Bioquímica de Oxigênio; ³ Demanda Química de Oxigênio; ⁴ Unidades Nefelométrica de Turbidez; ⁵ Número Mais Provável.

Fonte: Autores, (2018).

Conforme o resultado através dos parâmetros analisados o efluente doméstico apresentou eficiência no tratamento para a irrigação de jardim.

O valor do pH permaneceu dentro do padrão de tratamento de efluente conforme o CONAMA 430/11 [28]. Para irrigação, o recomendado para o desenvolvimento da cultura sem prejudicar o crescimento da grama é entre 6,0 e 8,0 de pH [26]. Valores acima e abaixo podem acarretar um crescimento reduzido e a morte da

grama, causando espaçamento entre a grama e menor cobertura do solo [29].

O resultado da DBO apresentou valores dentro do estabelecido [28], onde o valor máximo permitido é de 120mg/L. O que diferencia as ETE's de efluente doméstico é o tratamento biológico com etapas aeróbica e anaeróbica, pois é medida a eficiência da estação através do nível de DBO após o tratamento [30]. Valores de DBO que são inferiores a 100mg/L não afetam a absorção de água pelas raízes das plantas [31]. Porém, o autor [32] recomenda que os valores de DBO para irrigação de gramas não devem ser superiores a 30mg/L, assim fortalecendo a grama e aumentando sua resistência a pisoteio.

Os valores dos resultados da DQO nos 1º e 2º dados foram superiores a DBO, a relação DQO/DBO desse efluente foi de 2,3 indicando o processo de tratamento biológico. Valores entre 1,7 e 2,4 indica que a parcela biodegradável se apresenta em maior concentração e em relação a isso o tratamento biológico é o recomendado, valores acima de 2,4 é recomendado tratamento físico – químico do efluente [33]. A DQO é útil sendo utilizada em conjunto com a DBO para analisar a biodegradabilidade e a eficiência da ETE biológica de esgoto proveniente doméstico [34]. Entretanto para o autor [29], valores de DQO acima de 200mg/L, não é recomendado para irrigação de jardim e áreas paisagísticas, pois com elevados valores causaram a proliferação de microorganismos levando odor na área irrigada. Para que se obtenha sucesso no tratamento de efluente doméstico é recomendável um sistema de tratamento biológico [26]. Os valores dos dados de turbidez estão dentro do estabelecido e indica uma boa eficiência na remoção, de acordo com a NBR 13.969 o efluente esta dentro do valor máximo permitido para classe 2 – reuso na irrigação de jardinagem onde é <5 [35]. Fatores responsáveis pela turbidez na água são os sólidos que ficam em suspensão, podendo ser de fonte antropogênica ou natural, sendo de origem antropogênica a água pode oferecer sérios riscos a saúde visto que contem microorganismos patogênicos e compostos tóxicos, devido este parâmetro a água turva fica com uma aparência desagradável, também podendo prejudicar no processo de fotossíntese no caso do seu reuso na irrigação, onde a passagem de luz é importante para o processo [36]. A turbidez não é usada como controle de esgoto, mas é medida para caracterizar a eficiência do tratamento, atualmente o tratamento de esgoto doméstico apresenta algumas alternativas importantes, seja como polimento do efluente ou pela necessidade do reuso para fins não potáveis, pela importância da recarga do lençol freático e até mesmo pela adequação da qualidade antes de atingir os corpos receptores[37].

Os resultados sobre os Coliformes Termotolerantes obtidos nos dados atendem ao padrão estabelecido para reuso, mostrando a eficiência da ETE. A presença de Coliformes Termotolerantes superiores a 500NMP no efluente visando o reuso na irrigação de grama é proibido, pois indica contaminação e possibilita afirmar a presença de enteropatógenos [27]. Neste caso, a NBR 13.969/97 [7] determina este parâmetro para condições de reuso de <500NMP, permitindo somente aplicação em parques públicos, campos esportivos, gramas e lavagem de piso [5]. Resultados acima do permitido, conforme norma [29], obteve efluente impróprio para irrigação, podendo causar contaminação da grama irrigada.

No Brasil, a única norma utilizada para padrões de qualidade no reuso de água é a NBR 13.969 [7]. Essa norma descreve a acerca do reuso planejado e a qualidade exigida para fins não potáveis do efluente de tanque séptico [38]. As classes de acordo com a NBR 13969/97 [7] estão descritas (Tabela 1) para cada tipo de reuso.

Tabela 2: Classes e fins destinados ao reuso de acordo com a NBR 13969/97.

Classes	Fins
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto com a água.
Classe 2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.
Classe 3	Reuso nas descargas dos vasos sanitários.
Classe 4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Fonte: [7].

A Tabela 3 apresenta a caracterização do efluente com base na média dos dados secundários dos parâmetros Coliformes Termotolerantes e Turbidez dos resultados dos relatórios de análise da ETE Biológica, realizando uma comparação com os padrões exigidos pela norma para reuso na irrigação de jardim.

Tabela 3: Parâmetros para reuso conforme sua classe.

Parâmetro	Média dos dados Referentes a Set/15, Dez/15 e Mar/16	Padrão Exigido	
		Classe 2	Aplicação
Coliformes Termotolerantes	440 NMP ¹	<500NMP ¹	Lavagem de pisos, calçadas, irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos.
Turbidez	1,55 UNT ²	<5UNT ²	

¹ Número Mais Provável; ² Unidades Nefelométrica de Turbidez.

Fonte: [7].

Através dos resultados foi possível avaliar os parâmetros que determinam a qualidade do efluente para reuso conforme a classe dois, que determina o valor permitido para reuso da água na irrigação.

Os valores das médias dos parâmetros Coliformes Termotolerantes e Turbidez apresentados na tabela anterior para o processo de jardinagem. A ETE biológica da empresa é composta por quatro fases, a segunda etapa é a aeróbia, nesta etapa a microfauna existente é composta por bactérias, protozoários, leveduras, fungos e micro metazoários onde são utilizados para oxidar o restante da matéria orgânica derivada da etapa anaeróbia.

Conforme a NBR, na classe dois é satisfatório o tratamento biológico seguido de desinfecção [26]. A desinfecção é um item opcional, a cloração é feita para ter uma eficiência na redução de microorganismos da água, porém não é solicitada a análise do cloro nos casos onde a ETE mostra eficiência na remoção dos contaminantes [29].

As valores dos parâmetros coliformes termotolerantes e turbidez dentro do máximo permitido, pode haver o reuso do efluente doméstico na irrigação de jardim conforme NBR [7]. Em estudo [27] foram encontrados valores na análise dos coliformes termotolerantes e turbidez acima do permitido, onde a estação mostrou baixa eficiência devido a falta de manutenção e acompanhamento do relatório das análises dos parâmetros

O efluente de origem doméstica após tratamento biológico pode ser reaproveitado para atividades que não exigem qualidade de água potável, porém sendo sanitariamente segura [36].

Neste estudo é possível observar que os parâmetros utilizados para avaliar o reuso da água no processo de jardinagem estão de acordo com o valor máximo permitido determinado pela NBR 13.969/97 [7], onde se enquadra até para o uso do efluente tratado na descarga de vaso sanitário, lavagem de carro e piso.

Foram separadas duas áreas do jardim, área A e área B, onde A foi irrigada com água da concessionária e B com água tratada da estação da ETE doméstico (Figura 3).

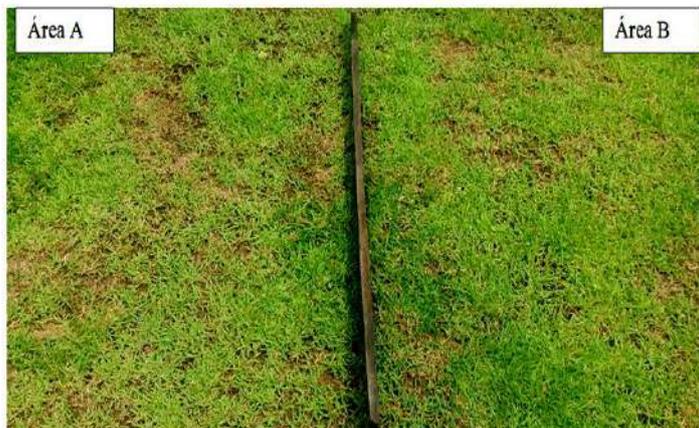


Figura 3: (Área A) jardim a ser regado com água da concessionária. (Área B) jardim a ser regado apenas com água tratada da estação de tratamento.

Fonte: Autores, (2018).

A área delimitada não recebeu sombra, pois esta grama apresenta dificuldades no seu crescimento em áreas sombreadas, e não recebeu qualquer tipo de tratamento para uma melhor qualidade da grama. Estava sendo regada apenas com água da concessionária, com algumas gramas amareladas, rizomas aparentes e com grandes espaços. Quando a terra não é cuidada a grama fica falha com rizomas aparentes e raízes gastas, com isso as ervas daninhas se aproveitam dessa falta de cuidado e invadindo tirando o pouco nutriente disponível para grama [26], conforme Figura 4.



Figura 4: Região do jardim com presença de ervas daninha.

Fonte: Autores, (2018).

Em época de calor intenso a grama é podada a cada vinte ou trinta dias dependendo do seu crescimento, enquanto em períodos chuvosos a grama é podada a cada vinte dias. Durante o estudo grama não foi podada por vinte dias avaliar a área.

A área A foi irrigada com água da concessionária onde houve um pequeno crescimento da grama após os 20 dias de irrigação, coloração verde clara, muitos espaços entre a grama e com raízes secas, conforme Figura 5.



Figura 5: Grama regada com água da concessionária.

Fonte: Autores, (2018).

Em estudos semelhantes [20] duas espécies de gramas Esmeralda (*Zoysia japonica*) e Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*), foram irrigadas com água de concessionária, as duas espécies não foram podadas no período de quinze dias, onde mostraram crescimento lento e clareamento da cor semelhante ao presente estudo.

Um das causas do gramado de cor clara é a falta de nitrogênio, sendo um nutriente importante também para o crescimento, com a falta a grama tem um crescimento lento. Aplicação de fertilizante nitrogenado pode substituir a falta ou a pouca disponibilidade de nitrogênio do solo, esta aplicação ajuda uma coloração mais escura e um rápido crescimento [39].

Na Área B (Figura 6) a grama apresentou melhor desempenho apenas irrigada com água da ETE, proporcionando um aumento na cobertura do solo pela grama, apresentando um verde intenso e brilhante, sem abertura na grama abertas e rizomas resistentes, resultados semelhantes ao estudo de Santos (2014). É de fundamental importância também que o ambiente receba luz, sendo refletidas no crescimento da grama. Aparentemente apresentou melhor absorção de nutrientes recebidos pela ETE.



Figura 5: Grama regada com água de efluente doméstico da estação (Área B).

Fonte: Autores, (2018).

Após vinte dias de irrigação em um estudo semelhante, apenas com a água de reuso da ETE Biológica de esgoto doméstico houve uma mudança no desenvolvimento do gramado devido à concentração de Nitrogênio nessa água. O nitrogênio é o mineral com maior absorção pelas gramas e mantido em níveis adequados promove a eficácia, a estética e a sua recuperação. Porém, quando a quantidade de nitrogênio do solo é insuficiente, são necessárias aplicações regulares de fertilizante nitrogenado para um melhor desenvolvimento da grama [24].

A Esmeralda é uma espécie de grama para clima quente, pois são melhores adaptadas em temperaturas de 27° a 40°C, mesmo quando irrigada com água de reuso, o seu crescimento se torna mais lento em épocas com temperaturas abaixo de 10°C e exposta a pouca luz solar [20].

Após dez dias de irrigação, a área A apresentou média de crescimento da grama de 1,36cm, a área B apresentou média de 2,5cm, uma diferença de crescimento entre as duas áreas de 1,14cm, onde a área B mostrou crescimento rápido da cultura devido efluente ser proveniente de tratamento biológico. Em estudo semelhante [32], após dez dias as gramas irrigadas com água da concessionária tiveram média de 1,6cm enquanto a grama irrigada com efluente doméstico tratado apresentou média de 3,2cm, pois o tipo de tratamento recomendado pela NBR 13.969 para o efluente doméstico é que seja biológico em caso reutilização da água tratada para irrigação de jardins, praças e parques devido melhor desenvolvimento das culturas devido nutrientes.

Após vinte dias fez-se uma comparação visual das duas áreas (Figuras 6).



Figura 6: Áreas estudadas após os vinte dias do início do experimento.

Fonte: Autores, (2018).

Ao fim do experimento a área A após os vinte dias a grama atingiu média de crescimento de 2,78cm, enquanto a área B atingiu a média de 4,08cm, apresentando um verde escuro e sem a presença de erva daninha, os resultados mostraram que o desenvolvimento e qualidade da grama foram satisfatórios com a irrigação da água de reuso. Resultados semelhantes também foram observados por [20], onde após fazer reuso de água de efluente doméstico proveniente da ETE biológica na irrigação de gramas Santo Antônio, Bermudas, São Carlos e Esmeralda, apenas a grama Esmeralda mostrou melhor desempenho em temperatura a 31°C, devido sua resistência a altas temperaturas, a grama apresentou maior absorção de nutrientes, indicando crescimento mais rápido e maior cobertura do solo. Com temperatura a 17°C a grama Esmeralda teve desenvolvimento lento quando irrigada com efluente doméstico e grandes espaços.

Também foi observado que na Área B houve crescimento de novas gramas, pouco espaço aberto e o tamanho de cada grama conforme o tipo de irrigação.

Em um estudo com o objetivo de avaliar a interferência da água residuária e da concessionária, o efluente de esgoto doméstico tratado foi utilizado na irrigação da grama Bermuda. Os tratamentos aplicados foram irrigação com água e irrigação com efluente de esgoto doméstico, foi avaliada a altura das plantas, aumento de grama e declividade. Os resultados obtidos demonstraram que reuso de água tratada foi vantajoso para os atributos da grama, a eficiência da estação de tratamento mostrou-se acima de 70% podendo fazer o reuso não somente para o jardim, mas para lavagem dos pisos e descarga dos vasos sanitários [40].

O efluente de esgoto doméstico tratado pode ser utilizado na jardinagem, podendo substituir ou reduzir a quantidade de água com qualidade superior que seria utilizada. O nitrogênio é um constituinte importante da clorofila, a molécula que captura luz solar no processo da fotossíntese, se o nitrogênio for limitado os níveis de clorofila são diminuídos. Devido os coliformes termotolerantes estarem abaixo do valor máximo permitido [7], conforme estudos a utilização da água de reuso não contaminaria a grama.

Por meio deste projeto foi desenvolvido um sistema para irrigação com reuso do efluente gerado na empresa, destinado a irrigação de plantas que estão no jardim, onde foi colocado uma caixa d'água de 500 ml para captar ao efluente para que fosse utilizada no auxílio da irrigação.

IV CONCLUSÃO

Os parâmetros analisados foram: Coliformes Termotolerantes, DBO, DQO, pH, Temperatura e Turbidez. De acordo com a resolução Conama nº 430 de 2011 [28] e estudos semelhantes[24, 29, 40], os resultados revelaram a eficiência da estação de tratamento de efluente doméstico possibilitando o reuso da água tratada para fins menos nobres, como a irrigação do jardim da empresa. Depois de tratado, o efluente pode ser reaproveitado para atividade que não exige qualidade de água potável e que seja sanitariamente seguro, os resultados dos parâmetros para reuso estão dentro do valor máximo permitido [7]. Pode ser utilizada para lavagem de carro e pisos, descarga em vasos sanitários, irrigação de pastagens e irrigação de jardim, sendo esse último o objeto de estudo do presente trabalho. Como fonte alternativa, o efluente tratado mostrou-se satisfatório, não havendo prejuízos para a grama. Foi possível perceber um aumento no crescimento, qualidade, resistência e estética da grama, apresentando pouco espaço entre as mesmas e consequentemente ausência de ervas daninhas no gramado. Áreas com grama são capazes de recuperar a qualidade dos solos e ainda reduzir o efeito estufa, pois a grama consome gás carbônico e produz oxigênio melhorando a qualidade do ar que respiramos, podendo também auxiliar no crédito de carbono. Além disso, os gramados absorvem calor garantindo o maior conforto térmico no seu entorno.

O presente estudo avaliou o efeito positivo do uso da água oriunda da estação de tratamento de efluente doméstico para o sistema de jardinagem. Os resultados confirmam que é possível uma redução ou substituição da água da concessionária utilizada para fins menos nobres e que não necessitem de potabilidade, reduzindo ainda o desperdício de água e auxiliando na preservação dos recursos hídricos visando à melhoria da sustentabilidade.

V REFERÊNCIAS

- [1] J. S. Neto, A. C. Craveiro, J. B. L. de Pontes Medeiros, and R. M. de Souza Mendes, "Água e poluição."
- [2] M. C. F. Pelicioni, "Educação ambiental, qualidade de vida e sustentabilidade," *Saúde e sociedade*, vol. 7, pp. 19-31, 1998.
- [3] L. Boff, *Sustentabilidade: o que é-o que não é*: Editora Vozes Limitada, 2017.
- [4] J. C. Mierzwa and I. Hespanhol, *Água na indústria: uso racional e reúso*: Oficina de Textos, 2005.
- [5] P. C. S. Mancuso and H. F. dos Santos, *Reúso de água*: Editora Manole Ltda, 2003.
- [6] A. A. Setti, J. Lima, A. d. M. Chaves, and I. d. C. Pereira, "Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos," *Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica*, p. 328, 2001.
- [7] ABNT, "ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS," *NBR 13969 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.*, 1997.
- [8] J. d. L. Rego, E. d. Oliveira, A. F. Chaves, A. P. B. Araújo, F. M. L. Bezerra, A. d. Santos, et al., "Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia," *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 9, 2005.
- [9] V. M. C. FERNANDES, "Padrões para reúso de águas residuárias em ambientes urbanos," ed, 2017.
- [10] PRO-ÁGUAS., "Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas edificações - Lei Nº 1.192 31 de dezembro de 2007," *Diário Oficial do Município de Manaus* vol. Edição:1886, pp. Páginas: 6, 7 e 8., 2007.
- [11] P. M. d. Manaus, "Lei Nº 605, de 24 de Julho de 2001 - Código Ambiental do Município de Manaus", Manaus, 24 de julho de 2001.
- [12] R. Tassi, D. G. A. Piccilli, S. C. Brancher, and C. A. Roman, "Preferências da população de diferentes estratos sociais no manejo das águas pluviais urbanas," *Ambiente Construído*, vol. 16, pp. 39-52.
- [13] L. R. Corrêa, "Sustentabilidade na construção civil," *Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil)-Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais*, 2009.
- [14] K. G. Backes, "Danos ambientais associados ao método de plantio de arroz pré-germinado," 2017.
- [15] T. Shubo, "Sustentabilidade do abastecimento e da qualidade da água potável urbana," *Escola Nacional de Saúde Pública. Fund. Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, Brasil*, 2003.
- [16] A. V. Hafner, "Conservação e reúso de água em edificações-experiências nacionais e internacionais," *Rio de Janeiro, RJ*, 2007.
- [17] O. A. C. Ramalho, "O reúso da água: uma solução sustentável para a Amazônia," 2011.
- [18] J. C. Derisio, *Introdução ao control de poluição ambiental*: Oficina de Textos, 2016.
- [19] P. de OLIVEIRA, "Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos," *Embrapa Suínos e Aves-Docmentos (INFOTECA-E)*, 1993.
- [20] A. R. Piedade, "Desenvolvimento vegetativo de quatro espécies de grama irrigadas com efluente de estação de tratamento de esgoto doméstico," 2004.
- [21] J. C. Rocha, A. H. Rosa, and A. A. Cardoso, *Introdução à química ambiental*: Artmed Editora, 2009.
- [22] L. H. d. Oliveira, "Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios," Universidade de São Paulo, 1999.
- [23] A. Rebouças, *Uso inteligente da água: Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda.*, 2015.
- [24] C. Backes, R. L. Villas Boas, C. P. d. Lima, L. J. G. d. Godoy, L. T. Büll, and A. J. M. Santos, "Estado nutricional em nitrogênio da grama esmeralda avaliado por meio do teor foliar, clorofilômetro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto," *Bragantia*, pp. 661-668, 2010.
- [25] M. E. Zanon, "Desenvolvimento de grama-esmeralda, grama-bermudas' Tifway 419'e' Celebration'submetidas a aplicação de reguladores de crescimento," 2015.
- [26] A. Piedade, R. Cruz, S. Campos, and R. Boas, "Desenvolvimento vegetativo de quatro espécies de grama irrigadas com efluente doméstico vegetative development of four grass species irrigated with effluent of domestic," 2009.
- [27] A. Cheavegatti-Gianotto, H. M. C. de Abreu, P. Arruda, J. C. Bespalhok Filho, W. L. Burnquist, S. Creste, et al., "Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): a reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil," *Tropical plant biology*, vol. 4, pp. 62-89, 2011.
- [28] R. CONAMA, "430/2011," *Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes*, 2011.
- [29] E. Gerolineto, "Desenvolvimento da grama esmeralda (*Zoysia japonica Steud*) sob dois manejos de irrigação," 2008.
- [30] M. M. Rigo, R. R. Ramos, A. A. Cerqueira, P. Souza, and M. Marques, "Destinação e reúso na agricultura do lodo de esgoto derivado do tratamento de águas residuárias domésticas no Brasil," *Gaia Scientia*, vol. 8, pp. 174-186, 2014.
- [31] I. Hespanhol, "Saúde pública e reúso agrícola de esgotos e biossólidos," *Reúso de águas. Barueri: Manole*, pp. 97-124, 2003.
- [32] M. d. F. Rosa, F. d. S. Santos, A. A. T. Montenegro, F. d. Abreu, D. Correia, F. d. Araújo, et al., "Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola," *Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*, 2001.

- [33] E. Sanguineto, "**Design Ecológico: projetando e construindo tecnologias vivas para o tratamento de efluentes domésticos com reúso das águas,**" Dissertação. Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos-MEMARH. Universidade Federal de Itajubá-UNIFEI. Itajubá: 2010, 228p, 2010.
- [34] M. Schlusaz, "**Avaliação da eficiência da estação de tratamento de efluente (ETE-Ronda, Ponta Grossa-PR) através da análise de parâmetros físico-químicos,**" Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.
- [35] L. A. Salomão, "**Irrigação de eucalipto com efluente sanitário de lagoa facultativa= avaliação da produtividade agrícola,**" 2012.
- [36] M. Von Sperling, *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos* vol. 1: Editora UFMG, 1996.
- [37] G. GIORDANO, "**Tratamento e controle de efluentes industriais,**" *Revista ABES*, vol. 4, 2004.
- [38] M. R. Peters, "**Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial,**" 2006.
- [39] C. M. Kojoroski-Silva, S. M. SCHEFFER-BASSO, V. A. Klein, C. M. Carneiro, and M. Guarienti, "**Crescimento estacional das grammas esmeralda, tapete e tifton 419 em condições sutropicais úmidas do sul do brasil sob distintos preparos de solo,**" *Current Agricultural Science and Technology*, vol. 18, 2012.
- [40] I. L. de Almeida Dantas, G. G. Faccioli, L. C. Mendonça, T. P. Nunes, P. R. A. Viegas, and L. O. G. de Santana, "**Viability of using treated wastewater for the irrigation of radish (*Raphanus sativus* L.),**" *Ambiente e Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, vol. 9, pp. 109-117, 2014.



Low Cost Automatic Series Linear Setup System

Cleiton Mafra de Carvalho¹, Jorge Nazareno Maciel de Medeiros², Elda Nunes de Carvalho³

^{1,2,3} Centro Universitario do Norte (UNINORTE) - Av. Leonardo Malcher, 715 - Centro, Manaus - AM, 69020-010.

Email: cmcmafra@gmail.com, jorgemedeiros1@live.com, elda.carvalho@uninorte.com.br

ABSTRACT

Received: September 17th, 2018

Accepted: October 25th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The present work intends to show the implementation of an automatic linear screwing system in the assembly line of a company of the industrial pole of Manaus (PIM), where this serial process allows the application of an usual resource used in several companies seeking high productivity, aiming at the interaction of technologies that can be applied in industry 4.0 or in other production sectors. For the theoretical reference of this project, we analyzed important fundamentals law of pneumatics, pneumatic cylinders and actuators, pneumatic valves, magnetic sensors, theoretical force calculation, actuator piston diameter, life expectancy, linear guides, machining processes, principles of automation, basic electronics, articles and academic papers with similar themes (bolting of plastic parts in series production), manufacturers' equations that specify model and application, 3D computer system (Autodesk Inventor Educational) for design development and assembly simulation. For this purpose a project management tool is utilized where it organizes all the work in important stages: problematic or root cause, project intent, 3d design concept, detail design, manufacturing, assembly, testing, deployment and approval. However, through the implementation of this project, the bibliographical references and analysis of data collected, it was possible to obtain efficient improvements of the screwing process, aiming at the implantation in future workstations, reducing waste, eliminating ergonomic problems and increasing productivity.

Keywords: Bolting, Efficiency, Cost.

Sistema de aparafusamento linear em série automático de baixo custo

RESUMO

O presente trabalho pretende mostrar, a implantação de um sistema de parafusamento linear automático na linha de montagem de uma empresa do polo industrial de Manaus (PIM), onde o processo em série, possibilita a aplicação de um recurso utilizado em várias empresas que buscam a alta produtividade, visando a interação das tecnologias que podem ser aplicadas na indústria 4.0 ou em outros setores de produção. Para o referencial teórico desse projeto, foram analisados fundamentos importantes da pneumática, cilindros e atuadores pneumáticos, válvulas pneumáticas, sensores magnéticos, cálculo de força teórica, diâmetro do êmbolo de atuadores, estimativa de vida útil, guias lineares, processos de usinagem, princípios de automação, eletrônica básica, artigos e trabalhos acadêmicos com temática similar (aparafusamento de peças plásticas na produção em série), equações dos fabricantes que especificam modelo e aplicação, sistema computacional 3D (Autodesk Inventor Acadêmico) para produção de design e simulação de montagem. Para isso usa-se uma ferramenta gestão de projetos; onde organiza todo o trabalho em etapas importantes: problemática ou causa raiz, intenção de projeto, concepção do projeto em 3d, projeto detalhado, manufatura, montagem e testes, implantação e aprovação. Contudo, através da implantação desse projeto, das referências bibliográficas e análise de dados coletados, foi possível obter melhorias eficientes do processo de aparafusamento, visando a implantação em futuros postos de trabalho, reduzindo o desperdício, eliminado problemas de ergonomia e aumentando a produtividade.

Palavras-chaves: Aparafusamento, Eficiência; Custo.

I INTRODUÇÃO

Segundo o Sindicato dos Metalúrgicos do Amazonas, os trabalhadores do polo industrial de Manaus (PIM), sofrem lesões ou doenças por esforço repetitivo (LER), hérnia de disco, bursite, tendinite, e problemas com o punho e cotovelo, justamente por ocupar postos de trabalhos onde o processo é manual e anti-ergonômico. Na maioria das vezes, nesses postos são implantados os processos de parafusamento e seguem o ritmo da esteira da linha de produção com o objetivo de atender o plano de produção. A produção em série exige dos operadores uma atenção dedicada durante toda a jornada de trabalho, consequentemente quando o colaborador não está bem fisicamente ou psicologicamente, problemas de qualidade surgem todos os dias.

Segundo [1], diante das pressões competitivas do mercado, as empresas sempre precisam introduzir novos produtos em tempo mais curto possível. Então, a maneira mais fácil e econômica de alcançar esse objetivo é projetar um método de trabalho manual que faça uso de uma sequência de estações de trabalho operando de forma independente.

Visando atender a demanda de produção de medidores elétricos e reduzir os custos de fabricação, considera-se de uma importância a automação do processo de fabricação. Surgiu então, a necessidade de criar um projeto que englobasse essa etapa, atendendo à produção e às especificações do produto e processo. O mercado consumidor, adquire o produto e agrega o valor comercial para sua necessidade. Por isso a necessidade de fabricar um produto com valor acessível, está diretamente ligado ao melhoramento de desempenho de cada processo dentro da unidade industrial.

A proposta então é desenvolver um sistema automático de parafusamento e diminuir os impactos causados pelo trabalho manual como a LER e alguns problemas de qualidade.

Para analisar o problema iniciou-se indo ao local de produção e observou-se todo processo, todos os movimentos, todas as dificuldades, verificação do "ciclo time", quantidade de peças produzidas, quantidade de peças rejeitadas, alimentação de parafusos e outros parâmetros necessários para implantar um novo sistema.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

II.1 ESTRATÉGIA DE MIGRAÇÃO PARA A AUTOMAÇÃO

Para [1], muitas empresas possuem uma estratégia de migração para a automação, ou seja, um plano formalizado para a evolução dos sistemas de produção utilizados no processo de novos produtos à medida que a demanda aumenta. As migrações típicas são divididas em três fases:

Fase 1: *Produção manual* utilizando uma única célula tripulada que opera de forma independente. É utilizada na introdução de um novo produto e que podem ser feitas rapidamente e a um baixo custo.

Fase 2: *Produção automatizada* utilizando uma única célula automatizada que opera de forma independente. À medida que aumenta a demanda pelo produto e fica claro que a automação se justifica reduzindo a mão de obra e aumentando a produção. As peças ainda são movidas manualmente entre as estações de trabalho.

Fase 3: *Produção automatizada integrada* utilizando um sistema automatizado multiestação com operações em série e

transferência automatizada das unidades de trabalho entre as estações. Tendo certeza que o produto será produzido em massa, a interação das células reduzirá mão de obra e aumentará a taxa de produção.

Segundo [1], existem muitas vantagens nessa estratégia:

- Permite a introdução do novo produto no menor tempo possível, já que as células de produção baseadas nas estações de trabalho manual são mais fáceis de ser projetadas e implementadas.

- Viabiliza a introdução gradual da automação (em fases planejadas) e, à medida que a demanda pelo produto aumenta, realiza alterações na engenharia do produto e aloca tempo para um trabalho completo de projeto nos sistemas de produção automatizados.

- Evita o comprometimento com um alto nível de automação desde o início, já que sempre existe o risco de a demanda do produto não justificar a automação.

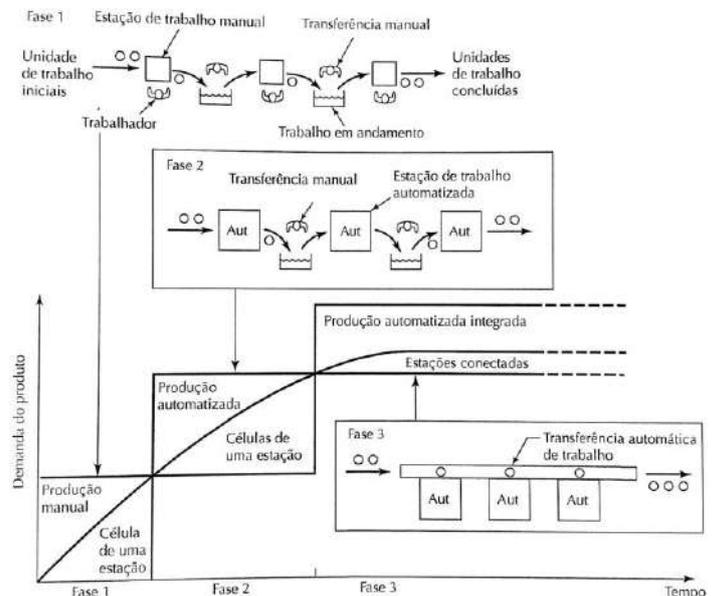


Figura 1: Representação das fases de migração.

Fonte: Adaptados de [1].

II.2 A HISTÓRIA DA PNEUMÁTICA

Um longo caminho foi percorrido, das máquinas impulsionadas por ar comprimido na Alexandria aos engenhos pneumo-eletrônicos de nossos dias. Portanto, o homem sempre tentou aprisionar esta força para colocá-la a seu serviço, com um único objetivo: controlá-lo e fazê-la trabalhar quando necessário. Atualmente, o controle do ar suplanta os melhores graus da eficiência, executando operações sem fadiga, economizando tempo, ferramentas e materiais, além de fornecer segurança ao trabalho. O termo pneumático é derivado do grego Pneumos ou Pneuma (respiração, sopro) e é definido como a parte da Física que se ocupa da dinâmica e dos fenômenos físicos relacionados com os gases ou vácuos. É também o estudo da conservação da energia pneumática em energia mecânica, através dos respectivos elementos de trabalho [2].

Segundo [2], "O ar comprimido vem encontrando, cada vez mais, campo de aplicação na indústria, assim como a água, a energia elétrica, etc. Somente na segunda metade do século XIX é que o ar comprimido adquiriu importância industrial. No entanto, sua utilização é anterior a Da Vinci, que em diversos inventos dominou e usou o ar. No Velho Testamento, são encontradas

referências ao emprego do ar comprimido: na fundição de prata, ferro, chumbo e estanho. A história demonstra que há mais de 2000 anos os técnicos construíam máquinas pneumáticas, produzindo energia pneumática através de um pistão. Como instrumento de trabalho utilizavam um cilindro de madeira dotado de êmbolo. Os antigos aproveitavam ainda a força gerada pela dilatação do ar aquecido e a força produzida pelo vento. Em Alexandria (centro cultural vigoroso no mundo helênico), foram construídas as primeiras máquinas reais, no século III a.C. Neste mesmo período, Ctesibios fundou a Escola de Mecânicos, também em Alexandria, tornando se, portanto, o precursor da técnica para comprimir o ar. A Escola de Mecânicos era especializada em Alta Mecânica, e eram construídas máquinas impulsionadas por ar comprimido.

A pneumática é aplicada em diversos setores na era moderna como: prensas pneumáticas, dispositivos de fixação, máquinas CNC, parafusadeiras, porta de veículos, alimentações pneumáticas automáticas, entre outros.

II.2.1 ATUADORES LINEARES PNEUMÁTICOS

Os atuadores ou cilindros pneumáticos são dispositivos que transformam a energia potencial do ar comprimido em energia cinética ou em prensões. Basicamente consistem em um recipiente cilíndrico provido de um êmbolo ou pistão (conforme figura 2). Ao introduzir-se uma certa vazão de ar comprimido, este se expande dentro da câmara e provoca um deslocamento linear. Se for acoplada uma haste rígida ao êmbolo, este mecanismo será capaz de empurrar um corpo, ou simplesmente prendê-lo [3].



Figura 2: Cilindro Pneumático Linear.
Fonte: Autores, (2018).

A força é proporcional à pressão do ar e à superfície do pistão:

$$F = p \cdot A \quad (1)$$

Onde:

F = Força

p = Pressão manométrica

A = Área do êmbolo ou pistão

Cálculo da Área do êmbolo:

$$A = \pi D^2/4 \quad (2)$$

Onde:

F = força (kgf)

P = pressão de trabalho (kgf/cm², bar)

A = Área do êmbolo (cm²)

D = Diâmetro do êmbolo (cm)

$\pi = 3,14$

Além da força requerida para a movimentação da carga, temos a força de atrito estático e a força de atrito dinâmico, que além de agirem externamente, agem na parte interna do atuador, os coeficientes de atrito gerados se alteram conforme a aplicação da carga, da natureza dos materiais e seu acabamento, bem como a velocidade de deslocamento e o tipo de lubrificação, assim devemos aplicar um fator de correção ϕ , observe o Tabela 1 com alguns fatores de correção [3].

Tabela 1: Fatores de correção para tipo de operações.

Velocidade de deslocamento da haste do atuador	Exemplo	Fator de correção
Lenta e carga aplicada somente no fim do curso	Operação de Rebitagem	1,25
Lenta e carga aplicada em todo desenvolvimento do curso	Talha Pneumática	1,35
Rápida com carga aplicada somente no fim do curso	Operação de Estampagem	1,35
Rápida com carga aplicada em todo desenvolvimento do curso	Deslocamento de mesas	1,5
Situações gerais não descritas anteriormente	-----	1,25

Fonte: Adaptados de [3].

Ao aplicar o fator de segurança na equação (2) e evidenciando o diâmetro do atuador tem-se:

$$D = \sqrt{\frac{F \times \phi}{\pi \times P}} \quad (3)$$

II.2.2 CONSUMO DE AR NOS CILINDROS

O cálculo do consumo de ar nos cilindros pneumáticos é muito importante quando se deseja conhecer a capacidade do compressor necessário para abastecer a demanda de uma instalação [4].

Pode-se calcular com a seguinte fórmula, ou mediante o gráfico anexo:

$$Q = (\pi/4) \cdot d^2 \cdot c \cdot n \cdot P \cdot N \cdot 10^{-6} \quad (4)$$

Onde:

Q = Consumo de ar (Nl/min)

d = Diâmetro do cilindro (mm)

c = Curso do cilindro (mm)

n = Número de ciclos completos por minuto

P = Pressão absoluta=Pressão relativa de trabalho + 1 bar

N = Número de ações do cilindro

(N=1 para simples ação, N=2 para dupla ação)

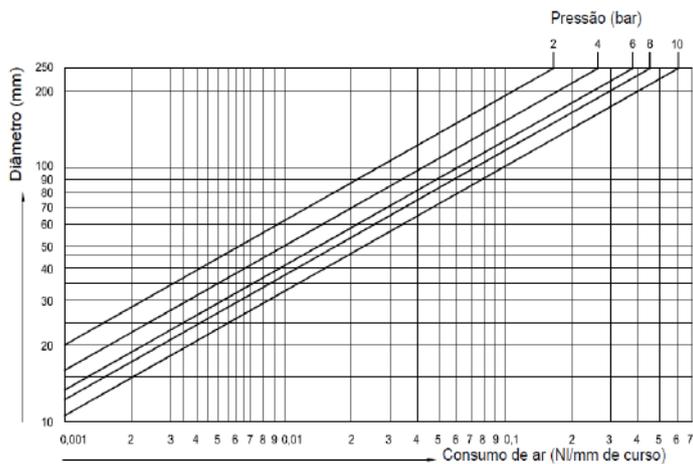


Figura 3: Consumo de ar nos cilindros.
Fonte: Adaptado de [5].

II.2.3 VIDA ÚTIL DOS CILINDROS PNEUMÁTICOS

O tempo de serviço médio é determinada com base em testes de desgaste a longo prazo [5], estes testes em geral são regulamentados pela norma ISO 19973 que discorre sobre os procedimentos e condições para teste de confiabilidade de cilindros pneumáticos. Para analisar estatisticamente os resultados dos testes e estimar esta vida é utilizada a análise de Weibull e outras análises de confiabilidade usadas na indústria para estimar a vida útil de componentes mecânicos. Os fabricantes dispõem de equações para análise de vida útil, vide exemplo abaixo a fornecida pelo [5].

$$MTTF = \frac{B10}{0,1 \times n} \quad (5)$$

MTTF = tempo médio para a falha (geralmente medido em anos)

B10 = O número de ciclos em que 10% dos componentes excederam os valores-limite para o teste de desgaste aplicado (especificado pelo fabricante).

n = Número de operações realizadas pelo atuador

Os valores B10 são definidos com base nos resultados de testes de desgaste a longo prazo com pelo menos 7 objetos de teste, o valor B10 pode ser usado para avaliação específicas de vida útil e para estabelecer a manutenção preventiva de componentes [5].

II.2.4 SISTEMA DE AR NORMALIZADO

Para a utilização do ar comprimido, principalmente nas indústrias, as empresas obedecem a normas (padrões) internacionais, entre elas a ISO 8573 que estabelece os requisitos de qualidade para o ar comprimido, determinam os níveis máximos admissíveis de contaminação e o tamanho das partículas para as respectivas classes de qualidade.

Para um tratamento de ar comprimido em conformidade com as normas para soluções de automação, é preciso responder a diversas questões relativas a vários parâmetros, como, por exemplo, as classes de qualidade referentes a:

- Partículas sólidas
- Conteúdo de água

- Conteúdo total de óleo

Uma definição correspondente encontra-se em ISO 8573-1:2010.

II.2.4 VÁLVULAS PNEUMÁTICAS

A função das válvulas direcionais ou distribuidoras é de permitir, orientar (distribuir) ou bloquear um fluxo de ar.

São empregadas para diferentes funções dentro de um sistema pneumático. Exemplos: comando dos elementos de trabalho, de outras válvulas com acionamento pneumático, emitir ou bloquear sinais de comando.

São identificadas por duas características principais, número de *vias* e número de *posições* [4].

Vias: Denominamos assim o número de bocais de conexão do elemento de distribuição. Encontramos válvulas com 2, 3, 4, 5 ou mais vias. Não é possível um número de vias inferior a dois.

Posições: refere-se ao número de posições estáveis do elemento de distribuição. As válvulas mais comuns possuem 2 ou 3 posições, apesar de alguns modelos particulares possuírem mais. Não é possível um número de posições inferior a dois.

As válvulas direcionais são definidas conforme o número de vias e o número de posições da seguinte forma:

Nº Vias / Nº posições

Exemplos: 2/2 duas vias / duas posições

3/2 três vias / duas posições

4/2 quatro vias / duas posições

5/2 cinco vias / duas posições

5/3 cinco vias / três posições etc.



Figura 4: Válvulas direcional solenóide 5/2 vias.

Fonte: [4].

II.2.4.1 CONFIGURAÇÃO DO SÍMBOLO

O símbolo representa a função e forma de acionamento (ligar e desligar) da válvula (não existe nenhuma relação com a forma construtiva ou bitola da mesma). É composto por duas partes:

Um bloco central, formado por quadrados, representa o número de posições de comutação, número de vias e a condição de fluxo em cada posição.

Outros dois blocos extremos (direita e esquerda), representando a forma de acionamento da mesma.

1. Cada posição da válvula é representada por um quadrado.

A quantidade de quadrado que forma o símbolo determina o número de posições de comando.

2. As vias ou conexões são representados por traços unidos ao quadrado correspondente a posição de repouso da válvula.

3. Para representar a condição de fluxo das vias utilizam-se setas ou T. Deste modo uma seta conectando duas vias significa a existência de fluxo entre as mesmas. No caso do T representa que a via está bloqueada. A quantidade de extremidades de setas e pés de T que tocam os lados de um quadrado é igual ao número de vias. 4. As canalizações de escape são representadas por triângulo, podem ser:

- Escape direto no próprio corpo da válvula.
- Escape canalizado ou conduzido.

O símbolo é completado com os símbolos representativos do acionamento para ligar a esquerda e desligar a direita a válvula. Existem diferentes tipos de acionamentos: musculares ou manuais, mecânicos, pneumáticos, elétricos e eletropneumáticos [4].

II.2.4.2 VÁLVULAS DIRECIONAIS

Válvulas 2/2 - Pertencem a este grupo todas as válvulas de fechamento que possuem um orifício de entrada e outro de saída (2 vias) e duas posições de comando. São utilizadas somente nas partes dos equipamentos pneumáticos onde não é preciso efetuar a descarga do sistema alimentado pela mesma válvula; atuam somente como válvulas de passagem. Podem ser normalmente fechadas ou abertas, dependendo se fecham ou habilitam a passagem respectivamente na sua posição de repouso [4].

Válvulas 3/2 - Além de alimentar um circuito, permitem a sua descarga ao serem comutadas. Também podem ser normalmente fechadas ou abertas [4].

Válvulas 4/2 - Possuem quatro orifícios de conexão, sendo um para alimentação, dois para utilizações normais e um para escape, sendo este último comum para ambas utilizações. Operam em duas posições de comando, sendo que para cada uma delas só uma utilização é alimentada, enquanto que a outra é conectada ao escape; esta condição é invertida ao se comutar a válvula [4].

Válvulas 5/2 - Possuem cinco orifícios de conexão e duas posições de comando. A diferença em relação à 4/2 é que possuem dois escapes que correspondem um para cada utilização. Isto possibilita entre outras coisas, controlar a velocidade de avanço e retorno de um cilindro de maneira independente [4].

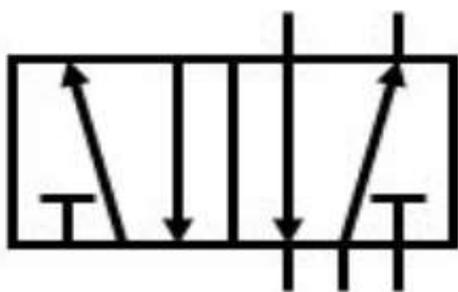


Figura 5: Válvulas direcional 5/2 vias.
Fonte: Adaptados de [4].

Eletroválvulas - Nas eletroválvulas, o sinal que origina a comutação é de natureza elétrica, excitando um solenóide que por ação magnética provoca o deslocamento de um núcleo móvel interno que habilita ou não a passagem do fluido. Nos comandos diretos, o mesmo núcleo habilita ou não a passagem principal do

fluido; nos comandos eletropneumáticos, uma válvula piloto de comando direto envia o sinal pneumático que desloca o distribuidor principal [4].

II.2.4.3 CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DAS VÁLVULAS

Existem várias características a serem definidas para a escolha de uma válvula, que são as seguintes:

A vazão nominal, expressa em NI/min, representa a vazão normal de ar em l/min que passa pela válvula, com uma pressão de alimentação de 6 bar e uma perda de carga de 1 bar.

II.2.4.4 DIMENSIONAMENTO DAS VÁLVULAS

A vazão normal necessária para o acionamento de um cilindro pneumático, dependerá em geral da vazão necessária para o acionamento, que por sua vez dependerá do tamanho do cilindro, da velocidade de seu acionamento e da pressão de operação, onde:

$$Q_r = 0,0028 \cdot \frac{d^2 \cdot C}{t} \cdot (p + 1,013) \quad (6)$$

- Q_r = vazão necessária (Nm³/h)
 d = diâmetro do pistão do cilindro (cm)
 C = curso do cilindro (cm)
 t = tempo de execução do movimento (seg)
 p = pressão de operação ou manométrica (bar)

A vazão nominal normal que a válvula deve ter é determinada pela seguinte expressão:

$$Q_n = \frac{40,89 \cdot Q_r}{\sqrt{\Delta p (p_e - \Delta p)}} \quad (7)$$

onde:

- Q_n = Vazão nominal da válvula (NI/min)
 Δp = Queda de pressão admitida na válvula (bar)
 p_e = Pressão absoluta de alimentação da válvula (bar)
 (pressão manométrica + 1,013)
 Q_r = Vazão exigida pelo acionamento (Nm³/h)

II.3 SENSORES

“Expressão empregada para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informação sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc.” [6].

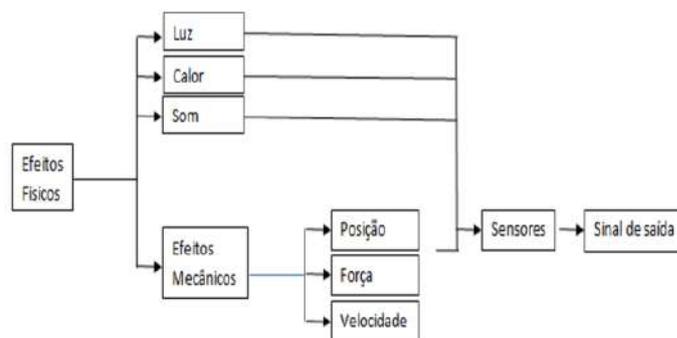


Figura 6: Fluxograma de um sensor.
Fonte: Autores, (2018).

Na maioria das vezes, um sensor nem sempre tem características elétricas necessárias para ser utilizado em um sistema de controle. Normalmente o sinal de saída deve ser manipulado antes da sua leitura no sistema de controle. Isso geralmente é realizado com um circuito de interface para produção de um sinal que pode ser lido pelo microcontrolador.

Esses tipos de sensores podem assumir qualquer valor no seu sinal de saída, ao longo do tempo, desde que esteja dentro da sua faixa de operação.

Algumas das grandezas físicas que podem assumir qualquer valor ao longo do tempo são: pressão, temperatura, velocidade, umidade, vazão, força, ângulo, distância, torque, luminosidade. Essas variáveis são mensuradas por elementos sensíveis, com circuitos eletrônicos não digitais. A figura a seguir mostra a variação de uma grandeza física, (temperatura) de forma analógica.

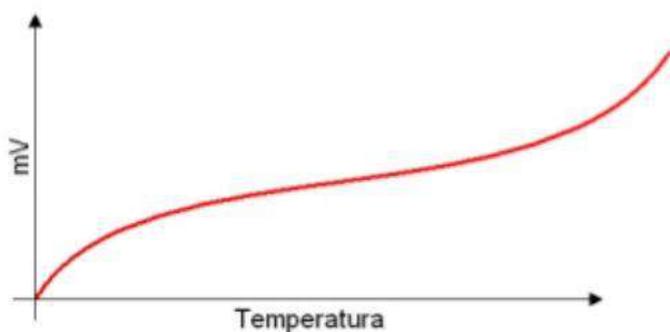


Figura 7: Curva de temperatura x tensão de um sensor analógico.
Fonte: pt.slideshare.net. (2018).

Esse tipo de sensor pode assumir apenas dois valores no seu sinal de saída ao longo do tempo, que podem ser interpretados como zero ou um. Não existem naturalmente grandezas físicas que assumam esses valores, mas eles são assim mostrados ao sistema de controle após serem convertidos pelo circuito eletrônico do transdutor e utilizado, por exemplo, em detecção de passagem de objetos, encoders na determinação de distância ou velocidade, etc...

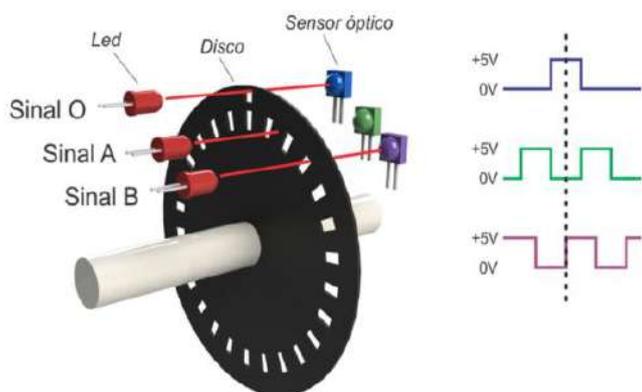


Figura 7: Representação Encoder
Fonte: [5].

O *sensor indutivo* é usado para detectar a presença de objetos metálicos. O seu funcionamento é baseado, de acordo com sua característica física, no princípio da variação da indutância eletromagnética, aspecto de um sensor indutivo típico encontrado no mercado. Veja como é a construção física de uma bobina enrolada sobre um núcleo de alta permeabilidade magnética.

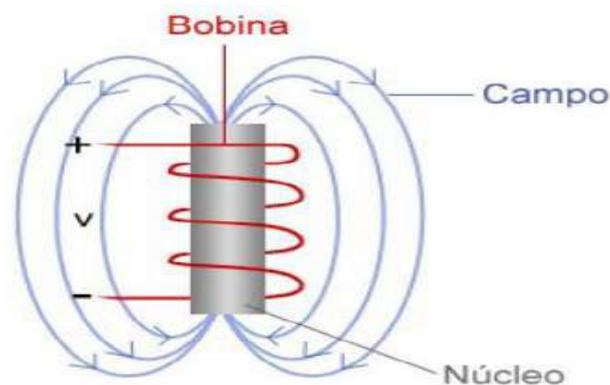


Figura 8: Construção interna do núcleo de uma bobina.
Fonte: Autores, (2018).

Há diversos modelos de sensores indutivos que variam, principalmente em relação à distância de acionamento. Os tipos mais comuns são de construção com corpo cilíndrico plástico ou metálico.



Figura 9: Sensor Indutivo.
Fonte: Adaptado de [5].

Todos estes dispositivos geram sinais binários (ou discretos) que são representados pelos números 0 (zero) e 1 (um) correspondentes a situações como "falso", "aberto", "desligado", "abaixo da referência" para estados 0 ou "verdadeiro", "fechado", "ligado", "acima da referência" para estados 1.

Sensores magnéticos, também conhecidos como reed switch, são sensores acionados a partir de um campo magnético geralmente proveniente de um ímã permanente ou de uma bobina. Eles funcionam basicamente como uma chave liga/desliga e, portanto, tem várias aplicações conforme a figura abaixo.

Existem várias aplicações relacionadas a chaves liga/desliga que podem ser reproduzidas com sensores magnéticos. Uma possível aplicação é a montagem de um relé simples envolvendo o sensor com uma bobina. Quando a corrente passa pela bobina, um campo magnético é formado em seu interior ativando o sensor. Com uma bobina e sensor magnético também se pode montar um sensor de corrente. Outra aplicação de um sensor magnético é montar um sensor de proximidade com um ímã permanente. Se o ímã passar de certa distância do sensor, as lâminas se tocarão e os terminais entrarão em curto. Com um ímã preso a uma roda e um sensor magnético, é possível fazer um encoder, muito útil para se descobrir variáveis como frequência e velocidade de um determinado motor.

II.3.1 FUNCIONAMENTO

A estrutura básica de um sensor magnético são duas lâminas de material ferromagnético, cada lâmina ligada a um terminal envoltas por uma ampola de vidro de alta resistividade. A ampola é vedada e dentro dela existe algum gás inerte para impedir a oxidação das lâminas. Abaixo, a figura 4-23 mostra como é estrutura básica.

Quando um campo magnético se aproxima do sensor, surge uma força magnética de atração entre as lâminas fazendo com que elas se toquem. Dessa forma os terminais do sensor entram em curto, possibilitando a passagem de uma corrente.

II.4 GUIAS LINEARES

Guia Linear é um sistema de movimentação baseado no princípio do rolamento, possui contato de ponto (esferas), gerando diversas vantagens como redução de atrito, suavidade na movimentação, alta precisão de posicionamento, a alta capacidade de carga, trabalho em alta velocidade, além de outros benefícios.

As Guias Lineares são aplicadas em diversos tipos de máquinas como CNC's, Tornos, Centros de Usinagem, Mandrilhadoras, CNC Routers, Seccionadoras, Corte Laser, Plasma, Solda, Impressão, Ressonância Magnética, além de uma infinidade de outros equipamentos. Atualmente as guias lineares são utilizadas como solução por diversos segmentos como montadoras, indústrias de autopeças, aeroespacial, moveleiras, hospitalares, farmacêuticas, alimentícias, papelarias, etc [8].

II.4.1 CONSTRUÇÃO DAS GUIAS LINEARES

O posicionamento das esferas foi projetado a fim de se obter um ângulo de 45° , o que permite deslocar uma carga com forças de atuação de diferentes posições: carga radial de compressão, carga radial de tração e cargas laterais. A série MSA / MSB pode alcançar uma carga pré-definida (Pré-carga), para aumentar a rigidez em quatro direções de forças (vide desenho acima), mantendo-se um baixo atrito de deslizamento. Isto torna-se adequado para movimentos que requerem alta precisão e rigidez. O posicionamento também permite que a graxa lubrificante seja distribuída uniformemente a cada volta de recirculação das esferas, resultando em movimentos suaves e uma longa vida útil [8].

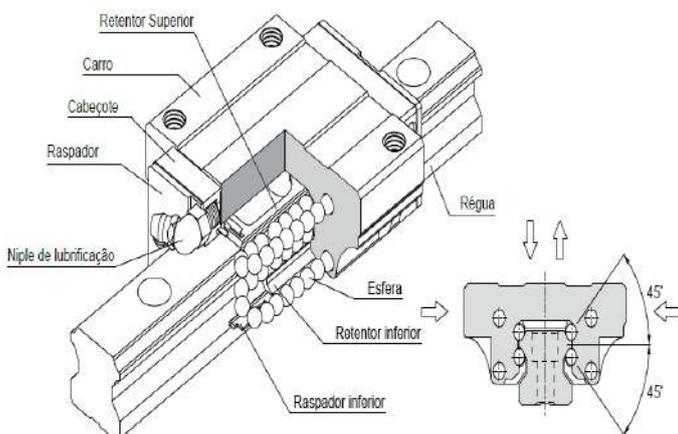


Figura 10: Guia Linear OBR série MSA / MSB.

Fonte: Adaptado de [8].

II.4.2 CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUÇÃO

O acessório lubrificador “SL” foi desenvolvido como função de um reservatório de óleo agregado ao carro. É formado com uma tela de fibra de alta densidade onde em contato com a régua vai permitindo a passagem de óleo, deixando uma superfície lubrificada.

Aumentando o intervalo entre as manutenções evitando os problemas de perda de óleo causados por lubrificações constantes, o lubrificador “SL”, distribui uniformemente as quantidades de óleo nas esferas e na régua durante o movimento. O resultado será um aumento de intervalo entre as manutenções.

Ambiente limpo: Através do uso do lubrificador “SL”, somente a quantidade de óleo necessária será distribuída com o propósito de lubrificação. Assim, teremos um desperdício mínimo de óleo na aplicação, resultando em um ambiente limpo.

Redução de custo: Com a aplicação do acessório lubrificador “SL” economizamos despesas com perdas de óleo e mecanismo de lubrificação.

Fator estático de segurança (fs): Quando uma carga excessiva é aplicada em um carro parado ou em baixa velocidade, uma deformação local e permanente pode ocorrer nas esferas e, conseqüentemente, na régua. Esta deformação irá prejudicar o funcionamento suave das guias e comprometer todo o desempenho do equipamento. A capacidade de energia estática (C_o) define-se como uma carga constante e unidirecional cuja soma das deformações permanentes das esferas e da régua equivale a 0,0001 vezes o diâmetro da esfera (OBR – Equipamentos, 2010).

O fator estático de segurança (f_s) é a razão da classificação da carga estática (C_o) em relação à carga de trabalho a ser aplicada na guia. O fator estático de segurança pode ser avaliado conforme a Tabela 2:

Tabela 2: Fator estático de segurança.

Tipo de máquina	Condição de carga	f_s
Máquina Industrial Regular	Condição normal de carga	1.0 ~ 1.3
	Com impacto e vibração	2.0 ~ 3.0
Máquina ferramenta	Condição normal de carga	1.0 ~ 1.5
	Com impacto e vibração	2.5 ~ 7.0

Fonte: Adaptado de [8].

II.4.3 DEFINIÇÕES DE CARGA DINÂMICA

As esferas e réguas sofrem cargas repetitivas, intermitentes e certamente com o decorrer do tempo haverá escamação por fadiga nas réguas. Ensaio dinâmico com grupo de guias idênticas e nas mesmas condições (OBR – Equipamentos, 2010).

de trabalhos foram realizados percorrendo 50 km, resultando em valores de carga dinâmica. Estes valores serão aplicados em cálculos para dimensionamento das guias. O valor (C) está especificado nas tabelas de dimensões de cada carro [8].

Momento estático permissível (M_o): Quando um momento é aplicado em uma guia linear, surgem forças que não são distribuídas uniformemente na guia. No sistema de guia linear, o momento estático permissível é definido em três direções: M_p , M_y e M_z .

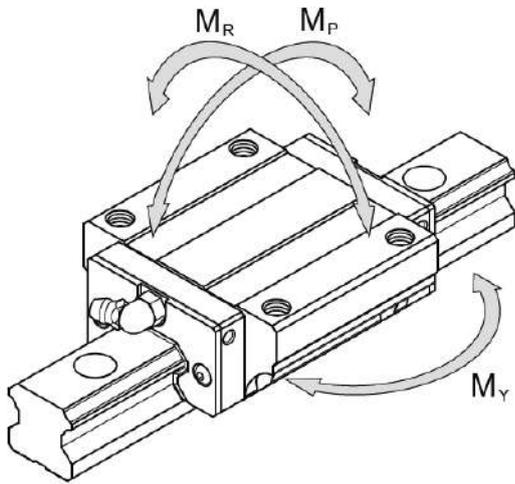


Figura 11: Momentos estáticos
Fonte: Adaptado de [8].

$$L = \left[\frac{f_H}{f_W} X \frac{C}{PC} \right] X 50 Km \quad (8)$$

Cálculo da vida útil em horas (Lh): Segundo [8], é recomendado também expressar a vida útil em horas. A fórmula a seguir poderá ser utilizada quando curso e ciclos são constantes:

$$Lh = \frac{L X 10^3}{2 X ls X n X 60}$$

Onde:

Lh: hora de vida útil (hr)

L: vida útil (km)

ls: curso(m)

n: ciclo por minuto

Fator dureza (fh): Para garantir um melhor desempenho das guias, as esferas e réguas devem possuir uma dureza de 58 a 62 HRc. Quando não forem atingidos estes valores, um fator dureza deve ser multiplicado pela Carga Dinâmica e Carga Estática a ser consideradas nos cálculos [8].

Fator temperatura (ft): Quando a temperatura de trabalho for maior que 70°C, a vida útil será reduzida ou até ficará comprometida, pois o carro contém peças de plástico e borracha. Para efetuar os cálculos, deve-se multiplicar a Capacidade de Carga Dinâmica e Estática pelo fator temperatura. Para aplicações com temperatura maior que 70°C, favor consultar a OBR [8].

Fator de contato (fc): Quando dois ou mais carros são usados na mesma régua, é difícil se obter uma distribuição de carga uniforme. Isto se deve a momentos, erros na superfície ou outros fatores. Para efeito de cálculo, Carga Dinâmica (C) e Carga Estática (C0) deverão ser multiplicadas pelo fator de contato [8].

Fator de carga (fw): Apesar da carga de trabalho ser obtida através de cálculo, na maioria das vezes ocorre uma carga real maior que o valor calculado. Vibração e impacto conjugados com velocidade são difíceis de ser estimados. Devido a isso, temos de considerar um fator de carga no cálculo da vida útil [8].

$$F = fW \times Fc$$

Onde:

F: carga sobre carro

fW: fator carga

FC: carga teórica

Cálculo da vida útil (L): A vida útil de uma guia linear pode ser afetada por várias condições de trabalho. Fatores como dureza da régua, temperatura e condições de carga (com ou sem impactos e vibrações) irão influenciar na durabilidade [8]. Também serão considerados nos cálculos itens como carga e capacidade dinâmica. Conforme fórmula a seguir:

fH: fator dureza

fT: fator temperatura

fC: fator contato

fW: fator carga

L: vida útil (km)

C: carga dinâmica (kgf)

PC: carga (kgf)

II.4.4 APLICAÇÃO VERTICAL

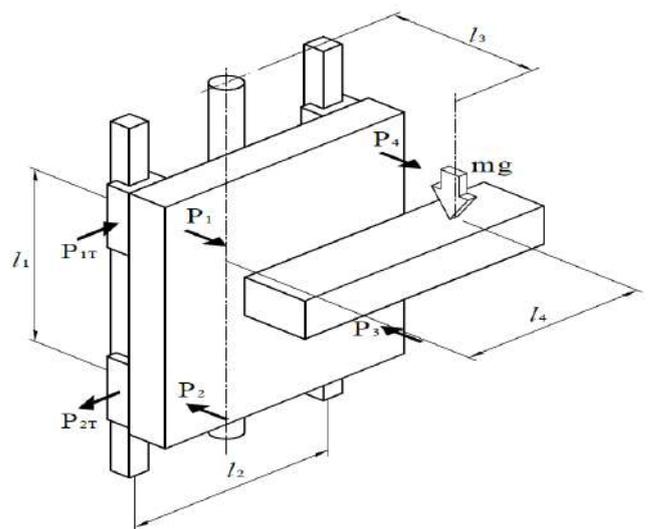
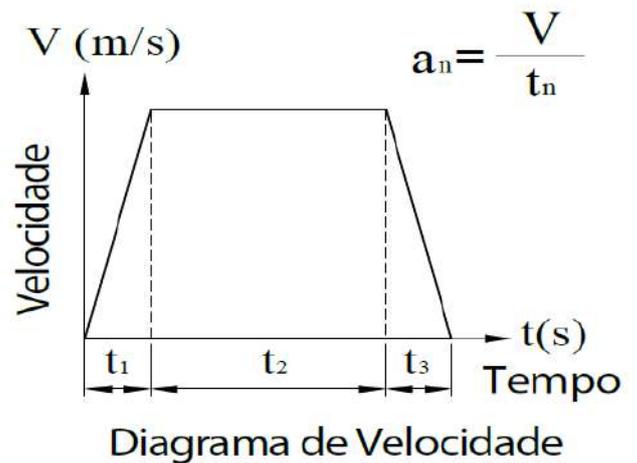


Figura 12: Aplicação de Forças
Fonte: Adaptado de [8].

Durante aceleração

$$P_1=P_2=P_3=P_4=-\frac{m(g+a_1)l_3}{2l_1}$$

$$P_{1r}=P_{2r}=P_{3r}=P_{4r}=-\frac{m(g+a_1)l_4}{2l_1}$$

Durante desaceleração

$$P_1=P_2=P_3=P_4=-\frac{m(g-a_1)l_3}{2l_1}$$

$$P_{1r}=P_{2r}=P_{3r}=P_{4r}=-\frac{m(g-a_1)l_4}{2l_1}$$

Em movimento uniforme

$$P_1=P_2=P_3=P_4=-\frac{m \cdot g \cdot l_3}{2l_1}$$

$$P_{1r}=P_{2r}=P_{3r}=P_{4r}=-\frac{m \cdot g \cdot l_4}{2l_1}$$

II.5 IMPLANTAÇÃO DE ROBÔS EM LINHAS DE PRODUÇÃO

Um robô industrial é uma máquina manipuladora, com vários graus de liberdade, controlada automaticamente, reprogramável, multifuncional, possui uma base fixa ou móvel, é utilizada em diversas aplicações como em processos em série.

A utilização de robôs pode trazer um grande benefício para automatização das indústrias, mas não se deve esperar que os resultados desejados serão alcançados, se não tiver conhecimento em detalhes do processo de manufatura ou de trabalho [9].

A seguir vamos ver algumas características de um Robô Scara SCARA Robot SR-3iA, o custo de aquisição, suas limitações e posteriormente comparar com o sistema implantado na linha de produção.

II.5.1 ROBO SCARA 3IA

Os Robôs SCARA são uma opção popular para pequenas aplicações de monta- gem. SCARA é o acrônimo de Selective Compliance Articulated Robot, o que significa que é complacente com os eixos X e Y e rígido no eixo Z. A configuração SCARA é única e foi criada para lidar com uma variedade de operações de manuseamento de material [9].



Figura 13: SCARA Robot SR-3iA
Fonte: Adaptado de [9].

A estrutura do SCARA consiste em dois braços unidos na base e na intersecção dos braços um e dois. Dois motores independentes utilizam cinemática e interpolação nas uniões J1 e

J2 para controlar o movimento X-Y do SCARA. A localização final X-Y na extremidade do braço dois é um fator do ângulo J1, ângulo J2, comprimento do braço um e comprimento do braço dois.

II.5.2 PRÓS E CONTRAS DA MONTAGEM EM LINHA DE PRODUÇÃO

Segundo [10], a invenção da montagem em linha de produção resultou em muitas vantagens diferentes, mas existem algumas desvantagens significativas no método também.

Vantagens: A maioria das vantagens observadas na montagem da linha de produção tem a ver com uma redução no custo e uma uniformidade aumentada dos produtos acabados. Além da criação de maiores margens de lucro, isso também gera produtos que são mais acessíveis e mais fáceis de reparar.

Desvantagens: As desvantagens que são frequentemente associadas a este método de produção de automação em massa incluem qualidades inferiores de construção, instalações de produção rígidas ou inflexíveis e um investimento de capital inicial substancialmente maior. A produção de linha de montagem é frequentemente associada com tarefas monótonas ou repetitivas, bem como, pode levar a problemas de motivação por parte dos trabalhadores.

III METODOLOGIA

Para o desenvolvimento de projetos é preciso seguir uma metodologia. Pois serve como roteiro ou mapa, auxilia os projetistas a encontrarem a melhor solução para um determinado problema. Existem vários tipos de metodologias propostas para projetos de engenharia que trabalham com um número variado de estágios destinados a representar seus processos de projeto. Os estágios são, qualquer uma das partes em que se pode ser dividido ou subdividido o processo de projeto.

Cada um desses estágios do processo de projeto podem guardar em si várias ferramentas e documentos de projeto (recomendações de projeto, questionários, matrizes de avaliação, formulações, entre outras) de auxílio ao processo de tomada de decisão, as quais têm um papel importante no processo de projeto - “movimentá-lo” em direção a solução do problema apresentado [11].

A metodologia utilizada neste trabalho é baseada na metodologia proposta por PAHL & BEITZ em 1971, observe no fluxograma abaixo quais etapas seguiremos para a conclusão do projeto:

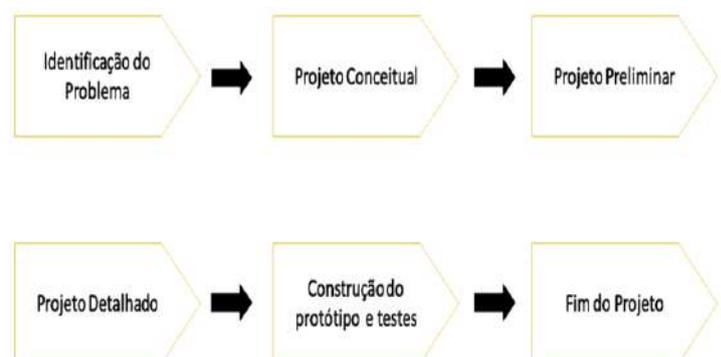


Figura 14: Proposta de PAHL & BEITZ.
Fonte: Autores, (2018).

Fase 1: Identificação do Problema / Definição da Tarefa – clarificação da tarefa: elaboração das especificações de projeto.

Fase 2: Projeto conceitual – Identificar os problemas essenciais; estabelecer a estrutura de funções; pesquisar por princípios de solução, combinar e concretizar em variantes de concepções e criar a matriz morfológica, avaliar segundo critérios técnicos e econômicos

Fase 3: Projeto Preliminar – Desenvolver leiautes e formas preliminares; selecionar os melhores leiautes preliminares refinar e avaliar sob critérios técnicos e econômicos, otimizar e completar o projeto das formas, verificar erros e controlar custos; preparar lista das partes preliminares e os documentos de produção

Fase 4: Projeto detalhado – Finalizar os detalhes, completar os desenhos detalhados e os documentos de produção; verificar todos os documentos.

Fase 5: Construção do Protótipo e Testes – Confeccionar a solução definida pelas etapas anteriores, comprar os equipamentos, efetuar a instalação e os testes.

Fase 6: Fim do Projeto – Avaliar os resultados dos testes, se satisfatório, configura o fim do projeto.

III .2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA / DEFINIÇÃO DA TAREFA

Neste estudo de caso, temos um problema que acontece de forma frequente na produção produtos que recebem parafusos, que é a falha de parafusos nos produtos. As doenças ocupacionais causadas pelo grande esforço repetitivo mudam o cenário produtivo podendo trazer prejuízos para empresa. A tarefa então é desenvolver um sistema automático de parafusamento que atue no lugar da mão do operador e que esse equipamento cumpra as metas estabelecidas pela produção.

Para analisar o problema iniciou-se indo ao local da prensa e observou-se o processo como um todo, especificamente a parte de parafusamento manual executado por 6 colaboradores, sendo que 2 colaboradores, participam da pré-montagem.

Operadores 1 e 2 realizam a montagem do circuito shunt e neutro no bloco de terminais conforme a figura 14.

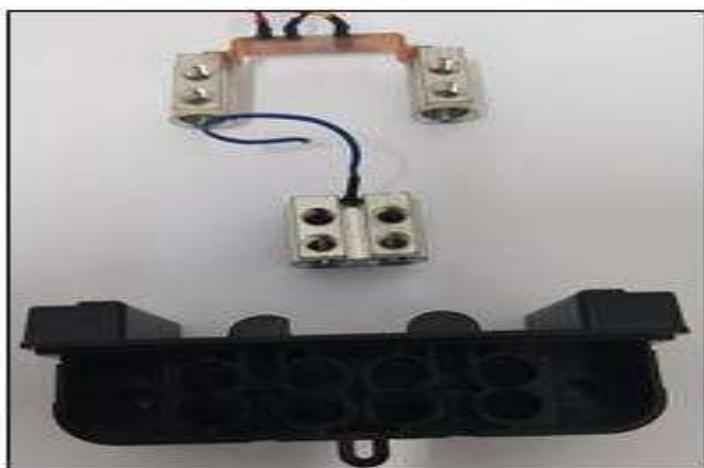


Figura 14: Montagem do circuito shunt, neutro e bloco de terminais.

Fonte: Autores, (2018).

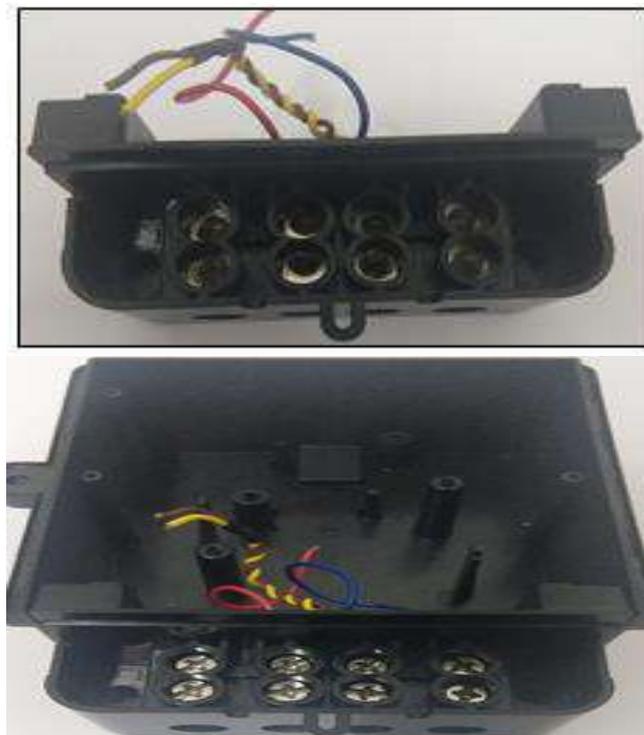


Figura 15: Bloco de terminais montado com os circuitos.

Fonte: Autores, (2018).

Os operadores 5,6,7 e 8, parafusam no bloco de terminais. Conforme a figura 5-3

O layout (postos de 37 a 41) mostra a localização exata do processo:

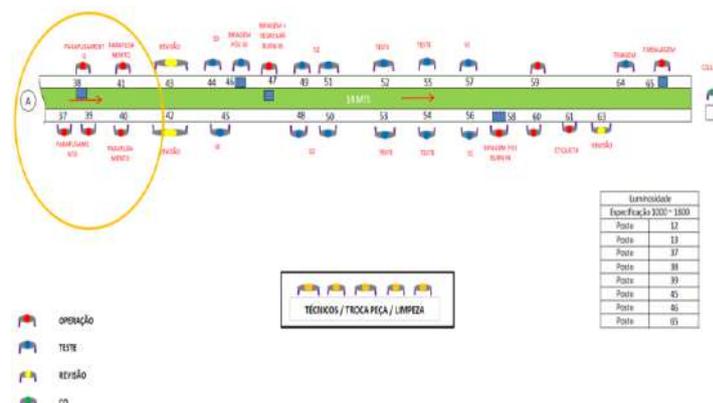


Figura 16: Layuot da linha de montagem.

Fonte: Autores, (2018).

III .2.1 TEMPO DE PARAFUSAMENTO

O tempo de ciclo é o tempo máximo permitido a uma estação de trabalho de uma linha de montagem para concluir um conjunto de tarefas determinadas, ou seja, expressa a frequência que um produto deverá sair da linha, ou em outras palavras, o intervalo de tempo entre dois produtos consecutivos, dessa forma temos os seguintes tempos de ciclo.

1. Tempo para realizar a montagem dos circuitos shunt e neutro no bloco e o bloco na base: 1,5 segundos;
2. Montagem do bloco de terminais na base: 1,5
3. Tempo para realizar o posicionamento dos 8 parafusos no bloco de terminais: 2,5 segundos;
4. Tempo para realizar o parafusamento: 6,5 segundos.

A seguir, na Tabela 01, um breve detalhamento

das atividades realizadas e o tempo para a montagem do conjunto.

Tabela 1: Atividades realizadas durante o processo.

Atividade	Montagem dos circuitos shunt e neutro nos blocos dos terminais	Montagem do bloco de terminais na base	Posicionamento dos 8 parafusos no bloco de terminais	Parafusamento	Total
Tempo (s)	1,5	1,5	2,5	6,5	12

Fonte: Autores, (2018).

Por meio das informações descritas na Tabela 1, é possível observar que somando os tempos de cada atividade, obtém-se o total de 12,0 segundos, ou seja, a cada 12,0 segundos um bloco de terminais sai da linha parafusado.

III .2.2 TAXA DE PRODUÇÃO

Ao longo da jornada de trabalho é imprescindível o rodízio de operadores no posto de parafusamento, para isto, o líder de produção preocupa-se em alternar operadores que exercem esforços com membros superiores pelos que exercem esforços com membros inferiores. Dessa forma, atualmente a taxa de produção é de 2.880 blocos parafusados, a cada 8 horas trabalhadas.

A Tabela 2, apresenta dados de produtividade em relação ao intervalo de tempo (hora, diário e mensal).

Tabela 2: Dados de produtividade.

Tempo de produção	de 01 hora	08 horas por dia	160 horas por dia
Quantidade de	300	2400	48000
medidores parafusados			

Fonte: Autores, (2018).

Na Tabela 2, pode-se verificar a quantidade de medidores parafusados. A cada hora é possível parafusar 300 blocos de terminais, diariamente, com jornada de trabalho de 08 horas 2.400 blocos são parafusados. E considerando em média, 20 dias de produção mensalmente, é possível alcançar uma demanda de 48.800 blocos parafusados.

Foi proposto, ao instituto de pesquisa e tecnologia, a implantação de um sistema de parafusamento automático nesse processo. Sendo possível tornar essa etapa da montagem, em um sistema de produção automático.

Na próxima etapa deste projeto, será abordado a implantação desse sistema automatizado, apresentando o novo layout, materiais para construção, além de dados de produtividade para comparação de quantidades produzidas ao longo de uma, oito e 160 horas de funcionamento.

III.3 PROJETO CONCEITUAL

Nessa etapa, definimos qual o conceito do projeto, deve-se compreender como funciona o nosso sistema/equipamento, quais são as suas funções e a interação entre os seus componentes afim de abstrair o problema e compreender as funções do sistema. Separou-se o sistema em variáveis que serão analisadas (problemas parciais) para compor o que chama-se de matriz morfológica onde tem-se princípios de soluções possíveis para dentre elas escolher a mais viável [11].

Segue abaixo o exemplo de uma matriz morfológica.

Sistema	Subsistema	Componentes	Princípios de solução (P.S.) desenvolvidos ou encontrados					
			PS. 1	PS. 2	PS. 3	PS. 4	PS. 5	PS. 6
Lançador de granadas de 40mm	Alimentação	Tambor rotativo	TR 1	TR 2	TR 3	TR 4	TR 5	TR 6
		"Aranha"	A 1	A 2	A 3			
		Liberção e parada	LP 1	LP 2				

Figura 17: Exemplo de matriz morfológica.

Fonte : Adaptado de "Concepção do sistema de alimentação de um lançador de granadas" (2009).

Segue abaixo o estudo dos problemas parciais: Princípios de Solução para o Problema Parcial 1: Esteira automatizada.

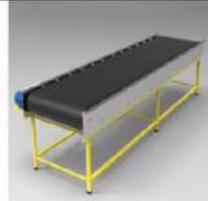
CÓDIGO	CONCEPÇÃO	DESCRIÇÃO
ES1		Esteira elétrica de correntes controlada por servo motores gera uma precisão maior no posicionamento dos berços em relação ao centro de eixo das parafusadeiras.
ES2		Esteira de correia lonada é mais leve porém o custo é mais caro. Dificuldades para fixar os berços. Não garante posicionamento dos berços.
ES3		Esteira de corrente plástica além de custo elevado, o motor não garante o posicionamento preciso do berço em relação ao centro da parafusadeira. Vida útil limitada.

Figura 18: Problema Parcial 1.

Fonte: Autores, (2018).

Princípios de Solução para o Problema Parcial 2: Sistema de aparafusamento automático.

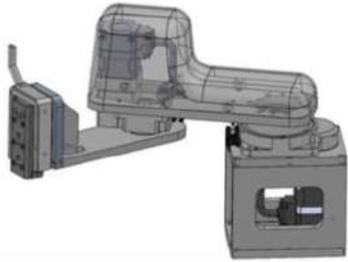
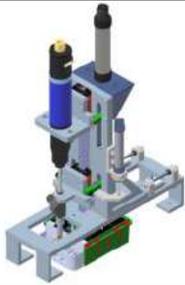
CÓDIGO	CONCEPÇÃO	DESCRIÇÃO
RB1		Braço Robótico LR-Mate_200-iD-7L, custo elevado, sistema operacional não colaborativo, custo de manutenção elevado.
RB2		Robô SCARA Robot SR-3iA, custo elevado, sistema operacional não colaborativo, custo de manutenção elevado, pouca área de trabalho.
RB3		Guias Lineares, Cilindros pneumáticos, baixo custo, fácil manutenção, vida útil elevado.

Figura 19: Problema Parcial 2.

Fonte: Autores, (2018).

III .3.1 MATRIZ MORFOLÓGICA

Depois de analisar internamente o processo e os princípios de solução segundo os requisitos de projeto, foi elaborada a matriz morfológica para a comparação e combinação dos mesmos para obter o conjunto garra ideal.]

SISTEMA	SUBSISTEMA	IDÉIAS CONCEITUAIS	REQUISITOS DO PROJETO				PTS
			BAIXO PESO TOTAL	DURABILIDADE	BAIXO CUSTO	FÁCIL INSTALAÇÃO	
MÁQUINA DE APARAFUSAMENTO AUTOMÁTICO	AUMENTAÇÃO DE PARAFUSOS DA ESTEREA E OPERAÇÃO DE PARAFUSAR	ES1	2	3	2	3	10
		ES2	3	1	2	2	8
		ES3	3	1	2	1	7
		RB1	1	3	1	2	7
		RB2	1	3	1	2	7
		RB3	3	3	3	3	12

1 - NÃO ATENDE
2 - ATENDE PARCIALMENTE
3 - ATENDE TOTALMENTE

Figura 20: Matriz Morfológica.

Fonte: Autores, (2018).

Ao analisar internamente os princípios de solução verificou-se que a melhor combinação seria ES1 + RB3 (conforme figura abaixo) e o projeto terá este conceito:

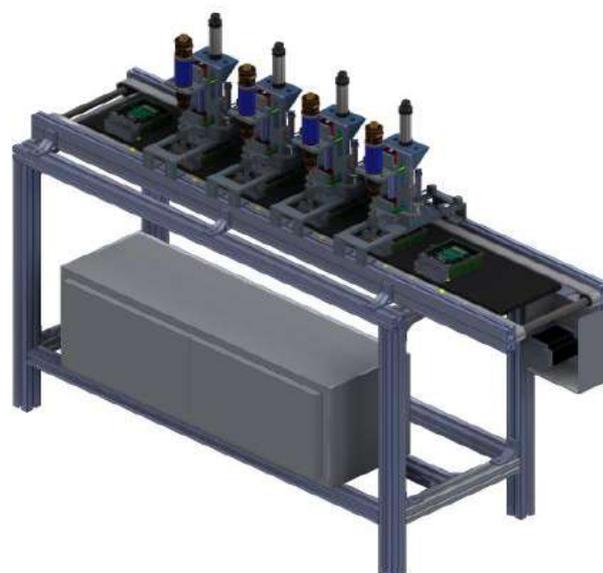


Figura 21: Projeto Conceitual.

Fonte: Autores, (2018).

A concepção aceita foi um sistema de fácil fabricação, parafusadeira pneumática de baixo custo, redução de itens com guias lineares, redução do custo na aquisição de cilindros, manutenção preventiva e corretiva programada sem afetar a produção uma vez que o sistema se torna independente.

Para o estabelecimento da concepção do sistema de alimentação de aparafusamento automático, foi necessário compara as tecnologias existentes no mercado. O mais utilizado nas grandes companhias são braços robóticos. Mas nem sempre o custo para a implantação desse sistema favorece à empresas de médio ou pequeno porte.

Baseado no levantamento do estado da arte realizado na Fase 1, observou-se que:

a) Não foi possível ter acesso aos desenhos detalhados do projeto do mecanismo de parafusamento automático dos principais fornecedores dessa tecnologia.

b) Para que o projeto obtivesse êxito após a implantação, foi necessário documentar e definir alguns requisitos, os requisitos foram obtidos, analisados e registrados em detalhes suficientes para serem medidos durante a execução do projeto. Dentre eles destacam-se os seguintes:

Alimentação do produto na esteira principal e saída de forma automática;

Parafusamento realizado de forma automática;

Montagem somente dos circuitos shunt e neutro no bloco de terminais, eliminando a montagem na base;

Posicionamento dos parafusos no bloco de terminais de forma automática;

- Alerta para realimentação de parafusos nas painéis vibratórias com identificação visual;

- Interface gráfica com monitor para apresentar dados de produtividade;

- Alimentação de blocos de terminais, circuitos shunt e neutro devem ser feita com 4 horas de antecedência do início da produção.

Para atender a meta de um produto parafusado a cada 6,0 segundos, é essencial que os requisitos sejam alcançados, caso algum item não seja atendido coloca-se em risco o atendimento da meta.

III .3.2 FLUXOGRAMA DO PROCESSO

Com a implementação da linha automatizada, fez-se necessário alterar o fluxo do processo produtivo. Anteriormente, a primeira etapa da montagem dividia-se em montar os circuitos shunt e neutro no bloco, seguido do bloco montado na base e por último o posicionamento dos parafusos e o parafusamento.

Para otimizar o resultado final do processo, durante a coleta dos requisitos, optou-se pelo parafusamento do bloco de terminais sem a montagem na base. Além disso, a entrada do produto na linha principal, posicionamento dos parafusos, parafusamento e retirada do produto da linha será de forma automática.

Com a nova disposição, será necessário um operador para atuar diretamente na linha, sendo responsável pela seguinte atividade:

Operador 1, realiza a montagem do circuito shunt e neutro no bloco de terminais e posiciona na esteira auxiliar de entrada.

O equipamento possui um monitor com interface gráfica de fácil entendimento e operação. Nele é possível definir metas, realizar ajustes no passo da esteira, testar o correto funcionamento de sensores, cilindros e monitorar pressão do sistema.

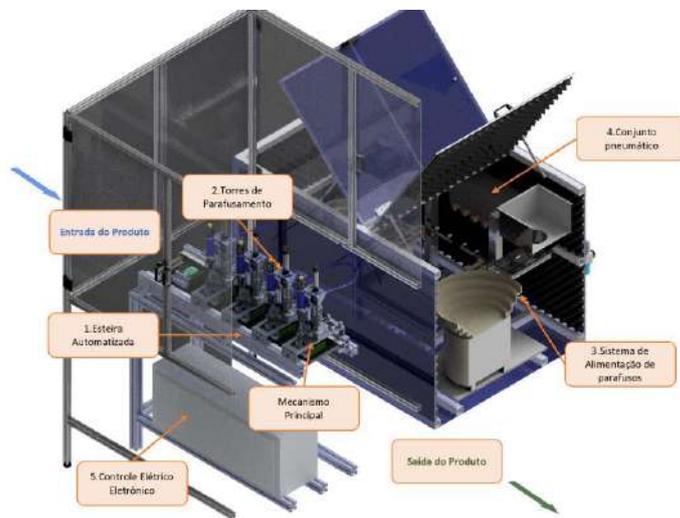


Figura 22: Fluxo do processo.

Fonte: Autores, (2018).

Conforme a Figura, a linha dispõe dos seguintes conjuntos:

1. Esteira Automatizada: Responsável pelo transporte do produto, correto alinhamento dos berços e passos, conforme disposição das torres de parafusamento;

2. Torre de parafusamento: Todos os conjuntos, foram projetados para realizar o parafusamento. Contemplam parafusadeira, guias lineares, cilindros dentre outros;

3. Conjunto de painéis: Duas painéis vibratórias alimentam o sistema de parafusamento, auxiliados e controlados por sensores, cilindros e válvulas;

4. Conjunto pneumático: Conta com válvula de bloqueio, partida suave, blocos manifold, garra pneumática, dentre outros acessórios necessários para manter o funcionamento do equipamento.

5. Conjunto elétrico e eletrônico: Componentes elétricos e eletrônicos atuam em conjunto para manter a lógica do parafusamento, além de ser responsável por ligar, desligar e os botões de emergência.

III .4 PROJETO DETALHADO

Para o desenvolvimento e montagem do projeto, fez-se necessário dividi-lo em três conjuntos, sendo: Mecânico, Pneumático, Elétrico/Eletrônico e Programação. A seguir, será apresentado alguns itens de cada etapa, considerados essenciais para a montagem e desenvolvimento.

III .4.1 MECÂNICA

O conjunto mecânico foi desenvolvido no software Autocad Inventor 2016, a partir da modelagem 3d, foi possível fazer simulações de movimentos e criar a lista de materiais para montagem. Foi definido que seriam necessárias quatro torres de parafusamento, todas usinadas com aço 1020 e tratamento com oxidação negra. Cada torre é composta com guia linear, trilho e parafusadeira tipo shut off, além de itens pneumáticos e eletrônicos.

Foi instalado dois conjuntos de painéis vibratórias (alimentador automático de parafusos – NTG), subconjunto responsável por colocar os parafusos no bloco de terminais, durante o processo de parafusamento, o operador somente deverá alimentar as painéis, evitando faltar parafusos.

A esteira foi montada com perfis de alumínio, corrente de aço, berços para posicionamento do produto e um motor do tipo step servo.



Figura 23: Software Inventor – Ambiente de Montagem.

Fonte: Autores, (2018).

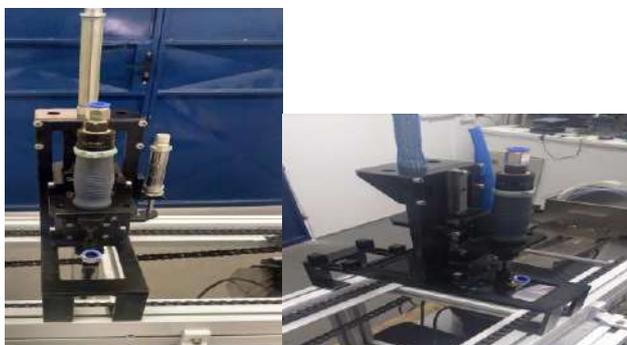


Figura 24: Mecanismo principal: Torre de parafusamento

Fonte: Autores, (2018).

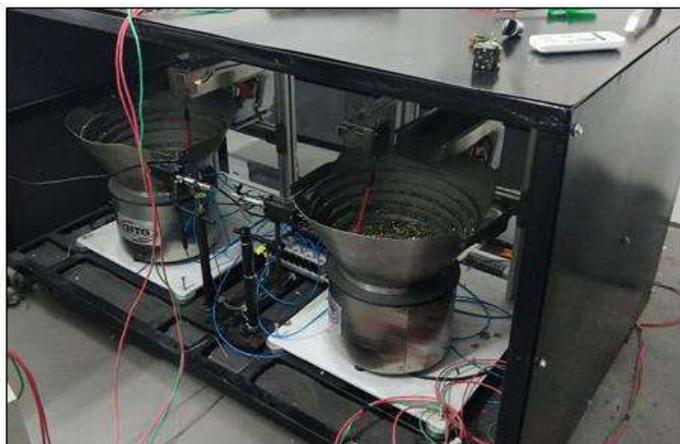


Figura 25: Sistema de alimentação: Panela Vibratória

Fonte: Autores, (2018).

III .4.2 PNEUMÁTICA

A grande necessidade de um processo automático é a repetibilidade de uma tarefa, dessa forma conjunto pneumático dispõem de cilindros de dupla ação, válvulas para acionamento, conexões, válvulas reguladoras de fluxo e blocos manifold. Auxiliado pelo software FluidSim, foi montado o esquema pneumático, simulado e posteriormente feito as ligações. A Figura 5-11, apresenta parte dos componentes pneumáticos utilizados.

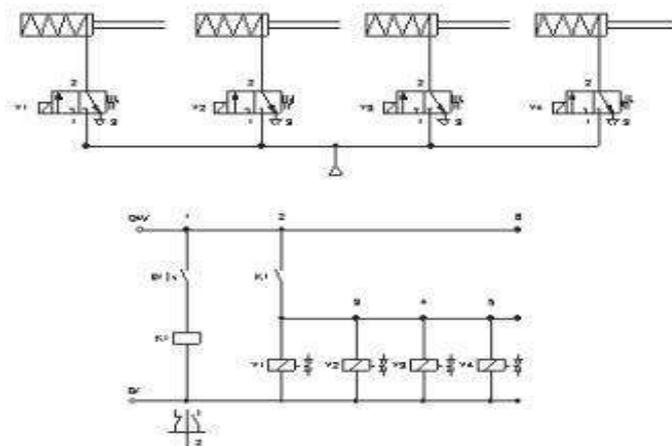


Figura 25: Representação de um esquema pneumático.

Fonte: Apostila de FluidSIM Prof^o: Fábio Luís Narduci.

Foram utilizados cilindros pneumáticos de dupla ação para auxiliar os movimentos das parafusadeiras e castanhas. Nas torres de parafusamento, os cilindros são guiados pelo trilho (guia linear) e patins, e são acionados conforme a lógica do programa para que sejam movimentadas as parafusadeiras e castanhas. No subconjunto das painéis, os cilindros atuam nos selecionadores de parafusos, responsáveis pelo envio de parafusos às castanhas.

III .4.3 ELÉTRICO E ELETRÔNICO

No conjunto elétrico/eletrônico, o sistema foi preparado para atender a NR-12. Essa etapa está montada para atender a lógica do software. Foi desenvolvido esquemas elétricos feitos no QElectrotec e Protheus, dois softwares que auxiliam na visualização do sistema. A eletrônica, é responsável principalmente pelo controle lógico do programa, é todo o hardware da etapa de programação.

Para essa etapa, foram utilizados relés de segurança, sensores, computadores embarcados, placas de leituras e escrita de sinais. A figura 26 demonstra parte das ligações eletrônicas.



Figura 26: Ligações eletrônicas.

Fonte: Autores, (2018).

III.4.4 PROGRAMAÇÃO

O ambiente de desenvolvimento utilizado foi o Lazarus, optou-se por esse ambiente devido a facilidade em suportar diversas arquiteturas e sistemas operacionais. O controlador principal utilizado foi o Raspberry. Nele estão todo o código do

projeto. É possível definir metas, realizar ajustes finos na esteira principal, acompanhar produtividade, testar o funcionamento dos sensores, dentre outros.

Para manter a comunicação entre o sistema de parafusamento e o subconjunto de painéis, foi utilizado o protocolo de comunicação MQTT. Este protocolo foi utilizado devido sua aplicabilidade em dispositivos embarcados, como o Raspberry e possuir ótima aplicação para IoT – Internet of Things.

III.4.5 CRONOGRAMA

O cronograma foi essencial para o monitoramento das atividades, com ele foi possível acompanhar entregas e avaliar possíveis atrasos. O gráfico apresenta o cronograma com algumas das atividades.

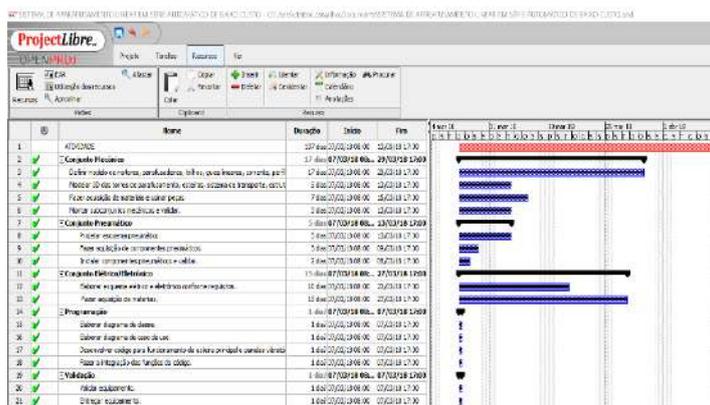


Figura 27: Cronograma feito no ProjectLibre.

Fonte: Autores, (2018).

Como descrito na Tabela 3, o projeto foi dividido em conjuntos e todos foram desenvolvidos paralelamente. O prazo para entrega do equipamento foi de 10 meses, após as definições de requisitos e abertura do projeto.

Com a implantação da nova linha de parafusamento, a produtividade teve resultados diferentes se comparados ao processo antes da automação. Com mais detalhes, será abordado a seguir, os novos dados de produtividade.

III.5 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO E TESTES / FIM DO PROJETO

Com a implantação do sistema automatizado, o tempo de ciclo passou a ser de 6,0 segundos. A montagem dos circuitos shunt e neutro permanecem com o mesmo tempo, no entanto o tempo final total foi otimizado. A Tabela 3 apresenta os dados.

Tabela 3: Relação entre etapas de montagem x tempo.

Atividade	Montagem dos circuitos shunt e neutro	Tempo de transporte e parafusamento
Tempo (s)	1,5	4,5
Tempo total (s)	6,0	

Fonte: Autores, (2018).

Na tabela 3, é possível observar que o tempo de ciclo é de 6,0 segundos, reduzindo consideravelmente o tempo de cada produto parafusado, em relação ao processo antes da automação.

III.5.1 TAXA DE PRODUÇÃO

Os dados de produtividade foram otimizados, juntamente com a redução de mão de obra e eficiência do processo. A Tabela 4 representa os dados de produtividade.

Tabela 4: Relação entre etapas de montagem x tempo.

Tempo de produção	01 hora	08 horas (1 dia)	160 horas (20 dias)
Quantidade medidores parafusados	600	4.800	96.000

Fonte: Autores, (2018).

Por meio da Tabela 4, é possível observar que a taxa de produção passou a ser de 600 medidores parafusados por hora de trabalho, 4.800 medidores a cada 8 horas e mensalmente a empresa tem a capacidade de parafusar até 96.000 blocos de terminais.

Baseado nos dados disponibilizados na Tabela 4, os dados de produtividade em relação ao tempo estão representados pelo Gráfico 2.

Pelo Gráfico 2 nota-se de forma mais clara os dados de produtividade de parafusamento em relação ao tempo por hora, diariamente e mensalmente.

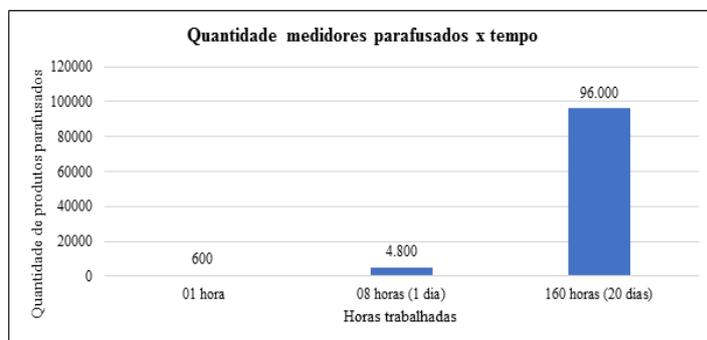


Figura 28: Parafusamento x tempo.

Fonte: Próprio autor, 2018.

IV CONSIDERAÇÕES FINAIS

No início do projeto foi realizado um estudo bibliográfico em artigos, teses de mestrado, artigos técnicos, artigos acadêmicos. O estudo de caso foi realizado em uma empresa do ramo eletroeletrônico do Polo Industrial de Manaus. Por meio de indicadores, tem por objetivo demonstrar a importância da automação, para aumentar a produtividade de um processo de parafusamento. A coleta das informações foi realizada no processo de fabricação do produto, mais especificamente na linha de montagem do bloco de terminais. As informações foram obtidas mediante observações durante a montagem e análise de indicadores de produção. Foi observado que, para realizar o processo de montagem, a organização dispõe de uma esteira de transporte do tipo lona e parafusadeiras pneumáticas do tipo shut

off. A linha de produção apresenta uma grande demanda devido a alto produção e demanda do produto.

A pesquisa foi desenvolvida conforme o planejamento, alguns ajustes mecânicos foram necessários para o correto funcionamento da linha, mas dentro da análise de riscos.

V AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário do Norte (UNINORTE) e ao Instituto Manaus de Tecnologia (MIT) por incentivar o desenvolvimento de pesquisa na Região Norte.

VI REFERÊNCIAS

- [1] Groover, Mikell, **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura**. 3º edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011
- [2] Parker, Tecnologia Pneumática Industrial. [Consulta, de 17 de maio de 2018] Disponível em: <http://www.parker.com>
- [3] Fialho, Arivelto Bustamante, **Automação Pneumática**. 3ª edição. São Paulo: Erica, 2011.
- [4] Micro, **Automacion**. [Consulta, de 5 de abril de 2018] Disponível em: <http://www.microautomacion.com>
- [5] FESTO PNEUMATIC. **Introdução à pneumática**. São Paulo: Festo, 1995.
- [6] Thomazini, Daniel. **Sensores Industriais - Fundamentos e Aplicações**. 8º edição. São Paulo: Saraiva, 2011.
- [7] FESTO PNEUMATIC. **Introdução à pneumática**. São Paulo: Festo, 1995.
- [8] OBR, **Equipamentos Industriais Ltda**. [Consulta, de 30 de maio de 2018] Disponível em: <http://www.obr.com.br/guias-lineares.html>
- [9] MECTROL, **Automação Industrial**. [Consulta, de 03 de maio de 2018] Disponível em: www.mectrol.com.br
- [10] MANUTENÇÃO E SUPRIMENTOS. [Consulta, de 11 de março de 2018] Disponível em: <https://www.manutencaoesuprimentos.com.br/pros-e-contras-da-montagem-em-linha-de-producao/>
- [11] Maribondo, Juscelino de Farias. **Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares aplicada a unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares**. Tese (doutorado em engenharia mecânica), programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 277 p, 2000.

Analysis of mechanical performance in concrete using as raw material waste of construction and demolition

Patrick Monteiro dos Santos¹, Italo Jorge Tavares Jimenez², Charles Ribeiro de Brito³

^{1, 3} Centro Universitário do Norte – UNINORTE - *Laureate Universities*, Brasil, Rua Igarapé de Manaus, 211 – Centro, Manaus/AM

² Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Av Joaquim Nabuco, 1950 – Centro, Manaus/AM

Email: patrick_ssu@yahoo.com, italo.jimenez@itegam.org.br, charles.brito@uninorte.com.br

ABSTRACT

Received: September 20th, 2018

Accepted: November 01th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Civil construction is recognized as one of the most important activities for economic and social development, however, studies indicates that it causes huge environmental impacts, either by the consumption of natural resources, by the modification of the landscape or by the generation of waste. Almost 50% of the total solid waste generated in the country comes from civil construction. The possibility of using these construction and demolition wastes (RCDs in portuguese) makes possible to reduce the use of the natural resources used in this process, avoiding a shortage in the future and reducing the amount of waste generated. This work aims to study the possibility of using RCD as an alternative aggregate without significantly changing the properties and characteristics of the concrete. The experiments attended the Brazilian norms and standards for the use of these materials, since their mechanical resistance must reach the demands made by them. It was verified in the experiments that the concrete resistance varied in average 4 Mpa of the conventional concrete, being able to be used for shallow foundations of small structures. The consistency of the concrete with RCD was close to the consistency of the conventional concrete, bearing the trace had good adherence as to its specific mass. Due to the absorption rate being greater when compared to the commonly used crushed concrete, the concrete with residue required a greater addition of water than the usual concrete. The use of RCD as a bulk aggregate for concrete has met the requirements regarding the standards for its use.

Keywords: Construction and demolition waste, recycling, aggregate.

Análise ao desempenho mecânico em concreto utilizando como matéria-prima resíduos de construção e demolição

A construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, entretanto, estudos apontam como causador de grandes impactos ambientais, seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos. Quase 50% do total de resíduos sólidos gerados no país são oriundos da construção civil. A possibilidade de utilizar esses resíduos de construção e demolição (RCD) possibilita a diminuição do uso dos recursos naturais utilizados nesse processo, evitando uma escassez futuramente e diminuindo a quantidade de resíduos gerados. Objetivo deste trabalho é estudar a possibilidade da utilização do RCD como agregado graúdo alternativo, sem alterar significativamente as propriedades e características do concreto. Os experimentos obedeceram às normas vigentes para a utilização desses materiais e suas empregabilidades, uma vez que sua resistência mecânica deve obedecer às exigências feitas pelas mesmas. Pode-se verificar nos experimentos que a resistência do concreto variou em média 4 Mpa do concreto convencional, podendo ser utilizado para fundações rasas de pequenas estruturas. A consistência do concreto com RCD ficou próximo da consistência do concreto convencional, portando o traço teve boa aderência quanto a sua massa específica. Devido à taxa de absorção ser maior quando comparado com a brita normalmente utilizada o concreto com resíduo necessitou de uma maior adição de água que o traço do concreto usual. O uso do RCD como agregado graúdo para concreto atendeu as exigências quanto à normatização da sua utilização.

Palavras-chave: resíduos de construção e demolição, reciclagem, agregado graúdo.

I INTRODUÇÃO

A construção civil é umas das atividades mais antigas de que se tem conhecimento e, desde os primórdios da humanidade, foi executada de forma artesanal, quando como subprodutos gera grande quantidade de entulho mineral [1]. Tal fato despertou atenção dos construtores já na época da edificação das cidades do Império Romano, pois dessa época datam os primeiros registros de reutilização de resíduos minerais da construção civil na produção de novas obras [2-4].

Atualmente, a construção civil é um dos setores que mais poluem com seus resíduos sólidos, esses resíduos são provenientes das construções, demolições, reformas e outros diversos processos que englobam a construção civil, diante dessa realidade e a necessidade de preservar o meio ambiente, tem-se buscado alternativas para um desenvolvimento mais sustentável [5].

O setor da construção civil é uma área chave para o desenvolvimento sustentável por sua procura por segurança, conforto e bem-estar [6, 7].

Um dos desafios do setor é transformar estes resíduos sólidos em uma nova fonte alternativa de matéria prima [8]. Deste modo, tem-se tentado incorporar o uso do concreto reciclado com substituição dos agregados naturais por agregados reciclados oriundos do beneficiamento do Resíduo de Construção e Demolição (RCD) [9-12].

Com o avanço da tecnologia tem-se possibilitado a reutilização e a reciclagem desses materiais proveniente de Resíduos de Construções e Demolições (RCD) [13-15]. Com essa perspectiva de desenvolvimento sustentável objetivado por essa pesquisa, procura-se reduzir a poluição, economizar o emprego de matérias primas não renováveis e proteger a natureza dos impactos causados pela ação humana [16].

A primeira menção importante do RCD ocorreu após a o final da Segunda Guerra Mundial, quando surgiu a necessidade de remover ruínas e houve a demanda crescente de materiais. Para este caso, o entulho dos edifícios demolidos foi britado como agregados, sendo desta forma reciclado [17].

Dois terços do resíduo de concreto demolido no Japão, já são utilizados para a pavimentação de rodovias. Todavia, já existe um plano para que seja incentivado o uso deste resíduo para a produção de novos concretos [18-20].

A comunidade Europeia a partir de 1988 realizou um grande número de obras em concreto obtido a partir de agregados reciclados, de concreto, de alvenaria, assim como da mistura de ambos [21-23]. Algumas dessas obras são obras de grande porte.

No Brasil, algumas administrações públicas vêm adotando esse processo para a diminuição dos impactos ambientais, como as cidades de Belo Horizonte e cidades do interior paulista. Em Guarulhos - SP, onde foi construído um piso de 12.500 mil m³ com resíduos reciclados no Condomínio Villaggio Maia [24]. Outra cidade onde se utilizou o mesmo processo foi na cidade do Rio de Janeiro, em uma obra da empresa Racional Engenharia, na construção do edifício Torre Almirante, com 36 pavimentos, no local havia um esqueleto de um prédio com 9 pavimentos, a demolição gerou em média 7.000 mil m³ de entulho, a construtora montou no campo de obra uma usina para o reaproveitamento desse entulho, onde o material foi utilizado para a pavimentação de toda a obra e na confecção de blocos de concreto para a edificação do próprio prédio [25].

Para o autor [18] o processamento dos resíduos de construção e demolição não diferem muito daqueles usados para os agregados naturais. A separação do resíduo deve ocorrer o mais cedo possível dentro da cadeia de reciclagem de matérias, de preferência dentro do processo de demolição [26].

Para a inserção de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), como material prima principal, substituindo o agregado graúdos no concreto, é necessário que esse material passe por análise, quanto suas propriedades, afim de atender os padrões exigidos quanto sua resistência mecânica.

Agregado é o material particulado, incoesivo, de atividades químicas praticamente nulas, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. O termo “agregado” é de uso generalizado na tecnologia do concreto; nos outros ramos da construção é conhecido, conforme cada caso, pelo nome específico: filter, pedra britada, bica-corrida, rachão etc. [27].

Os resíduos de construção e demolição podem ser encontrados de diversas formas e oriundos de diversos materiais que resultam dos processos construtivos, os mesmos são provenientes de matérias como: tijolos, telhas, estruturas de concreto, resto de azulejos, entre outros [12].

A classificação dos agregados dar-se através das dimensões das partículas, a origem e o peso específico aparente. Quanto a dimensão, eles podem ser graúdos ou miúdos. Quanto a origem, podem ser classificados como naturais ou industrializados, os naturais são aqueles que se encontram em forma de partículas, industrializados são aqueles que passam por processos por processos industriais. Quanto ao peso específico, decorre devido a densidade do material que constitui as partículas, podem ser classificados como agregados leves, médios ou pesados [28].

Para o experimento objetivado por essa pesquisa, utilizar-se-á agregados oriundos de resíduos de construção civil. Esses elementos serão recolhidos de processos de construção ou demolição, e utilizados como agregados graúdo, onde será analisada as amostras de concreto, sendo classificados como agregados industrializados.

O avanço do conhecimento possibilitou nas últimas décadas, uma grande sofisticação da ciência de materiais hoje empregada para o aperfeiçoamento e desenvolvimento de materiais otimizados para cumprir as funções desejadas com enorme eficiência [29].

Devido à escassez de informações e a necessidade de reduzir o impacto ambiental causado por esses resíduos, essa pesquisa tem o enfoque de comprovar que esses recursos não deixam de atender as especificações no que desrespeito a sua utilização. A finalidade principal dessa pesquisa é encontrar meios para a determinação do impacto causado por esses resíduos sólidos, levando em consideração que em Manaus atualmente todo esse resíduo é descartado nos lixões, sendo que posteriormente os mesmos lixões são inutilizados anos depois, pois não foram tratados de forma adequada.

A Indústria da Construção Civil, em função das características particulares do seu processo produtivo, quando comparada com outros segmentos industriais, e considerando-se sua dimensão em termos de consumo de recursos, constitui-se em uma grande geradora de resíduos.

Diante desse contexto e da importância do desenvolvimento sustentável, observa-se atualmente uma ênfase na discussão de caminhos para se reduzir o consumo desnecessário de materiais na construção civil.

No que diz respeito à questão dos resíduos, pode-se atuar em vários momentos do empreendimento, podendo ser na reciclagem ou no reuso dos resíduos, mas existe também um grande potencial de reduzir esses resíduos através de: uma melhor seleção, um envolvimento maior por parte das empresas que geram e coletam os resíduos, treinamento das pessoas envolvidas no processo de resíduos e de um entendimento maior da Resolução nº 307/2002 do Conama [30].

II MATERIAL E MÉTODOS

O processo metodológico consistiu em: coletar material, preparar as amostras, determinar o traço, preparar corpos de prova (CP) cilíndricos e analisar as características mecânicas, por meio de métodos científicos e normatizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) [31], através de ensaios de compressão, resistência e análise da consistência de homogeneização para o concreto (Figura 1). Sendo, ao fim, utilizada uma porcentagem de material reciclado como agregado graúdo substituindo o agregado graúdo convencional.



Figura 1: Processo metodologia utilizado.

Fonte: Autores, (2018).

O RCD foi fornecido pela empresa Opção Entulho, localizada na Rua Conde de Tocantins, Nº 1630, bairro Parque das Laranjeiras, Manaus-Am (Figura 2).



Figura 2: Resíduos de construção e demolição (RCD) coletados.

Fonte: Autores, (2018).

Na composição do material, houve uma grande variação devido à diversidade de fontes geradoras dos resíduos. Muitos dos materiais são provenientes de demolições de estruturas, isso faz com que sejam mais fáceis de reciclagem.

Um ponto importante observado durante a coleta e seleção dos materiais foi às impurezas encontradas juntamente com os resíduos. Também se observou que alguns materiais tinham teor de densidade muito baixo e que esfarelavam com facilidade, esses materiais, foram retirados da seleção de material, pois poderia comprometer os resultados da pesquisa devido a sua baixa massa unitária. Essas características causam efeitos negativos na análise mecânica do concreto reciclado. Para isso fez-se a separação manual dos resíduos, selecionando apenas aqueles que deveriam ser utilizados.

Quando se estuda a utilização de agregados para a produção de concreto, todas essas características devem ser consideradas, principalmente quando se trata de novos materiais como é o caso de materiais reciclados [18].

Portanto, para a pesquisa foram selecionados três tipos de materiais distintos, sendo eles o tijolo, concretos demolidos e azulejos. Essa escolha foi feita, devido a umidade do material estar diretamente relacionada com o fator água-cimento.

Apesar de ser possível afirmar que concretos reciclados com baixos valores de abatimento podem apresentar trabalhabilidade satisfatória ao ponto de vista do adensamento, existe uma grande preocupação com a perda de trabalhabilidade das misturas em geral, principalmente, de misturas que incorporam materiais com a alta taxa de absorção, como é o caso do agregado reciclado [18].

O material foi conduzido a laboratório onde se realizou adequação para a granulometria equivalente ao tamanho padrão da brita 1 (Figura 3), em seguida utilizou-se a peneira com a bitola de 19'' (Figura 4).



Figura 3: Adequação do RCD.

Fonte: Autores, (2018).

Devido à falta de equipamentos para o processo de adequação do material e tamanho do agregado, o mesmo foi amiado manualmente. O material teve suas dimensões diminuídas utilizando martelo e em seguida peneirado em peneira de 19'' mm.



Figura 4: Peneira de 19'' mm utilizada em análise granulométrica.

Fonte: Autores, (2018).

Foram feitas duas amostras para cada traço, a efeito de comparação. O traço convencional, confeccionado com seixo como agregado graúdo e para o traço com 15% de RCD incorporado.

O traço convencional, ou seja, com 100% de seixo, o foi feito como traço de referência. Foram confeccionados quatro corpos de prova (CP), sendo 2/7 dias e 2/28 dias, inicialmente

dispensando o CP de 2/14 dias, pois quando comparado com os de 28 dias tem-se uma média de variação de resistência mínima no rompimento.

O traço com RCD, teve 85% de seixo, e 15% de RCD. Estes foram confeccionados conforme especificado anteriormente no traço convencional de referência. A confecção dos CPs foi feita conforme a NBR 5738, relacionas na metodologia deste estudo. Para a determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone conforme a ABNT NBR NM 67, que tem por finalidade a mobilidade do concreto em uma massa, o *Slump* é a medida do seu abatimento realizado neste ensaio, a medida do adotada para o *Slump* foi de 10 ± 2 . O Molde do Corpo de Prova teve diâmetro da base inferior: 200 mm e diâmetro da base superior: 100 mm. Altura: 300 mm.

A haste para o adensamento da amostra tinha forma geométrica cilíndrica, com diâmetro de $0,16 \pm 0,20$ mm e comprimento de 600 mm a 800 mm, sendo fabricada em aço. Por sua vez a placa de base para apoio do molde era metálica, plana, quadrada, com lados de dimensão não inferior a 500 mm e espessura igual ou superior a 3 mm, conforme ABNT [31].

O procedimento de moldagem consistiu em umedecer as paredes internas do molde e da placa. Em seguida montou-se o equipamento (placa, molde e colarinho), apoiando os pés sobre as aletas do molde e preenchendo em três camadas de volume aproximadamente iguais adensando cada camada antes da colocação da seguinte (Figura 5).



Figura 5: Procedimento de moldagem (*Slump test*).
Fonte: Autores, (2018).

Cada camada foi adensada com 25 golpes uniformemente distribuídos pela haste de socamento, até que atingisse a camada anterior. Conforme preconiza a ABNT [31] (Tabela 1).

Tabela 1: Número de camadas para moldagem dos CPs.

Tipo de corpo-de-prova	Dimensão básica (d) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Número de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
Prismático	450	5	9	225
	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450	3	--	--

Fonte: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova [31].

Manteve-se um excesso constante de concreto na borda superior até momento em que foi adensada a última camada. Retirou-se o colarinho e rasou-se a superfície.

Pressionou as alças do molde para baixo, retirando os pés das aletas e mantiveram-se durante tempo 8 segundos, levantando cuidadosamente o molde, na direção vertical (Figura 6).



Figura 6: Procedimento de moldagem (*Slump test*).
Fonte: Autores, (2018).

Assim foi possível determinar a diferença entre a altura do molde e a altura média da amostra assentada, expressando em milímetros, com aproximação de 5 mm (Figura 7).



Figura 7: Altura média da amostra assentada (*Slump test*).
Fonte: Autores, (2018).

Para que o processo de moldagem e cura dos corpos de provas cilíndricos foi realizado segundo as especificações [32], onde a mesma subscreve as condições para a moldagem e cura dos copos de provas cilíndricos.

A dimensão utilizada como referência para os corpos de prova, por se tratar de corpo de prova cilíndrico, foi a dimensão do diâmetro. A altura foi igual ao dobro do diâmetro. As medidas padrões foram de 25cm. As laterais da base do molde utilizado eram fabricadas de aço.

As amostragens foram confeccionadas conforme as especificações [33] e registrando dia e hora da adição de água na mistura e moldagem.

Antes de moldar as amostras, os moldes e suas hastes foram convenientemente revestidos com uma camada simples de óleo mineral, para facilitar posterior desmontagem.



Figura 8: Adensamento e moldagem dos corpos de prova.
Fonte: Autores, (2018).

Durante as primeiras 24 horas após a moldagem, os CPs ficaram em superfície horizontal e rígida armazenados em ambiente protegido, cobertos com material não reativo e não absorvente (Figura 9).



Figura 9: Moldagem dos corpos de prova.
Fonte: Autores, (2018).

Após passadas 24 horas foram desmoldados, armazenados e identificados até o rompimento das amostras (Figura 10).



Figura 10: Corpos de prova indenticados prontos para rompimento.
Fonte: Autores, (2018).

Os ensaios de resistência compressão dos corpos de prova cilíndricos são apresentados conforme Tabela 2.

Tabela 2: Tolerância para a idade de ensaio

Idade do ensaio	Tolerância permitida em horas
24 h	0,5
3 d	2
7 d	6
28 d	24
63 d	36
91 d	48

NOTA: Para outras idades de ensaio, a tolerância deve ser obtida por interpolação.

Fonte: Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos [31].

Para a execução do ensaio de resistência a compressão inicialmente se determinou o diâmetro para cálculo da seção transversal de ± 1 mm pela média de dois diâmetros, ortogonalmente medidos da metade da altura de corpo de prova;

Os corpos de provas foram rompidos conforme especificado [34], descritos na Tabela 2.

Antes do início dos ensaios as faces do corpo de prova e dos pratos foram devidamente limpas e secas ante de serem postos na posição do ensaio.

Os carregamentos nos ensaios foram aplicados continuamente com a velocidade de $0,45 \pm 15$ MPa/s, que por sua vez cessou quando o corpo de prova indicou uma queda de força de ruptura.



Figura 11: Rompimento do corpo de prova.
Fonte: Autores, (2018).

$f_c = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot D^2}$ A resistência à tração obtida no ensaio foi calculada pela seguinte equação:

(1)

Onde:

f_c = a resistência à compressão em MPa;

F = a força máxima alcançada em Newtons;

D = o diâmetro do corpo de prova em milímetro;

Após o ensaio de resistência à compressão, foi obtido o a resistência do concreto, e posterior classificação desse concreto segundo a sua utilização. Se tratando de corpos de prova com a relação h/d menor que 1,94, deve se adotar os valores de correção, descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Fator de correção h/d .

Relação h/d	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
Fator de correção	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87

NOTAS: os índices correspondentes à relação h/d não

indicadas podem ser obtidas por interpolação linear, com aproximação de centésimos.

Fonte: Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos [31].

III RESULTADOS

O resultado do *Slump Test*, para o traço convencional ficou com *Slump* de 12 e o traço com RCD ficou com *Slump* de 10, ambos atenderam a exigências especificadas pela norma.

O capeamento dos CPs não foi necessário, pois os moldes não apresentaram imperfeições. Portanto os CPs foram levados diretamente ao processo de rompimento.

Com base na norma, o maior valor obtido nos testes de resistência dos dois CPs que será adotado como a resistência final. Na Tabela 4 é apresentado o valor obtido nos testes de rompimento dos CPs e resistência obtida através dos ensaios realizados.

Tabela 4: Resultado dos ensaios de resistência à compressão.

Amostra		Traço	Idade (dias)	Resistência à compressão (MPa)		
Nº	Fck			CP 1	CP 2	Final
1	20	Convencional	7	14,1	21,3	21,3
2	20	RCD	7	12,3	17,0	17,0
3	20	Convencional	28	24,	25,7	25,7
4	20	RCD	28	20,2	21,7	21,7

Fonte: Autores, (2018).

Pode se observar que a resistência do CP com RCD, está dentro da resistência desejada [31]. Asse traço (28 dias) pode ser utilizado para fundações rasas de pequenas estruturas onde são aplicadas resistências de 15 a 20 Mpa [35].

IV CONCLUSÃO

Durante a pesquisa foi evidenciado que na cidade Manaus atualmente, não há empresas que trabalham com a reciclagem ou reutilização dos resíduos de construção e demolição a fim de transformá-los em materiais alternativos e/ou promover o retorno ao setor da construção civil. Há a necessidade de investimentos para a coleta desses resíduos, para que eles possam voltar como matéria prima para o setor da construção civil, não apenas para agregado graúdo, mas entre outras finalidades. A utilização do RCD como agregado graúdo para concreto atende as exigências quanto a normatização da sua utilização. Pode-se verificar nos experimentos que a resistência do concreto varia em média 4 Mpa do concreto convencional, podendo ser utilizado para fundações rasas de pequenas estruturas. A consistência do concreto com RCD ficou próximo da consistência do concreto convencional, portando o traço teve boa aderência quanto a sua massa específica. Pode-se verificar que o concreto com RCD necessita de mais água quando comparado com traços de concreto convencional, devido a taxa de absorção ser maior do que da brita usual. A utilização de RCD diminuiria a quantidade de resíduos descartados isso gera impacto direto ao meio ambiente. O impasse dessa alternativa seria o processo de remanufatura desse material para que o mesmo voltasse em condições adequadas para utilização.

Os dados disponíveis demonstram a viabilidade técnica e econômica da utilização dos RCD como agregado graúdo. O concreto com RCD não diminuem consideravelmente a resistência do concreto, o mesmo pode ser utilizado em como agregado graúdo quando utilizado em pequena quantidade.

V REFERÊNCIAS

- [1] L. Brasileiro and J. Matos, "Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil (Literature review: reuse of construction and demolition waste in the construction industry)," *Cerâmica*, vol. 61, pp. 178-189, 2015.
- [2] S. A. da Silva, E. S. Silva, P. B. Alcântara, J. L. de Oliveira Junior, and H. A. C. Rodrigues, "Utilização de resíduos de concreto e argamassa para produção de concreto Portland."
- [3] C. F. de Jesus, "Reciclagem de entulho e sua viabilidade sustentável e econômica no município de Paraty/RJ."
- [4] P. M. Carrijo, "Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto," Universidade de São Paulo, 2005.
- [5] L. A. Karpinsk, *Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental*: Edipucrs, 2009.
- [6] S. F. Motta and M. T. P. Aguiar, "Sustentabilidade e processos de projetos de edificações," *Gestão & Tecnologia de Projetos*, vol. 4, pp. 88-123, 2009.
- [7] M. A. Araújo, "A moderna construção sustentável," *IDHEA-Instituto para o Desenvolvimento da*, 2008.
- [8] M. C. Casagrande, M. Sartor, V. Gomes, V. Della, D. Hotza, and A. d. Oliveira, "Reaproveitamento de resíduos sólidos industriais: processamento e aplicações no setor cerâmico," *Cerâmica Industrial*, vol. 13, pp. 34-42, 2008.
- [9] A. E. B. Cabral, "Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD," Universidade de São Paulo, 2007.
- [10] R. F. E. Pedrozo, "Influência da substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado fino em propriedades de argamassas e concretos," 2008.
- [11] D. M. Prado, "Propriedades físicas e mecânicas de blocos estruturais produzidos com agregados reciclados de concreto," Universidade de São Paulo, 2006.
- [12] F. A. Bidone, "Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização," 2001.
- [13] T. d. P. Pinto, "Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana," *São Paulo*, vol. 189, 1999.
- [14] A. L. P. G. Guedes, "Avaliação da geração de resíduos da construção civil e suas implicações em bairros populares. O caso do bairro de Gramame em João Pessoa-PB," 2014.
- [15] A. H. M. Caldas, "Análise da disposição final dos resíduos de construção e demolição na cidade de João Pessoa," 2016.
- [16] M. Cavalli, "Práticas sustentáveis aplicadas ao setor da construção civil: um estudo sobre as percepções dos arquitetos," 2015.
- [17] S. C. Angulo, "Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados," Universidade de São Paulo, 2001.

- [18] M. B. Leite, "Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição," 2001.
- [19] S. R. L. Ferreira, "O pensamento do ciclo de vida como suporte à gestão dos resíduos sólidos da construção e demolição: exemplo no Distrito Federal e estudos de casos de sucessos no Brasil e no exterior," 2009.
- [20] D. M. d. Melo, "Estudo de misturas asfálticas com resíduo de construção e demolição oriundo do município de Manaus-AM," 2010.
- [21] G. L. Vieira, "Estudo do processo de corrosão sob a ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição," 2003.
- [22] S. E. Zordan, "A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto," 1997.
- [23] P. S. Lovato, "Verificação dos parâmetros de controle de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para utilização em concreto," 2007.
- [24] H. G. Aragão, "Análise estrutural de lajes pré-moldadas produzidas com concreto reciclado de construção e demolição," 2007.
- [25] P. M. Souto Maior, "Estrutura metálica para moradia popular em encostas," 1997.
- [26] P. Duarte and V. Lima, "Beneficiamento do resíduo de construção," in *Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica*, 2007.
- [27] C. A. Romano, "Apostila de Tecnologia do Concreto," 2016.
- [28] V. M. John and V. Agopyan, "Reciclagem de resíduos da construção," *Seminário Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos*, 2000.
- [29] R. d. R. Faller, "Engenharia e Design: Contribuição ao estudo da seleção de materiais no projeto de produto com foco nas características intangíveis," 2009.
- [30] E. CARELI, "A Resolução CONAMA nº 307/2002 e as novas condições para gestão dos resíduos de construção e demolição," *São Paulo*, vol. 154, 2008.
- [31] N. ABNT, "5738: 2003," *Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT*, 2003.
- [32] A. B. d. N. Técnicas, "NBR 5738: Concreto-Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova," ed: ABNT Rio de Janeiro, 2008.
- [33] N. NBR, "33: Concreto-amostragem de concreto fresco," *Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT, Rio de Janeiro, Brasil*, 1998.
- [34] N. ABNT, "5739 (2007)," *Associação Brasileira de Normas Técnicas*, 2007.
- [35] A. B. N. Técnicas, *ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto-procedimento*: ABNT, 2007.



Analysis of the implantation of clayey material and superplasticizer additive in mortar

Jacob Menezes de Souza¹, Bruna Barbosa Matuti²

^{1,2} Engenharia Civil - Centro Universitário do Norte (UNINORTE) - Manaus - AM.

Email: jacob.menen@hotmail.com, bruhmatuti@outlook.com

ABSTRACT

Received: October 30th, 2018

Accepted: November 27th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The use of clay material has a great contribution in the civil construction, not yet so well explored, besides presenting incredible characteristics, it can also solve daily problems in various types of works. In-line erosion, for example, caused by infiltration of water into the soil, due to the leakage to the outside of the deep drainage pipe, is a problem that can be solved by the application of clay and other materials. With the objective of minimizing the indices of landslides in the roads, researches were developed with the purpose of reducing these types of problems in all places with a drainage system. The present study aims, through experimental procedures, to analyze the application of clay material and super plasticizing additive in mortar. The purpose of the laboratory is to form a bond for deep drainage pipes, where the use of clay can inhibit the passage of water out of the pipes, preventing the infiltration of water into the soil and avoiding future erosion. In addition, the superplasticizer additive has been added, which eliminates air bubbles and can leave the bonding done with more resistant clay. The results indicate the feasibility of the use of pure clay and additive in mortar, where the analysis of the mixture, texture and strengths and evaluation of the material as a great solution for the leakage of water in the external part of the tubes was made.

Keywords: Mortar; mixture; pure clay; superplasticizer; resistance.

Análise da Implantação de Material argiloso e Aditivo superplastificante em Argamassa

RESUMO

O uso de material argiloso tem uma grande contribuição na construção civil, ainda não tão bem explorado, além de apresentar características incríveis, ele também pode solucionar problemas diários em diversos tipos de obras. As erosões em vias por exemplo, causada pela infiltração da água no solo, devido o vazamento para parte externa do tubo de drenagem profunda, é um problema que pode ser solucionado pela aplicação da argila e outros materiais. Com o objetivo de minimizar os índices de desmoronamentos nas vias, pesquisas foram desenvolvidas com intuito de reduzir esses tipos de problemas em todos os lugares que se tenha sistema de drenagem. O presente estudo, visa, através de procedimentos experimentais, analisar a aplicação de material argiloso e aditivo super plastificante em argamassa. Realizado em laboratório o intuito é formar uma colagem para tubos de drenagem profundas, onde a utilização da argila possa inibir a passagem da água para fora dos tubos, impedindo a infiltração da água no solo e evitando uma futura erosão. Além disso, foi acrescentado o aditivo super plastificante, que elimina as bolhas de ar e pode deixar a colagem feita com argila mais resistente. Os resultados obtidos indicam a viabilidade do uso da argila pura e do aditivo em argamassa, onde foi feita a análise da mistura, textura e resistências, e avaliação do material como uma grande solução para o vazamento de água na parte externa dos tubos.

Palavras-Chaves: Argila pura, superplastificante, argamassa, mistura, resistência.

I INTRODUÇÃO

Nos últimos anos têm-se intensificado as pesquisas mundiais com intuito de estudar materiais para criações de novos

experimentos que possam ser usados na construção civil. Uma das maneiras de se formar novos produtos é a mistura de materiais ao cimento e areia, todos os testes possíveis estão sendo feito em busca de soluções e resistência e em alguns casos até

substituindo o cimento. A tecnologia de substituir ou misturar o aglomerante com outros materiais se mostra bastante viável, visto que a agroindústria, uma das mais antigas atividades econômicas do país, apresenta elevado desenvolvimento tecnológico, somando boas condições geológicas e climáticas apresentadas no país. Estudos relacionados com a aplicação de argila com algum tipo de aditivo são de grande valia, uma vez que podem possibilitar a produção de produtos com maior resistência e durabilidade, além de proporcionar a redução de custos e de impactos ambientais. [3]

Neste projeto o estudo dos materiais para implantação na argamassa foi através de análises e observações, via-se que em obras de drenagens haviam grandes problemas após a aplicação do revestimento simples para colagem, aplicava-se em determinado período e depois da espera da aplicação os resultados em inúmeras vezes não eram positivos, pois a colagem simples podendo ser chamada também de revestimento para drenagens profundas não estava mais suportando a pressão da água na parte interna do tubo. Pensando nisto, foi realizado em laboratório estudos para implantação de materiais que pudessem de alguma forma contribuir para o fim destes problemas. Neste processo foi misturado juntamente a argamassa, material argiloso e aditivo superplastificante, a pesquisa foi feita em cima desses materiais verificando suas características, vantagens e desvantagens de se usar. A argila apresentou resultados excelentes com características químicas que podem inibir a passagem de água quando o produto for usado, o superplastificante reduziu as bolhas de ar na confecção da colagem eliminando os índices de vazios e contribuindo para resistência deste produto quando aplicado. Os Resultados foram totalmente positivos, a aplicação em moldes deu-se a entender que é resistente e que funciona na prática.

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A utilização da Argila e aditivo superplastificante em argamassa podem contribuir para um novo material capaz de reduzir as erosões em vias quando aplicados em tubos de Drenagem profunda.

A argila corresponde aos minerais que apresentam tamanho inferior a $2\ \mu\text{m}$ em uma rocha. É uma herança dos estudos petrográficos efetuados pela microscopia óptica no fim do século XIX, quando os cristais que apresentavam tamanho inferior a $2\ \mu\text{m}$ não podiam ser distinguidos, sendo classificados pela denominação genérica "argila". Hoje, a denominação argila difere em função dos campos de estudo. Assim, em geotecnia, na qual o que interessa é sobretudo o comportamento mecânico dos solos, designa-se argila os materiais de granulometria inferior a $4\ \mu\text{m}$ [2].

O superplastificante possui teor de sólidos de 31,2 %, massa específica de $1.073\ \text{kg/m}^3$ e pH 6,2. O método empregado para avaliar a compatibilidade e o ponto de saturação do dispersante sobre as partículas finas é o ensaio de fluidez de pastas através do uso do funil de Marsh [1].

III MATERIAIS E MÉTODOS

III.1 COLETA DA ARGILA

A argila utilizada nesta pesquisa foi obtida diretamente do local de estágio, realizado em uma obra de drenagem profunda em Manaus – Am. Em requisitos críticos sempre se observava o constante desperdício de material argiloso no local. Visando os problemas diários nas obras de micro e macrodrenagem por diversos vazamentos de água para fora dos tubos, e com a crescente evasão de mão de obra e com a queda da produção no

local, surgiram ideias que pudessem melhorar os serviços no local e foi neste caso que a argila foi usada como estudo para uma futura reutilização em argamassa.



Figura 1: Argila coletada do Local de obra.
Fonte: Autores, (2018).

A característica da argila é justificada pela observação de em sua forma e cor. Geralmente o mais encontrada neste caso é sempre a argila pura. A Argila em estudo foram secadas ao sol para reduzir parcialmente sua umidade. Em seguida, uma secagem em estufa a 110°C foi feita de modo a preparar o material para o processo de moagem com a massa específica de $2,4149\ (\text{g/cm}^3)$. Foram moídos 2,4kg de Argila a 5000RPM por vez durante 4 horas em um moinho de bolas localizado no laboratório de Engenharia da Uninorte. Como última etapa desse processo essa cinza foi levada a uma indústria para homogeneizar a queima ficando no forno por mais 10 dias, completando a etapa de preparo do material. [7]

III.2 CIMENTO PORTLAND

Para a escolha do cimento, optou-se pelo modelo CP I-S-40 da marca CEMEX. Encontrado na cidade de Manaus, a escolha pela tipologia teve avaliações feitas segundo as normas da ABNT NBRA, os cimentos CP I-S possuem de 95% a 99% de clínquer com adição de gesso e apenas 1% a 5% de uma das adições estabelecidas em norma que no caso desta marca é o material pozolânico tornando-se assim o cimento mais puro e adequado para esta estudos e experimentos. [6]



Figura 2: Cimento Cemex.
Fonte: Autores, (2018).

III.3 AREIA

A areia usada no Experimento foi doada pela empresa POLIMIX, situada na cidade de Manaus-AM. A areia passou pelas peneiras de #300 e #200 e passou pelo processo de secagem pela estufa, a massa específica foi de 2.625 (kg/m³) e a composição granulométrica do agregado utilizado foi determinada conforme a normas regulamentadoras de agregados [4].



Figura 3: Areia doada pela Empresa Polimix.
Fonte: Autores, (2018).

III.4 ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

Doado pela Empresa POLIMIX, o material serviu de bom uso para o experimento. O aditivo superplastificante adotado para esta pesquisa foi o GLENIUM 21 - BASF. Trata-se de um superplastificante de terceira geração à base de éter policarboxílico. Por efeito da repulsão eletrostática, o superplastificante dispersa as partículas de cimento, fazendo com que se necessite de menos água para se atingir uma dada trabalhabilidade.

O superplastificante possui teor de sólidos de 31,2 %, massa específica de 1.073 kg/m³ e pH 6,2. O método empregado para avaliar a compatibilidade e o ponto de saturação do dispersante sobre as partículas finas é o ensaio de fluidez de pastas através do uso do funil de Marsh. O superplastificante foi misturado com 0,250 g de água conforme a Figura 4. [5]



Figura 4: Aditivo Superplastificante.
Fonte: Autores, (2018).

IV PROCESSO DE MISTURA

O processo de mistura dos materiais é muito simples, porém deve ser feito com cuidado e com todos os equipamentos

adequados em um laboratório. O processo escolhido foi o manual, onde se mistura o cimento e areia primeiramente, depois a argila e o superplastificante misturado com a água. Deve ser misturado rapidamente não perdendo a intensidade da mistura. Observa-se um bom desempenho, quando se apresenta uma boa textura e cor barrenta. [5]



Figura 5: Processo Mistura 1.
Fonte: Autor, (2018).

Na primeira etapa do procedimento se mistura os materiais, primeiro vem o aglomerante, a argila e o agregado miúdo, em seguida vai o aditivo superplastificante misturado com água e sendo misturado com cuidado e aos poucos.



Figura 6: Procedimento de Mistura 2.
Fonte: Autores, (2018).

Na segunda etapa foi implantado o aditivo superplastificante e em seguida foi realizado o processo de mistura e ao mesmo tempo observações do comportamento dos materiais durante o processo.



Figura 7: Procedimento de Mistura 3.
Fonte: Autores, (2018).

Nesta fase os movimentos devem ser leves e precisos, a formação da pasta vem com coloração barrenta por conta da argila e do aditivo. Feito este processo se tem um material novo obtidos através destas implantações, onde se comportaram muito bem, apresentando características de um bom produto, ótima textura e homogeneidade, e o resultado dessa mistura pode ser observado na Figura 8. [8]



Figura 8: Processo de Mistura Finalizado.
Fonte: Autores, (2018).

VI.1 DOSAGEM E PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVAS

As dosagens dos corpos foram realizadas através Método do Empacotamento Compressível (MEC). Trata-se de um método científico, cuja eficiência já foi testada em diversos concretos com resistências normais, de alto desempenho, auto adensáveis, entre outros.

O fator água/cimento utilizado nas misturas foi de 0,25. A moldagem dos corpos de prova para o concreto de referência ocorreu em moldes cilíndricos de 100mm de diâmetro e 200mm de altura. Já os corpos de prova dos concretos em que se utilizou a argila os moldes apresentavam 75mm de diâmetro e 150mm de altura. Essa diferenciação ocorreu, pois não se dispunha de muita quantidade de cinza para a pesquisa. Sendo assim, foi necessário um volume maior para a moldagem do concreto de referência e, conseqüentemente, um peso maior para os materiais.

Todos estes procedimentos foram realizados no Laboratório do centro universitário do Norte - Uninorte Laureate, com todos os materiais e equipamentos utilizados conforme as normas da ABNT, e acompanhado por um orientador e alguns profissionais do ramo da construção civil. [12]

As Tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, a massa dos materiais para as moldagens dos corpos de referência, argamassa com a implantação de 8% e 10% de argila e 7% de superplastificante. [8]

Tabela 1: Dosagem para 8% de Argila

Dosagem – 8% Argila	
Material	Kg
Água	0,25
Cimento	1
Areia	0,5
Aditivo	7%
Argila	8%

Fonte: Autores, (2018).

Tabela 2: Dosagem para 10% de Argila

Dosagem – 10% Argila	
Material	Kg
Água	0,25
Cimento	1
Areia	0,5
Aditivo	7%
Argila	10%

Fonte: Autor, (2018).

Para a moldagem dos corpos, acontecida no Laboratório da Uninorte, como citado foram utilizados corpos-de-prova cilíndricos com dimensões 5 x 10 cm (concreto com argila) e 10 x 20 cm (argila e superplastificante já misturados). Para cada mistura foram moldados 3 corpos-de-prova com o intuito de ter 6 corpos de prova para realização de ensaios mecânicos nas quatro idades definidas (7, 14 e 28 dias).



Figura 9: Corpo 10x20 Cm.
Fonte: Autores, (2018).

O produto foi produzido em sala climatizada à temperatura de (21 ± 1) °C. Para produção foi utilizado um misturador planetário e também betoneira com capacidade de até 200 litros, todos estes procedimentos também foram realizados no Centro Universitário do Norte - Uninorte Laureate, seguindo as recomendações das normas da ABNT.



Figura 10: Corpo de prova 5x10 cm.
Fonte: Autores, (2018).

A análise das propriedades da argamassa no estado fresco ocorreu logo após a mistura. Para análise das propriedades no estado endurecido foram moldados corpos-de-prova, após adensamento e vibração em três camadas através de uma mesa vibratória. Os corpos de prova foram retirados dos moldes após 24 horas, sendo então identificados e levados à câmara úmida

onde permaneceram até a data dos respectivos ensaios. A cura aconteceu com temperatura de $(21\pm 1)^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 100%. De lá, saíram para serem capeados com pasta de enxofre para garantia da planicidade e paralelismo entre as bases e perpendicularidade ao cilindro. [11]



Figura 11: Corpo de Prova após os procedimentos.
Fonte: Autores, (2018).

VI. 2 ENSAIOS MECÂNICOS

O grande lema da resistência mecânica dos materiais nos projetos de engenharia é de fundamental importância. Embora na presente pesquisa o objetivo seja analisar o impacto dos materiais implantados, o comportamento mecânico dos concretos também foi investigado através da evolução da resistência à compressão e da resistência à tração por compressão diametral nas quatro idades definidas. [13]

VI.3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Dos 6 corpos-de-prova por idade destinados ao ensaio mecânico, 3 deles sofreram ruptura por compressão simples em uma prensa servo-controlada. Ocorrida no Laboratório de Ensaios Mecânicos do Uninorte, de acordo com as prescrições da NBR 5739 (1994) com velocidade de carregamento de 0,2 mm/min.



Figura 12: Ensaio á Compressão.
Fonte: Autores, (2018).

O comportamento tensão versus deformação foi obtido com emprego de transdutores elétricos para medição dos deslocamentos longitudinais. Além disso, foi calculado o módulo de elasticidade para cada corpo de prova rompido. O cálculo foi feito considerando apenas o trecho linear elástico inicial. [10]



Figura 13: Ensaio á Compressão axial.
Fonte: Autores, (2018).

VI.4 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

O ensaio de compressão diametral apresenta-se como alternativa para se estimar a resistência à tração devido à facilidade de execução. O ensaio consiste, basicamente, na aplicação de um carregamento compressivo ao longo de duas geratrizes situadas em um mesmo plano diametral no corpo-de-prova cilíndrico. Determina-se a carga de ruptura que ocorre quando se inicia a abertura de fratura neste plano diametral em decorrência da geração de um estado de tensões biaxiais na região do plano que contém a carga aplicada.

Para este experimento, foram separados dois corpos-de-prova por idade, sendo estes divididos ao meio, totalizando 4 pequenos cilindros que sofrerão o ensaio. Também se fez uso da prensa. Uma amostra do corpo-de-prova após o ensaio é ilustrada na Figura 14. [13]



Figura 14: Corpo de prova após o ensaio.
Fonte: Autores, (2018).

V RESULTAOS DA RESISTÊNCIA Á COMPRESSÃO AXIAL

A Tabela 3 apresenta os resultados dos ensaios de resistência à compressão. Na tabela também é mostrado o coeficiente de variação obtido entre as amostras aos 7, 14 e 28 dias. Os valores foram obtidos através de uma média entre os corpos-de-prova rompidos, descartando-se aquele resultado cujo coeficiente de variação fosse maior que 10% a fim de dispor de maior confiabilidade nas análises.

Para o primeiro corpo de prova de referência foi obtido uma resistência aos 7 dias de 9 MPa com 8%, enquanto que o com 10% de argila atingiu uma resistência de apenas 12 MPa, fato que comprova o que foi mostrado em estudos anteriores que a influência da argila na resistência do concreto não ocorre de maneira imediata e se acentua ao longo do tempo.[9]

Tabela 3: Resultado das Resistências dos Corpos de Provas

7 DIAS		14 DIAS		28 DIAS	
Mistura	MPA	Mistura	MPA	Mistura	MPA
8% AG	9	8% AG	17	8% AG	26
10% AG	12	10% AG	24	10% AG	37

Fonte: Autores, (2018).

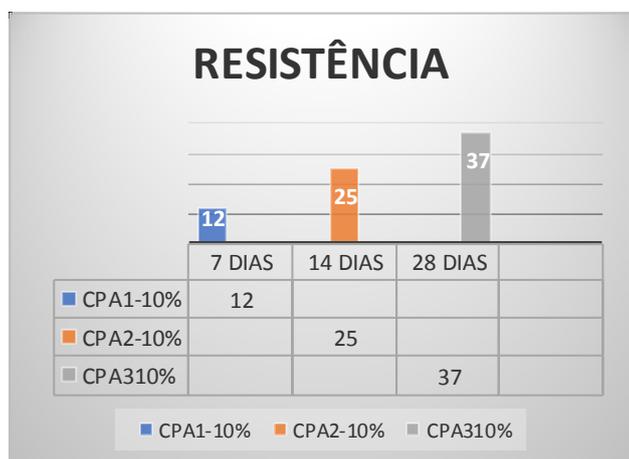


Figura 15: Resistência 10% de argila.

Fonte: Autores, (2018).

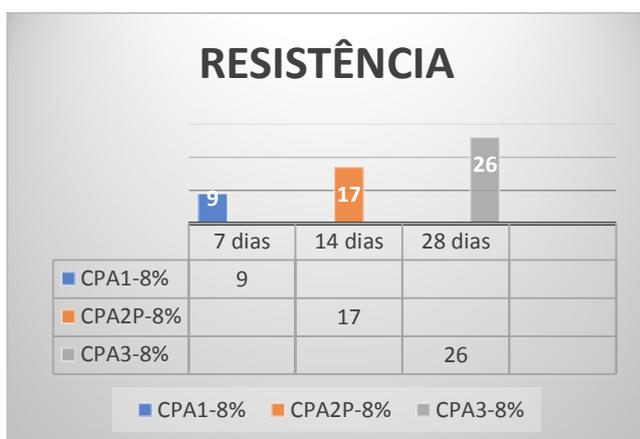


Figura 16: Resistência com 8% de argila

Fonte: Autores, (2018).

Aos 28 dias, a mistura com 8% de argila apresenta um pouco mais de 75% da resistência atingida pelo concreto de referência na mesma idade, já o concreto com 10% de argila esse indicativo foi de 83%. O fato da argila e o aditivo e cimento

serem materiais que apresentam diferentes tensões superficiais pode ter contribuído para este resultado. Apesar disso, é possível afirmar que houve uma interação física entre os componentes do concreto, isto é, ocorreu um empacotamento das partículas existentes. [9]

V.1 ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO PRODUTO EM MOLDE DE GARRAFA PLÁSTICA COM A APLICAÇÃO DE ÁGUA

Segundo a avaliação do resultado da Mistura, observou-se que o material estava apto a ser aplicado em moldes para experimentos. Neste caso foi feito um molde de garrafa plástica, onde foram usadas duas garrafas de 500ml, cortando-as ao meio. Feita a junção, o molde estava pronto para receber a aplicação do material.



Figura 17: Aplicação no Molde de garrafa plástica.

Fonte: Autores, (2018).

Na etapa da aplicação do produto ao molde de plástico, foi analisado seu comportamento, visando que foi realizado com sucesso, enfatizando que não houve nenhum problema no procedimento. Feita esta etapa, passamos para o tempo de secagem, onde se espera 24 horas até o produto está totalmente seco no molde. No dia seguinte com experimento já aplicado e seco, a sua estrutura também foi avaliada e estava totalmente apta para o próximo passo, nesta situação foi feita a aplicação da água no molde. Esta etapa foi de grande importância, pois era ela que iria determinar se o material suportava a água que ali foi aplicada.



Figura 18: Produto seco após aplicação.

Fonte: Autores, (2018).

Depois da aplicação da água, o experimento ficou em observação por 4 horas, e análise que foi obtida, foi que a água não vazou para fora do material e nem do molde apresentado na Figura 17. [8]



Figura 19: Aplicação da água.
Fonte: Autores, (2018).

Dessa forma, se enfatiza-se que a implantação de Argila e Aditivo superplastificante em argamassa, é eficaz, tem durabilidade, resistência e estaria preparada para ser aplicada em tubos de drenagem profundas. A figura 18 mostra o resultado no Molde de garrafa plástica onde não houve vazamento de água.



Figura 20: 4 horas de observação.
Fonte: Autores, (2018).

V.2 ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO PRODUTO EM MOLDE DE CONCRETO

Em virtude de todos os experimentos realizados desde a mistura com a implantação da Argila e aditivo superplastificante na argamassa e entre aplicações do material, todos estes testes foram bem sucedidos, para o experimento final deste projeto, foi feito dois moldes de concreto, onde ambos simbolizam um tubo de drenagem profunda em pequenas dimensões. A ideia geral do experimento é adequar o material realizado aos tubos de drenagens onde este produto serviria como uma argamassa colante, onde as características dos materiais aplicados pudessem neutralizar a passagem para fora da estrutura e dando maior resistência a mesma.



Figura 21: Produção dos Moldes.
Fonte: Autores, (2018).

O molde de pequena escala tem 15x6, 15 centímetros de diâmetro por 6 centímetros de altura, a mistura foi novamente aplicada neste molde como o seguinte traço: 1:0,50:0,25 (Cimento, areia, água), 7% de aditivo e 10% de Argila. O material foi aplicado com sucesso e está apto para ser usados em tubos de concreto. [14]



Figura 22: Moldes Prontos.
Fonte: Autores, (2018).



Figura 23: Aplicação no Molde.
Fonte: Autores, (2018).

Com os moldes prontos foi aplicado o produto, as avaliações foram positivas e material se comportou muito bem quando aplicado no molde, enfatizando que esse experimento está apto a ser aplicado em tubos de concreto, o resultado da aplicação é ilustrado na Figura 22 [8].



Figura 22: Resultado.
Fonte: Autores, (2018).

V.3 ANÁLISE DO RESULTADO DA IMPLANTAÇÃO DA ARGILA E SUPERPLASTIFICANTE EM ARGAMASSA

Foi observado durante o preparo das amostras usando argila e aditivo superplastificante na argamassa os resultados durante o processo de mistura, onde a argila se comportou muito bem formando uma massa homogênea e boa de se trabalhar, suas propriedades químicas trabalharam muito bem com as dos demais materiais. Também foi acrescentado o aditivo superplastificante onde o intuito era reduzir os índices de vazios e no final do processo dar uma boa resistência, o aditivo teve uma ótima reação na mistura.

Dessa forma, o processo de mistura onde se era observado a implantação do uso de material argiloso e aditivo superplastificante em argamassa para fim de usos em tubos de drenagem profundas foi um sucesso. O colante ficou exatamente como o esperado e a aplicação tanto no molde de concreto como de garrafa plástica foi bem sucedida.

Nos gráficos 1 e 2 apresenta-se os resultados dos ensaios. Percebe-se que o valor de abatimento para a mistura com 8% de argila mantém-se próximo a faixa estabelecida para a argamassa de referência, ao passo que a argamassa com 10% de argila apresentou um abatimento bem superior aos outros.

Pode-se dizer que a plasticidade do concreto melhorou ao aumentar o teor de Argila. Nesse caso, não necessitaria nem fazer uso de mais aditivo, pois só com a inserção da própria argila já foi adquirida uma boa trabalhabilidade. O correto seria manter a mesma consistência para ambas argamassas, variando apenas a adição de superplastificante, mas como se trata de um estudo exploratório não houve essa preocupação.

VI CONCLUSÃO

Com intuito de realizar novos experimentos, este estudo apresenta o uso de material argiloso e aditivo superplastificante em argamassa, com objetivo de alcançar resultados positivos que possam contribuir para ramo da Engenharia civil. Os materiais utilizados foram analisados e testados, verificando se eram compatíveis com os demais. Em processo de mistura foi avaliado que este procedimento é positivo quando implantados na

argamassa, obtendo resultados excelentes. Avaliando a mistura e suas características, o material foi aplicado em um molde de garrafa plástica e logo depois de seco foi posto a água para verificar se haveria vazamentos, em diversas observações, não houve vazamento, comprovando que o material eficaz e pode ser utilizado em tubos de drenagem profundas.

Com resultados positivos obtidos no primeiro teste, o material foi aplicado em um pequeno molde de concreto para simular uma aplicação em uma futura obra de drenagem, as análises foram precisas e empolgantes, onde o material se comportou muito bem. Diante disto, foi realizado o ensaio á compressão para encontrar a resistência desse material, foram moldados corpos de provas para 7,14,28 dias, sendo que em 28 dias a resistência com 10% de Argila e 7% de superplastificante foi de 37 Mpa, definindo que este produto também é resistente.

Boa Homogeneidade, textura, resistência e ótimas reações quando aplicados em moldes, este material apresenta um bom comportamento na mistura e é capaz de inibir a passagem da água para parte externa de um tubo de drenagem profunda.

Dessa forma, a implantação de material argiloso e aditivo superplastificante em argamassa é totalmente eficaz, onde esse experimento apresentou resultados positivos e que podem contribuir para futuras obras na construção Civil.

VII REFERÊNCIAS

- [1] ABCP, **Associação Brasileira de Cimento Portland e Aditivos. Emissão de CO2 oriunda da fabricação de cimento.** Disponível em <www.abcp.org.br/>. Acesso em 15 de setembro de 2012.
- [2] Andriolo, F. R., 1999, “**Relatório final – Panorama Brasileiro Fundamentos da Argila**”. In: Simpósio sobre reatividade álcali-agregado em estruturas de concreto, Goiânia: Comitê Brasileiro de Barragens e Furnas centrais Elétricas S.A., pp. 12-59.
- [3] Araújo, R. D. E. A., 2011, **Desenvolvimento de concretos de baixo impacto ambiental para a produção de elementos construtivos: contribuições à sustentabilidade das edificações.** In: 53º. Congresso Brasileiro do Concreto: IBRACON, Florianópolis, SC, Brasil.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: **Agregados Determinação da composição granulométrica**, 2003.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9776: **Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman**. Rio de Janeiro, 1997.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732: **Cimento Portland comum**. Rio de Janeiro, 1991.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12653: **Materiais pozolânicos**. Rio de Janeiro, 1992.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: **Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: **Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1997.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: **Concreto–Determinação de consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53: **Agregado graúdo e miúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2003.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8522: **Concreto– Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão-deformação**. Rio de Janeiro, 2003.

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2007.

Analysis of the economic viability of the prefabricated building system in a single-family residence

Lorena Camurça dos Santos¹, Bruna Barbosa Matuti²

^{1,2} Centro Universitário do Norte (UNINORTE) – Manaus – AM.

Email: lorenacamuca@hotmail.com, bruhmatuti@outlook.com

Received: September 27th, 2018

Accepted: November 06th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

The present work intends to present information on the use of precast concrete parts in a common family residence of the popular type. The high cost of materials, coupled with the importance of fast execution of the work, as well as reduction of expenses and waste in the construction industry, is a technology widely used in other countries, but little used in Brazil. The precast concrete parts construction systems have guaranteed numerous civil construction benefits when compared to conventional constructional techniques. This is due to the fact that these processes have guaranteed better efficiency and speed of delivery, guarantee higher quality of manufactured parts, specialized labor, less waste and consequently less amount of generated waste generated by the work. The precast pieces are structural artifacts such as beams, pillars, slabs, panels or any other element that can be used for civil construction. These are manufactured by specialized industries, transported and installed in their final location. The objective is to demonstrate, through comparative budgetary costs, the economic viability of the precast housing structure in the city of Manaus compared to the conventional molded concrete structure in loco. The results show costs of the new techniques of construction, pre-molded, that lowers the cost and improves the quality of the popular houses, also showing its advantages and disadvantages.

Keywords: Construction systems, Conventional structure, Pre-molded structure, Budget. Economic viability, Popular house.

Análise de viabilidade econômica do sistema construtivo pré-moldado em residência unifamiliar

RESUMO

O presente trabalho pretende apresentar informações sobre a utilização de peças pré-moldadas de concreto armado em residência unifamiliar do tipo popular. A partir do elevado custo de materiais, junto à importância da rápida execução da obra, bem como diminuição de gastos e desperdícios na construção civil, surge uma tecnologia bastante divulgada em outros países, mas pouco empregada no Brasil. Os sistemas construtivos de peças pré-moldadas de concreto têm garantido inúmeros benefícios à construção civil quando comparado com as técnicas construtivas convencionais. Isto se deve ao fato de que esses processos têm garantido melhor eficiência e velocidade na entrega, garantem maior qualidade das peças fabricadas, mão de obra especializada, menor desperdício e consequentemente menor quantidade de resíduos gerados pela obra. As peças pré-moldadas são fabricadas por indústrias especializadas, depois transportadas e instaladas no seu local definitivo. O objetivo é demonstrar, através de comparativos de custos orçamentários, a viabilidade econômica da estrutura pré-moldada em residência unifamiliar na cidade de Manaus comparado com a estrutura convencional de concreto moldado in loco. Os resultados mostram os custos das novas técnicas de construção, pré-moldado.

Palavras-chave: Sistemas construtivos, Estrutura convencional, Estrutura pré-moldada, Orçamento, Viabilidade econômica, Casa popular.

I INTRODUÇÃO

No Brasil, a construção civil é vista como uma indústria arcaica quando comparada a outros ramos industriais, coma de bebidas, têxtil e alimentícia [1]. As diferenças são, principalmente, na aplicação das inovações tecnológicas na qual no processo da construção civil predomina o sistema convencional de concreto armado moldado in loco.

O sistema convencional é constituído de elementos estruturais como pilares, vigas e lajes de concreto armado, e vedação das paredes composta por tijolos cerâmicos. Esse sistema é predominante devido a sua facilidade de aplicação, flexibilidade de adaptar-se em qualquer ambiente de trabalho e não necessita de mão de obra especializada [2] e [3].

A baixa qualidade da mão de obra e o desperdício de materiais nesse tipo de sistema são fatores que influenciam diretamente no custo final do projeto e no tempo de construção. Além disso, esse tipo de construção produz excesso de resíduos de obra, gerados pelas etapas construtivas como por exemplo: rasgo nas paredes para instalação das tubulações de elétrica e hidráulica, quebra dos tijolos cerâmicos para obedecer aos vãos das portas e janelas e resto de madeira após o processo de desforma[1]*. Soluções para os problemas do sistema convencional tem sido proposto na literatura. Uma das formas de acelerar a execução da obra frente à construção convencional é com um sistema industrializado econômico e eficiente baseado em fabricação de peças e placas pré-moldadas, que diminui o tempo de execução da obra, reduz o desperdício de materiais e de resíduos [4].

O pré-moldado é um sistema construtivo composto de elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes, painéis, placas e outros, confeccionados em fábricas e depois transportados até o canteiro de obras, através de carretas. Antes de serem montados e formar a estrutura da edificação, esses elementos estruturais passam por um rígido controle de qualidade que consiste em moldagem, ensaios e teste de resistência [5].

A utilização desse sistema construtivo industrializado está ligada diretamente no tempo de execução e gerenciamento dos custos, mas para isso é essencial que o profissional saiba gerenciar a obra no que diz respeito aos custos com mão de obra, aquisição de materiais e o tempo de término da obra engenharia. O uso do orçamento na construção civil é de suma importância, uma vez que possibilita determinar a viabilidade do sistema construtivo antes de iniciar a obra [6]. Dessa forma, a técnica construtiva pré-moldada está cada vez ganhando espaço no mercado da construção civil, devido a segurança, durabilidade, qualidade, modernidade, velocidade de execução, baixo custo, versatilidade, e simplificação de materiais e mão de obra no canteiro de obras. O sucesso deste sistema está diretamente ligado ao aproveitamento total das fôrmas e dos equipamentos e o projeto de implantação ser pensado em conjunto com a logística de produção, estocagem, transporte e montagem dos elementos pré-moldados [7].

A justificativa deste trabalho, se dá pela falta de dados relativos a custo de materiais de diferentes tecnologias empregados na estrutura de uma edificação durante o processo de execução, isto porque os custos são um dos principais responsáveis pela definição dos materiais a serem empregados e a partir deste é possível perceber as vantagens e desvantagens

de cada sistema construtivo, tornando-os viáveis tanto em relação a custo quanto a tempo.

Desta forma se faz importante o presente estudo, de modo a avaliar e comparar através de planilhas orçamentárias a melhor técnica construtiva a ser adotada em casa do tipo popular levando em consideração a viabilidade econômica.

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1 SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO MOLDADO “IN LOCO”

A estrutura convencional é formada por vigas, lajes e pilares e são chamados de “trindade de ouro” das edificações construídas com concreto armado moldado “in loco”. É o sistema mais utilizado no Brasil, por ser de fácil execução, onde as paredes servem apenas como vedação [4]. Segundo [9], “o concreto de maneira individual é apontado como um material fraco sendo formado por cimento, agregados miúdos, água, aditivos e grãos. O resultado da união do concreto simples e de barras de aço, denomina-se concreto armado, possibilita ótima aderência entre os dois materiais de modo que ambos resistam aos esforços a que forem submetidos [20]. O sistema convencional baseia-se em corte e armação das ferragens, preparação e montagem das formas, preparação e lançamento do concreto. Para melhor entendimento, formas, armaduras e concreto serão detalhados a seguir.

As madeiras são os principais materiais das formas que darão ao concreto o modelo final. As madeiras são armazenadas no canteiro de obras, são cortadas com auxílio da serra de bancada e montadas nos locais onde receberão as ferragens e o concreto [7]. Segundo [13], as principais funcionalidades das fôrmas são: modelar o concreto, manter o concreto fresco até que tenha resistência necessária para sustentar seu peso próprio ou acrescido e possibilitar a superfície do concreto a textura solicitada.

Sendo assim, a fôrma deve modelar o concreto no final da concretagem, e suportar sendo qual for o elemento estrutural aos esforços locais, acrescidos de material como madeiras, montantes, gravatas e outros que auxiliam no travamento da mesma.

Normalmente, o aço encontrado em obras de pequeno porte é fornecido em barras de 12m, e tomam conta de grande espaço nas obras. É constituído de materiais corrosivos e quando sujeitos a intempéries causam a ferrugem, por esse motivo é necessário cobri-los. Inicialmente, com ajuda do projeto estrutural as barras são cortadas nos tamanhos definidos com uso máquina elétrica (policorte) ou manual. Finalizada esta parte, as barras são dobradas formando estribos e barras longitudinais e com a ajuda de arames faz-se a união, armação, dessas peças.

O aço agrega ao concreto resistência à tração, resultando em um produto resistente aos mais variados tipos de ações atuantes, durável e rígido [11].

II.2 SISTEMA CONSTRUTIVO PRÉ-MOLDADO

Segundo [17] o termo pré-fabricação na indústria da construção civil deve ser compreendido como “produção de determinado elemento antes da sua disposição final na obra”. Destaca ainda, que pré-fabricação, generalizando, aplica-se a

toda produção de elementos de construção civil em indústrias, por meio de matérias primas e semi-produtos cuidadosamente selecionados e empregados, sendo, posteriormente, estes elementos levados até à obra onde ocorre a montagem da edificação.

A norma NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado [1] - determina estrutura pré-fabricada como elemento pré-moldado realizado em indústria, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, ou em instalações fixas de empresa designada para este fim, que contempla aos requisitos mínimos de mão de obra qualificada, os elementos pré-fabricados devem ser ensaiados e testados quando no recebimento pela empresa.

Os elementos pré-moldados podem ser divididos de vários tipos, como por exemplo, quanto à seção transversal, quanto ao processo de execução, e quanto a sua função estrutural. [7].

- Classificação quanto ao local de produção dos elementos: O pré-moldado de fábrica é aquele executado em instalações que não são da obra. Já o pré-moldado de canteiro é executado em instalações temporárias na própria obra.

- Classificação quanto à categoria do peso dos elementos: Pode-se considerar que o elemento é um pré-moldado “pesado” quando necessitar de equipamentos especiais para transporte e montagem. Em contrapartida, o pré-moldado “leve” é aquele que não necessita de equipamentos especiais para transporte e montagem. Como valores referenciais tem-se que elementos leves pesam até 0,3 KN (30Kgf), elementos de peso médio pesam entre 0,3 e 5KN (30 a 500 Kgf.) e elementos pesados pesam acima de 5KN (500 Kgf.).

- Classificação quanto ao papel desempenhado pela aparência: O pré-moldado normal seria aquele em que não há preocupação alguma em relação à aparência do elemento. Por outro lado, o pré-moldado arquitetônico refere-se a qualquer elemento de forma especial ou padronizada que mediante acabamento, forma, cor ou textura contribui na forma arquitetônica ou em efeito de acabamento da construção.

- Classificação quanto à incorporação de materiais para ampliar a seção resistente no local da utilização em definitivo: O pré-moldado de seção completa é aquele executado de forma que sua seção resistente é formada fora do local de utilização definitivo. Já o pré-moldado de seção parcial é aquele inicialmente moldado apenas com parte da seção resistente final, que é posteriormente completada na posição de utilização definitiva com concreto moldado no local.

De acordo com [7], o sistema pré-moldado, apresenta algumas supostas vantagens e desvantagens.

As principais vantagens do sistema são: Facilidade na elaboração de projetos, em especial na resolução de projetos, melhoria da qualidade dos trabalhos realizados mecanicamente, em comparação com os manuais, melhor aproveitamento das seções resistentes, facilidade para realizar o controle da qualidade, necessidade de menos juntas de dilatação que na construção tradicional, possibilidade de recuperação de elementos ou partes da construção em certas desmontagens, desaparecimento quase total dos cimbramentos e das formas, ocasiona economia de tempo, eleva qualificação de mão de obra e evita improvisação;

As principais desvantagens do sistema são: falta de monolitismo da construção, especialmente nas regiões sísmicas; problemas nas resoluções das juntas, necessidade de superdimensionar certos elementos, considerando situações desfavoráveis durante o transporte ou na montagem, incógnitas quanto a confiabilidade de certos materiais ou sistemas, grandes dificuldades para modificações nas distribuições de espaços fechados, é, em geral, mais cara que a tradicional e o transporte dos produtos é mais caro que o das matérias-primas dos componentes.

III METODOLOGIA

As seções seguintes referem-se a etapas que serão seguidas para alcançar os objetivos propostos. Essas etapas em síntese são:

1. Especificação do Projeto Arquitetônico: consiste na seleção de um projeto arquitetônico de construção civil que atenda aos requisitos propostos por esse trabalho.

2. Elaboração das Planilhas Orçamentárias para Sistema Construtivo in loco: trata do levantamento orçamentário do projeto especificado no sistema construtivo convencional moldado “in loco”.

3. Elaboração das Planilhas Orçamentárias para Sistema Construtivo pré-moldado: trata do levantamento orçamentário do projeto especificado no sistema construtivo em pré-moldado.

4. Comparação dos Custos Orçamentários: trata de avaliar os custos orçamentários dos dois sistemas de construção em análise, comparando os custos e verificando a viabilidade econômica do sistema pré-moldado em relação ao sistema convencional moldado “in loco”.

III.1 ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO

Esta tarefa trata da seleção de um projeto arquitetônico de construção civil que atenda aos requisitos propostos por esse trabalho. Os requisitos são:

- Edificação que permita trabalhar com os dois tipos de estruturas estudadas: estrutura convencional moldada in loco e a estrutura pré-moldada.

- Residência unifamiliar com área máxima de 60,00m²;

- 1 pavimento;

- Quartos, suíte, 2 banheiros, área de serviço, copa/cozinha e sala.

- Localizada na cidade de Manaus, com valores para o bairro da Ponta Negra.

A partir disso, será contatada uma empresa de pré-moldados localizada em Manaus-AM, para fornecer opções de projetos arquitetônicos que melhor atenda aos requisitos estabelecidos neste artigo.

III.2 ELABORAÇÃO DA PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DO SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO MOLDADO “IN LOCO”

Inicialmente será realizado o orçamento sintético da edificação, que é o resumo do orçamento analítico expresso através das etapas com valores parciais ou grupos de serviços a serem realizados, com seus respectivos totais e o preço do orçamento da obra. Será acrescentado no orçamento o

Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) que é a soma do custo indireto, a margem de risco e a margem de lucro.

O levantamento orçamentário será realizado através dos projetos estruturais cedidos pela empresa. A partir desses projetos serão levantados os quantitativos de cada serviço e posteriormente será utilizado a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) composições/insumos de custo sintético desonerado – AGO/18, para a realização da consulta de preço.

Serão quantificados os serviços referentes à administração da obra, serviços preliminares, infraestrutura, superestrutura (alvenaria). Nessa etapa não será considerada os custos referentes a regularização do terreno, muros, fossa/sumidouro/Estação de tratamento de efluentes (ETE), revestimentos, pavimentação interna e externa, pintura, esquadrias, instalações, cobertura e limpeza.

O resultado dessa etapa consiste na planilha orçamentária da estrutura convencional de concreto armado moldado in “loco” que se encontrará na etapa dos resultados. Será considerado um tempo de 3 meses para a execução.

III.3 ELABORAÇÃO DA PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DO SISTEMA CONSTRUTIVO PRÉ-MOLDADO

Esta tarefa trata do levantamento orçamentário do projeto tipo esqueleto (infraestrutura e superestrutura) do sistema construtivo pré-moldado, baseado nos projetos estruturais cedidos pela empresa. O projeto é composto por detalhamento de todos os elementos necessários para fabricação e montagem da obra em estudo, os mesmos detalhes e quantidades serão usados para orçamento.

Para o orçamento dessa estrutura será selecionada três empresas de Manaus que trabalham com pré-moldados para cotações com base nos projetos enviados. As etapas a serem cotadas são: administração da obra, serviços pré-liminares, infraestrutura e superestrutura.

Nesta tarefa não serão consideradas os custos referentes a regularização do terreno, muros, fossa/sumidouro/ETE, revestimentos, pavimentação interna e externa, pintura, esquadrias, instalações, cobertura, limpeza, transporte e montagem. Será considerado para este sistema construtivo tempo de execução de 2 meses.

III.4 COMPARAÇÃO E AVALIAÇÃO ORÇAMENTÁRIA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Conhecer e comparar as vantagens e desvantagens faz com que o cliente, projetista e engenheiros de cada especialização específica, possam fazer a melhor escolha para necessidade de sua construção, evitando assim gastos onerosos e cronogramas indistintos, trazendo satisfação para o cliente e resultados positivos para todos envolvidos.

Dessa forma, após a elaboração das planilhas orçamentárias serão avaliados e comparados os custos dos dois sistemas de construção em análise. A diferença entre os valores possibilitará a determinação da viabilidade econômica do sistema pré-moldado em relação ao sistema convencional. Além da comparação de custos que serão encontrados no resultado, serão listados também as vantagens do sistema mais viável.

IV RESULTADOS E DISCUSSÕES

Essa fase do estudo visa expor os resultados do projeto arquitetônico escolhido, orçamento do sistema construtivo convencional, orçamento do sistema construtivo pré-moldado e por fim, comparação dos custos orçamentários juntamente com as vantagens do sistema mais viável.

IV.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

A construtora J Nasser Engenharia, localizada na Av. Tarumã, 1757 - Praça 14 de Janeiro - CEP 69.020-440 - Manaus - Amazonas, forneceu 3 (três) opções de projetos de casas. Dentre as opções somente o modelo tipo Casa POP 02 atendeu aos requisitos estipulados neste trabalho.

O modelo tipo POP 02 consiste de um projeto arquitetônico que pode ser construído tanto em sistema construtivo convencional quanto em estrutura pré-moldada. A planta de situação do projeto está na Figura 1 e o projeto arquitetônico está ilustrado na Figura 2.

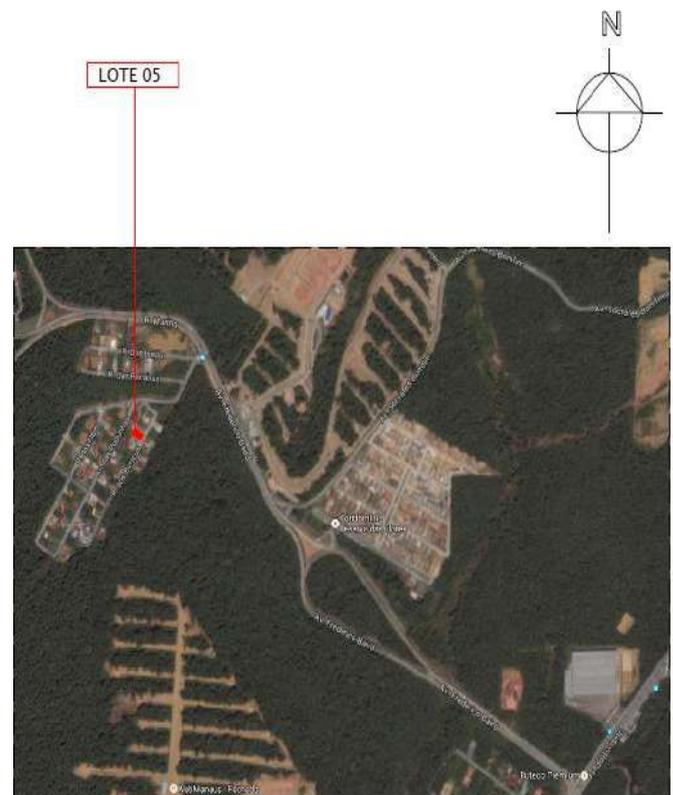


Figura 1: Planta de situação Casa Pop 02.

Fonte: Google Earth, (2018).

A edificação tem 59,22 m² de área construída. Para melhor entendimento, a Figura 9 e Anexo C apresenta a planta baixa do empreendimento com as seguintes características:

- Projetado para famílias pequenas;
- Área construída de 59,22 m²;
- 3 Cômodos, sendo uma suíte com 9,00 m² e dois quartos com 9,00 m²;
- 2 banheiros, sendo um com 2,72 m² e o outro com 2,40 m²;
- Área de serviço com 2,52 m²;
- Copa/Cozinha com 9,00 m²;

- Sala com 9,00 m²;
- Área de circulação com 1,43 m²
- Garagem;
- Calçada.

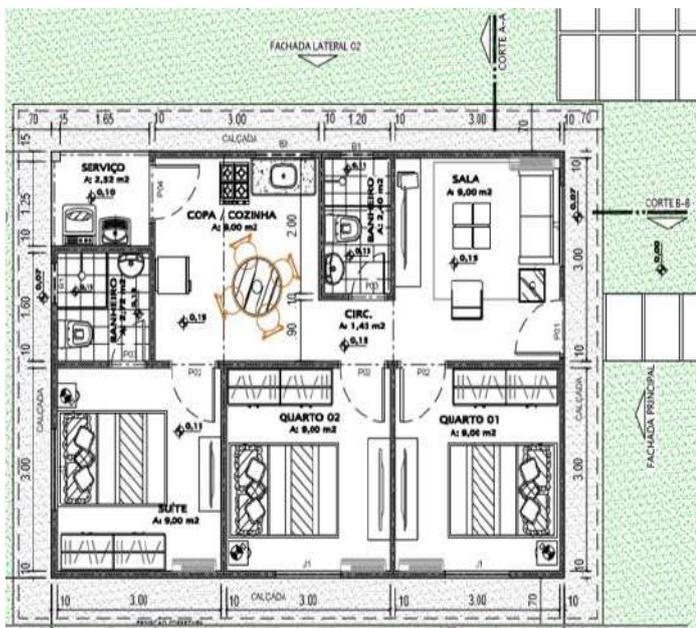


Figura 2: Planta baixa casa Pop 02.
Fonte: J Nasser Engenharia, (2018).

Desta residência foram fornecidos os projetos arquitetônicos e complementares de onde foram extraídas as informações necessárias para a construção do orçamento da estrutura tipo esqueleto da residência.

Com o resultado final das planilhas orçamentárias, poderá, portanto, indicar qual a melhor e a mais indicada na execução deste projeto em termos de custos e prazos.

IV.2 ORÇAMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO MOLDADO “IN LOCO”

Para a elaboração do orçamento, realizou-se o levantamento dos quantitativos de escavação, apiolamento de fundo de valas, lastro de concreto, fôrmas, armação de aço, concreto e alvenaria. Todos esses levantamentos foram retirados do projeto estrutural.

Apesar do SINAPI ter sido elaborado como um banco de dados para elaboração de orçamentos de referência de obras públicas, ele também é uma excelente ferramenta para a elaboração de orçamentos de obras de engenharia civil para clientes privados.

Todos os custos foram orçados com índices de BDI (Bonificação e despesas indiretas), os quais foram acrescentados 28,82% relativo à edificação. Com os dados levantados foi montada a tabela orçamentária de acordo com a tabela do SINAPI, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Orçamento baseado na tabela SINAPI.

Cód.	Serviço	Un.	Quant.	Custo com BDI 28.82%	Custo Total (R\$)	Custo total em %	Total por item	Custo total em %
Administração da obra							28.463,82	48,85
002708	Engenheiro civil	H	60,00	92,58	5.554,98	9,53		
040819	Mestre de obra	M	3,00	7636,28	22.908,85	39,32		
Serviços preliminares							643,88	1,10
73992/001	Locação convencional de obra, através de gabarito de tábuas corridas pontaleadas a cada 1,50m, sem reaproveitamento	M²	59,220	10,87	643,86	1,10		
Infraestrutura							13.371,86	22,95
093358	Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30 m	M³	10,98	74,65	819,67	1,41		
94097	Apiolamento de fundo de vala	M²	46,45	5,49	254,91	0,44		
095241	Lastro de concreto magro, aplicado em pisos ou radiers, espessura de 5 cm	M²	46,45	28,33	1315,81	2,26		
096533	Fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para viga baldrame, em madeira serrada, e=25 mm, 2 utilizações	M²	27,00	71,61	1933,50	3,32		
092778	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço ca-50 de 10,0 mm - montagem	Kg	335,00	10,22	3422,17	5,87		
094965	Concreto fck = 25mpa, traço 1:2.3:2.7 (cimento/ areia média/ brita 1)- preparo mecânico com betoneira 400 l	M³	10,98	480,72	5278,28	9,06		
92874	Lançamento com uso de bomba, adensamento e acabamento de concreto em estruturas	M³	10,98	31,85	347,53	0,60		
Supraestrutura							8.529,24	14,64
092269	Fabricação de fôrma para pilares e estruturas similares, em madeira serrada, e=25 mm	M²	51,00	68,17	3478,75	5,97		
092778	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço ca-50 de 10,0 mm - montagem	Kg	304,00	10,22	3105,49	5,33		
094965	Concreto fck = 25mpa, traço 1:2.3:2.7 (cimento/ areia média/ brita 1)- preparo mecânico com betoneira 400 l	M³	3,80	480,72	1826,73	3,13		
92874	Lançamento com uso de bomba, adensamento e acabamento de concreto em estruturas	M³	3,80	31,85	120,27	0,21		
Alvenaria							7.260,27	12,46
087478	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na vertical de 9x19x39cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m² sem vãos e argamassa de assentamento com preparo manual	M²	162,000	44,82	7260,27	12,46		
Total do Orçamento (R\$)							58.286,06	100,00

Fonte: Autores, (2018).

O orçamento do projeto do sistema construtivo convencional tem como custo de administração da obra R\$28.463,82, que corresponde 48,85% do custo total da obra;

os serviços preliminares R\$ 643,86, que corresponde a 1,10%; a infraestrutura R\$ 13.371,86, que corresponde a 22,95%; a superestrutura R\$ 8.529,24, que corresponde a 14,64% e a alvenaria R\$7.260,27, que corresponde a 12,46%. Seu valor final orçado é de R\$ 58.269,06 (cinquenta e oito mil, duzentos e sessenta e nove reais e seis centavos), já incluso o BDI de 28,82%.

IV.3 ORÇAMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO PRÉ-MOLDADO

O orçamento do sistema pré-moldado foi composto por duas partes: verificação de quantitativos da obra e a pesquisa de preço no mercado. A partir do projeto estrutural fornecido pela empresa, foi realizado o quantitativo de escavação, apiolamento de fundo de valas, concreto magro, fôrmas metálicas, armação de aço, concreto e tela de aço. Todos esses levantamentos foram retirados do projeto estrutural. Na Tabela 2, estão a quantidade de material levantados bem como o quantitativo da administração da obra, serviços de transporte e mão de obra para montagem.

Tabela 2: Quantitativo de serviços da estrutura pré-moldada

Referência	Serviço	Un.	Quant.
01.01	Administração da obra		
01.01.01	Engenheiro supervisor	H	30,00
01.01.02	Mestre de obra	Mês	2,00
02.01	Serviços preliminares		
02.01.01	Locação convencional de obra, através de gabarito de tábuas corridas pontaleadas a cada 1,50m, sem reaproveitamento	m ²	59,220
02.02	Infraestrutura - (Estacas e Baldrames)		
02.02.01	Escavação manual - estacas ø30cm e valas para baldrames	m ²	10,98
02.02.02	Apiolamento de fundo de valas	m ²	46,45
02.02.03	Concreto magro esp. = 5cm	m ²	2,32
02.02.04	Fôrma metálica	m ²	25,76
02.02.05	Armação - aço ca - 50 /ca - 60	Kg	335,00
02.02.08	Concreto estrutural fck= 25mpa, preparação, lançamento e adensamento	m ²	10,30
02.03	Superestrutura - (pilares e placas das paredes)		
02.03.01	Fôrma metálica	m ²	170,17
02.03.02	Armação - aço ca - 50 /ca - 60	Kg	280,00
02.03.03	Tela de aço q-61	Kg	295,40
02.03.04	Concreto estrutural fck= 25mpa, usinado e bombeado com lançamento e adensamento	m ²	12,43

Fonte: Autores, (2018).

Para a realização da pesquisa de preço, foi enviado para as três empresas os quantitativos levantados de acordo com a Tabela 2. A Tabela 3 apresenta os valores dos custos totais orçados pelas empresas.

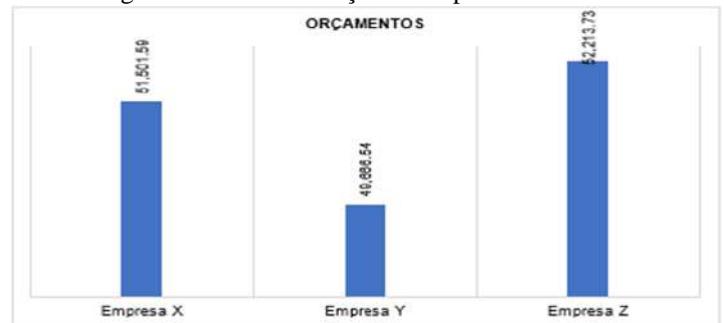
Tabela 3: Orçamento das empresas.

EMPRESA	PREÇO TOTAL
X	R\$ 51.501,59
Y	R\$ 49.666,54
Z	R\$ 52.213,73

Fonte: Autores, (2018).

Logo, percebe-se que os valores diferem um pouco entre si sendo que o maior valor é da empresa Z com R\$ 52.213,73 e o menor valor da empresa Y com R\$ 49.666,54, tendo uma diferença entre os mesmos de R\$ 2.547,19. Na Figura 3, mostra melhor os resultados.

Figura 3: Gráfico de orçamentos pré-moldados.



Fonte: Autores, (2018).

Dessa forma, foi utilizado o orçamento da empresa Y, conforme Tabela 4, cujo o valor foi menor.

Tabela 4: Orçamento da empresa Y.

Serviço	Un.	Quant.	Custo com BDI 28,82%	Custo Total (R\$)	Custo Total em %	Total por item	Custo Total em %
Administração da obra						11.467,84	23,09
Engenheiro supervisor	H	30,00	46,84	1.405,17	2,48		
Mestre de obra	Mês	2,00	5031,34	10.062,67	17,76		
Serviços preliminares						643,86	1,30
Locação convencional de obra, através de gabarito de tábuas corridas pontaleadas a cada 1,50m, sem reaproveitamento	m ²	59,220	10,87	643,86	1,14		
Infraestrutura - (Estacas e Baldrames)						13.730,15	27,64
Escavação manual - estacas ø30cm e valas para baldrames	m ²	10,98	33,80	371,12	0,65		
Apiolamento de fundo de valas	m ²	46,45	18,61	864,43	1,53		
Concreto magro esp. = 5cm	m ²	2,32	396,50	920,87	1,63		
Fôrma metálica	m ²	25,76	61,94	1595,57	2,82		
Armação - aço ca - 50 /ca - 60	Kg	335,00	10,40	3484,00	6,15		
Concreto estrutural fck= 25mpa, preparação, lançamento e adensamento	m ²	10,30	630,50	6494,15	11,46		
Superestrutura - (pilares e placas das paredes)						23.824,68	47,97
Fôrma metálica	m ²	170,17	61,84	10523,31	18,57		
Armação - aço ca - 50 /ca - 60	Kg	280,00	10,40	2912,00	5,14		
Tela de aço q-61	Kg	295,40	8,64	2552,26	4,50		
Concreto estrutural fck= 25mpa, usinado e bombeado com lançamento e adensamento	m ²	12,43	630,50	7837,12	13,83		
Total do Orçamento (R\$)						49.666,54	100,00

Fonte: Autores, (2018).

O orçamento do projeto do sistema construtivo pré-moldado tem como custo de administração da obra R\$11.467,84, que corresponde 23,09% do custo total da obra; os serviços preliminares R\$ 643,86, que corresponde a 1,30%; a infraestrutura R\$ 13.730,15, que corresponde a 27,64% e superestrutura R\$ 23.824,68, que corresponde a 47,97%. Seu valor final orçado é de R\$ 49.666,54 (quarenta e nove mil, seiscentos e sessenta e seis reais e cinquenta e quatro centavos), já incluso o BDI de 28,82%.

IV.4 COMPARAÇÃO E AVALIAÇÃO ORÇAMENTÁRIA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A partir dos orçamentos realizados para os dois estudos de caso pode-se realizar um comparativo entre as estruturas estudadas.

De acordo com a Tabela 5, é possível levantar o resultado de custos referentes a administração da obra, serviços preliminares. Infraestrutura, superestrutura e alvenaria dos dois sistemas de construção. A Tabela 5 mostra também as diferenças entre o custo total de cada serviço.

Tabela 5: Comparação global dos custos

	Administração da obra (R\$)	Serviços Preliminares (R\$)	Infraestrutura (R\$)	Superestrutura e Alvenaria (R\$)	Total (R\$)
Pré-moldado	11.467,84	643,86	13.730,15	23.824,68	49.666,54
Convencional	28.463,82	643,86	13.371,86	15.789,51	58.269,06
Diferença (R\$)	16.995,98	0,00	358,29	8.035,17	8.602,52
Diferença (%)	59,71%	0,00%	2,61%	33,72%	14,76%
Diferença Total (%)	14,76%				

Fonte: Autores, (2018).

Como resultado, o sistema construtivo convencional tem maior custo no item de administração da obra, isso se deve pelo fato de demandar mais tempo para a construção da residência, resultando assim em maior gasto com profissionais. O sistema construtivo pré-moldado tem maior custo no serviço de superestrutura, pois nesse caso também são fabricadas as placas das paredes, diferente do sistema convencional, onde a vedação das paredes é realizada por tijolos cerâmicos. Em termos de custo e prazo o sistema melhor para execução é o pré-moldado.

Assim, verifica-se que se a obra fosse realizada no sistema pré-moldado teria um custo de R\$ 49.666,54 e no sistema convencional teria um custo de R\$ 58.269,06. A Figura 4 mostra a diferença de custo total da obra.

Figura 4: Gráfico do custo total da obra.



Fonte: Autores, (2018).

A diferença entre os dois sistemas é de R\$ 8.602,52, e equivale a uma economia de 14,76% no orçamento

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o sistema pré-moldado tem sua viabilidade favorável na

construção de casas unifamiliares e traz uma economia em torno de 14% a 15% no orçamento geral.

Sendo assim, constata que para esse projeto o sistema pré-moldado além de ser o mais barato apresenta algumas vantagens sobre o sistema convencional, sendo que esse método é a direção mais certa para atingir a redução de custos.

Dentre as principais vantagens destacam-se:

Maior Produção: esse sistema permite uma produção em série, obtendo equipamento avançados que possibilitam a fabricação e a montagem da obra em intervalo de tempo menor quando comparada com a convencional.

Reutilização de Fôrmas: uma vez adquirida as formas, estas podem ser reaproveitadas várias vezes, resultando assim em menor quantidade de resíduos gerados pela obra.

Rapidez de construção (montagem): quando a etapa construtiva da obra, segue detalhadamente informações do projeto, o produto resulta em uma construção de ótima qualidade e a montagem das peças, se torna muito mais eficaz e têm-se um ganho significativo na velocidade de construção.

O sistema pré-moldado é conveniente e seguro, entretanto suas particularidades devem ser analisadas antes de sua escolha. Esse tipo de sistema requer uma mão de obra especializada e treinada e os projetos devem ser seguidos fielmente para reduzir falhas e custos.

V CONCLUSÃO

O presente trabalho consistiu na análise da viabilidade econômica do sistema construtivo pré-moldado para a construção de residências unifamiliares. Para isto, um projeto de casa unifamiliar foi especificado e estimado seus custos de construção, tanto para sistema convencional quanto para o sistema pré-moldado. Através de uma análise comparativa, constatou-se que a viabilidade econômica da construção de uma casa é favorável para o sistema pré-moldado e que é possível atingir uma economia no orçamento entorno de 14% a 15% em relação ao sistema convencional de construção.

Além disso, verificou-se que o sistema pré-moldado apresenta muitas vantagens e benefícios, e que projetos baseados neste sistema podem ser competitivos no mercado de construção civil.

Para trabalhos futuros podem ser direcionados a avaliar a viabilidade econômica de projetos de casas com mais de um pavimento, prédios, hospitais e escolas. Dessa maneira, novas informações dos benefícios desse tipo de sistemas podem contribuir na modernização da indústria da construção civil.

VI AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar para um melhor aprendizado em especial a minha orientadora, Bruna Matuti, que contribuiu para a conclusão deste trabalho.

VII REFERÊNCIAS

[1] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado**. Rio de Janeiro, 1985.

- [2] Avila, A. V.; Jungles, A. E. **Gerenciamento na construção civil**. Chapecó: Editora Argos, 200.
- [3] Bortolon, Mariela. **Estudo sobre alternativas construtivas técnicas e econômicas para uma edificação da Unijuí no campus Panambi**. Dissertação (Graduação) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2004.
- [4] Botelho, Manoel Henrique Campos. **Concreto armado, eu te amo, para arquitetos**. 1ed, São Paulo, Ed. Edgar Blucher, 2006.
- [5] Carvalho, Roberto Chust; Figueiredo, Jasson Rodrigues. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. Vol 2 3ed, São Paulo, EdUSCar, 2010.
- [6] Castilho, V.C. **Análise estrutural de painéis de concreto pré-moldado considerando a interação com a estrutura principal**. 2008. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2008.
- [7] El Debs, Mounir Khalil. (2000). **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos/USP – projeto REENGE.
- [8] Halpin, D. W; Woodhead, R. W. **Administração da Construção Civil**. LTC, 2. ed. Tradução de: Construction management. Rio de Janeiro, 348p. 2014.
- [9] Hansen, Carlos Christian. **Estudo comparativo entre estruturas de aço e de concreto armado para a execução de uma ampliação de um caso real**. 2016. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia da Universidade de Santa Cecília, Santos, 2016.
- [10] Mattos, A. D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. 1. ed. São Pulo: Editora Pini, 2006.
- [11] Melhado, Silvio Burrattino; Barros, Mercia Maria S. Bottura. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo. Projeto EPUSP/SENAI, 1998.
- [12] Pagoto, Marcos Vínicius. **Avaliação dos aspectos técnicos e econômicos entre estruturas pré-fabricadas e moldadas in loco**. Dissertação (Graduação) – Universidade Tecnológica do Paraná. Pato Branco, 2013.
- [13] Pederiva, Paulo Fernando. (2009). **Comparação dos custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas in loco**. Disponível em: http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/2010/03/TCC-Paulo_Fernando-Pederiva-J%C3%BAnior.pdf, acessado em 01/10/2018, às 21:02.
- [14] PREMONTA. **Vantagens e Desvantagens na Utilização do Aço Estrutural**. Disponível em: <http://premonta.com.br/vantagens-e-desvantagens-na-utilizacao-do-aco-estrutural/>. Acesso em: 07 out. 2018. 19:36.
- [15] Sabbatini, F. H. **Alvenaria Estrutural Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico**. Brasília: CEF, 2002.
- [16] Santana, Bruno Alves. **Cronograma físico financeiro de uma obra vertical: elaboração, acompanhamento da execução e análise crítica**. Dissertação (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2012.
- [17] Serra, S. M. B., Ferreira, M. de A., Pigozzo, B. N. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. 1 ° Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado. v.1, 2005.
- [18] SINAPI. **Tabelas de composições e insumos sintético desonerado**. Amazonas. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_640, acessado em 01/10/2018, às 21:02.
- [19] Soares Carlos B. **Noções sobre Instrumentos para Programação e Gerenciamento de Obras Voltados aos Custos dos Empreendimentos**. Florianópolis, 1996. Disponível em: <http://www.ufsc.br/> Acesso em: 12 ago. 2003.
- [20] Souza, F. R. **A gestão do processo de projeto em empresas incorporadoras e construtoras**. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.



Paradigm of Object Orientation in the C ++ Programming Language

João Carlos Silva de Oliveira¹

¹ Mestre em Engenharia de Processos. Docente do Centro Universitário do Norte – UNINORTE - *Laureate Universities*, Brasil, Rua Igarapé de Manaus, 211 – Centro, Manaus/AM.

Email: jcjunior182@gmail.com

Received: November 14th, 2018

Accepted: November 30th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

The article aims to identify and describe in a summarized and analytical way the roots of the programming language currently denominated as C ++, so its main features, practical applications and factors relevant to its success. In order to respond to the research objectives, the option of methodological choice was an explanatory and descriptive research, approaching and exemplifying C ++ resources and evolutions in relation to C, being possible to attribute factors that influenced C ++ success trajectory, such as portability and the ability to solve problems at various levels of complexity.

Keywords: C ++, Programming Language, Object Oriented Programming

Paradigma da Orientação a Objetos na Linguagem de Programação C++

RESUMO

O artigo tem como objetivo identificar e descrever, de modo sintetizado e analítico, as raízes da linguagem de programação atualmente denominada como C++, assim como seus principais recursos, aplicações práticas e fatores relevantes para seu sucesso. Para responder aos objetivos da pesquisa, a opção de escolha metodológica foi de uma pesquisa explicativa e descritiva, abordando e exemplificando recursos e evoluções do C++ em relação ao C, sendo possível atribuir fatores que influenciaram a trajetória de sucesso do C++, tais como a portabilidade e a capacidade de resolver problemas em diversos níveis de complexidade.

Palavras-chave: C ++, Linguagem de Programação, Programação Orientada a Objetos

I. INTRODUÇÃO

Atualmente existem diversas linguagens de programação, cada uma adaptada a um determinado tipo de processo. A definição da linguagem de programação, na prática, deve estar condicionada ao tipo de solução que se deseja apresentar para um determinado problema. Para um programador é extremamente relevante compreender os fundamentos e técnicas da programação a serem utilizadas, seja ela de tecnologia web, mobile ou desktop.

Um dos objetivos de se criar uma linguagem de programação é que haja uma maior produtividade por parte dos programadores, possibilitando que suas intenções sejam expressas de formas mais fáceis [6].

Linguagem de programação pode ser definida como um método padronizado utilizado com o intuito de transmitir instruções para uma máquina que seja capaz de processá-las. Ou seja, é um tipo de linguagem utilizada pelo homem para se

comunicar com a máquina, pois essa não reconhece e nem processa o dialeto normal do ser humano.

Para que essa relação pudesse então evoluir, tornou-se indispensável a criação de uma linguagem que tornasse a máquina operacional. A partir do desenvolvimento da linguagem de programação é que o homem passou a obter grandes resultados por meio da computação.

Linguagem de programação, pode ser entendido ainda como o conjunto de palavras, lexemas classificados em tokens, compostos de regras, que constituem o código fonte de um programa. Esse código é então traduzido e executado pelo microprocessador [4].

A linguagem C/C++, considerada de alto nível, é uma das mais bem sucedidas, considerada por muitos pesquisadores como uma das linguagens mais utilizadas de todos os tempos, por ser estruturalmente simples e de grande portabilidade.

Em pleno século XXI percebemos a necessidade em utilizar métodos que facilitem os processos de trabalho humano e a utilização dos sistemas de informação, em todas as áreas, nos direciona a minimizar falhas, produzindo soluções imediatas com sua eficiência e clareza de informações, sem o prejuízo da perda de dados [4].

Além de auxílio nos campos sociais e acadêmicos, a aplicação da Internet das Coisas (IoT) atrelado à domótica (automação residencial), como o uso da linguagem C/C++, tem auxiliado pessoas com necessidades especiais (PNEs). Essa união entre IoT e domótica gera inclusão digital e social, pois amplia cabalmente o potencial de auxílio e integração das PNEs com o meio em que vivem, a partir da interação com pessoas ou objetos através da internet.

A interatividade fomentada pelo avanço dos sistemas de informação, estimulou também o interesse na leitura e escrita. No campo social e acadêmico, essas novas formas de intercâmbios e inclusões, criaram níveis mais altos de comunicação, fortalecendo o desejo pela pesquisa e contribuindo para o estabelecimento e fortalecimento de relações interpessoais [2].

O interesse em desenvolver este artigo justifica-se pela necessidade de contribuir para a melhoria da obtenção de conhecimento e qualidade dos sistemas desenvolvidos em C/C++.

Por se tratar de uma linguagem que opera próximo ao hardware, existe uma dificuldade imensa em compreendê-la. Porém, em contrapartida, fornece um bom conhecimento de como o computador funciona, sendo extremamente relevante para se programar bem em qualquer linguagem.

Visando facilitar a obtenção do conhecimento científico e prático acerca desta tecnologia, de modo a se projetar novas estruturas de dados que atendam às demandas específicas, este artigo objetiva identificar e descrever, de modo sintetizado e analítico, as raízes da linguagem de programação atualmente denominada como C++, assim como seus principais recursos, aplicações práticas e fatores relevantes para seu sucesso.

II. REFERENCIAL TEÓRICO II.1

ORIGEM DA LINGUAGEM C++

A linguagem C++ é uma extensão de C, originada da linguagem B, escrita por Ken Thompson [5].

A linguagem C foi desenvolvida inicialmente nos laboratórios de Bell da American Telephone and Telegraph (AT &T) entre 1969 e 1973 [1].

Popularmente conhecido como o pai da linguagem C++, Bjarne Stroustrup, apresentou ao mundo seu grande projeto: uma linguagem forte capaz de resolver problemas complexos com seu vasto leque de recursos [1].

A ideia inicial de Stroustrup era implementar uma versão distribuída do Kernel da UNIX (Sistema Operacional Uniplexado), que era escrito a partir da linguagem C. Por isso, definiu C como base, de modo a evolui-lo, transformando-a numa linguagem numa mais completa e poderosa, o C++, que também englobou o ALGOL68 (Algorithmic Language 19684), Ada, CLU e ML, em sua construção [3].

Ao longo dos anos, Stroustrup denominou a nova linguagem de “C com Classes”, classes essas que, mais tarde, serviriam de arcabouço na programação orientada a objetos (POO). Em seguida, a linguagem foi denominada “C plus plus”, atualmente sendo conhecida e utilizada como C++ [5].

Um pouco da complexidade do C++ foi herdada do C, como resultado do processo evolucionário, porém é complexa por que é poderosa e robusta, repleta de recursos fascinantes.

II.2 APLICAÇÕES EM C/C++

Dentre diversas aplicações da linguagem C/C++, talvez a mais interessante seja a sua utilização na construção de um dos Sistemas Operacionais mais conhecidos e utilizados em todo o mundo, o Microsoft Windows, que segundo informações da Statcounter, dominava mais de 80% do mercado, sendo superado em 2017 pelo Android [7].



Figura 1: Sistemas operacionais mais utilizados.

Fonte: [7].

Dentre outros sistemas operacionais e ferramentas bastante conhecidas, que foram desenvolvidas utilizando a linguagem C/C++, podemos destacar: GNU-Linux, Mac OS-X, Adobe Photoshop, MySQL, Mozilla Firefox e Internet Explorer [10].

Alguns jogos e aplicações bastante conhecidas, tais como Doom 3, Half-Life, Counter-Strike, pacotes do Microsoft Office, CorelDRAW, sistemas integrados para satélites da NASA (National Aeronautics and Space Administration), assim como no Facebook (componentes de alta performance e credibilidade), foram criados com a utilização da linguagem C/C++ [1].

Uma das vantagens mais relevantes da linguagem C/C++ é a flexibilidade da equipe de desenvolvimento em adaptar o código-fonte sem ter que reeditá-lo.

II.3 PROPRIEDADES

O uso de classes, atrelado aos novos conceitos técnicos de programação orientada a objetos, foram as evoluções mais significativas da linguagem C++ [2].

A estrutura do C++ é composta por três principais pilares, sendo eles: polimorfismo, herança e encapsulamento [7].

II.3.1 POLIMORFISMO

Polimorfismo é a qualidade ou estado de ser capaz de assumir diferentes formas. Na POO, este princípio possibilita que referências de tipos de classes mais abstratas representem o comportamento das classes concretas as quais referenciam. Assim, é possível tratar vários tipos distintos de maneira homogênea [2].

O conceito de polimorfismo pode ser ilustrado através de animais, tais como cães e gatos. Embora sejam diferentes, compartilham algumas características: mamíferos, possuem quatro patas e pelos. Essas características também podem ser compartilhadas com porcos, cavalos e outros animais [7].

Logo, a essência do polimorfismo pode ser traduzida como algo com diferentes formas, possibilitando ações diferenciadas sobre o mesmo objeto [2].

II.3.2 HERANÇA

Herança é a capacidade da criação de classes com o intuito de se herdar estruturas de dados e funções definidas em outras classes, sendo possível adicionar ou redefinir novos elementos [6].

Além de possuir propriedades em comum, cada subclasse tem as suas especificações, tais como as superclasses de operações que são herdadas pelas subclasses e apresentam propriedade adicionais e peculiares [2].

II.3.3 ENCAPSULAMENTO

De forma resumida, o encapsulamento é uma propriedade que possibilita o agrupamento de dados num mesmo módulo, desde que haja uma relação. Ou seja, encapsular é capturar, na mesma classe, objetos que possuem relações de comportamento ou atributos genéricos [2].

É imprescindível entender o funcionamento do encapsulamento, que pode ser comparado a uma caixa preta. Uma vantagem interessante desta técnica é a segurança, pois protege os objetos de sofrerem modificações em seus atributos [8].

Desse modo, o encapsulamento torna-se uma das principais características de evolução da linguagem C++, que foi projetada para suportar a programação orientada a objetos com eficiência, portabilidade e flexibilidade [7].

III. METODOLOGIA

III.1 MATERIAIS

Para o desenvolvimento deste artigo utilizou-se a linguagem de programação C++.

Para que o código-fonte fosse escrito, editado e exibido através de figuras, utilizou-se o ambiente integrado de desenvolvimento (IDE): Dev C++, versão 5.11. Trata-se de uma IDE simples e intuitiva, que usa a porta Mingw do GCC (GNU Compiler Collection) como seu compilador, criando executáveis nativos no Win32, console ou GUI.

III.2 MÉTODOS

Para responder aos objetivos da pesquisa, a opção de escolha metodológica foi de uma pesquisa explicativa e descritiva.

III.2.1 PESQUISA EXPLICATIVA

A pesquisa explicativa tem a característica de registrar fatos, analisando-os, interpretando-os e identificando as suas causas. Esse modelo visa ampliar generalizações, estruturar e definir modelos teóricos, relacionando hipóteses numa visão mais unitária no âmbito produtivo, gerando hipóteses ou ideais por força de dedução lógica [4].

A pesquisa explicativa exige maior investimento em síntese, reflexão e teorização a partir do objeto de estudo. Objetiva identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos fenômenos ou variáveis que afetam o processo, ou seja, explica o porquê das coisas.

III.2.2 PESQUISA DESCRITIVA

Na pesquisa descritiva, realiza-se o estudo, análise, registro e interpretação dos fatos sem a interferência do pesquisador [10].

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

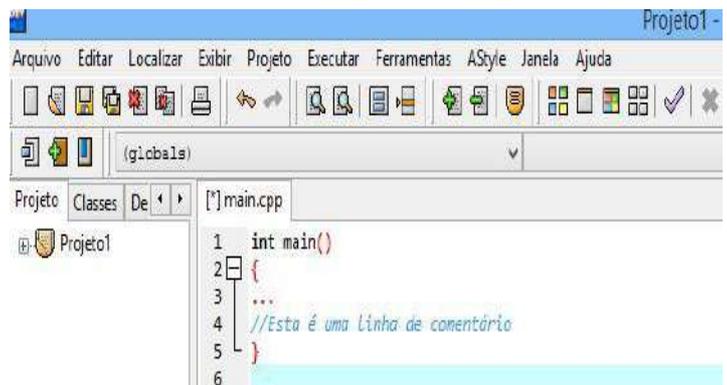
IV.1 PRELÚDIO DA TECNOLOGIA

IV.1.1 CLASSE

Uma das primeiras evoluções da linguagem C++ em relação à C é a construção *Class*. Pode-se utilizar a construção *Class* para definir novos tipos de dados. A construção *Class* combina membros de dados e funções de membros em uma única unidade.

IV.1.2 INSERÇÃO DE COMENTÁRIOS

Outro aprimoramento da tecnologia C++ está no método de delimitação de entrada de comentários. Além dos comentários no estilo C, delimitados por /* e */, o C++ fornece o estilo de comentários //. Todo o código inserido depois do //, na mesma linha, são ignoradas pelo compilador, como se fizessem parte de um comentário, conforme pode ser visto no código da figura 2:



```

1 int main()
2 {
3 ...
4 //Esta é uma linha de comentário
5 }
6

```

Figura 2: Delimitação de entrada de comentários.

O código C++ possui uma mistura dos dois tipos de comentários. Explicações em várias linhas são geralmente delimitadas por pares de comentários /* e */, enquanto os inseridos em linha única são delimitados por barras duplas //.

IV.1.3 OPERADOR DE RESOLUÇÃO DE ESCOPO

O C++ define o operador de resolução de escopo (::) para acessar uma variável oculta dentro de um escopo. Assim, cada variável definida em um programa tem um escopo distinto e visível apenas em seu próprio escopo. Conforme pode ser visto no código da figura 3, o código atribui o valor 1 à variável global "a" e o valor 2 à variável local "a".

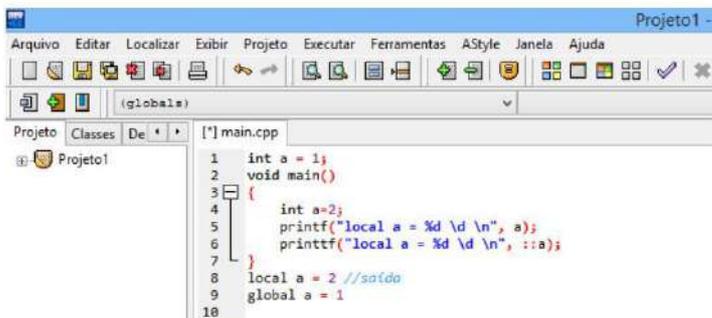


Figura 3: Operador de resolução de escopo.

IV.1.4 UTILIZAÇÃO DO MARCADOR STRUCT

Quando é impresso o valor de a , obtém-se valor distinto da variável a . Assim, o operador da resolução de escopo ($::$) recupera o valor global de a , que está oculto no escopo atual. Também pode ser utilizado o operador de resolução de escopo para declarar uma função de uma determinada classe. Por exemplo, a instrução $numlegs()$, implica uma função de membro da classe $Animal$: $Animal::numlegs()$, conforme pode ser visto no código da figura 4:

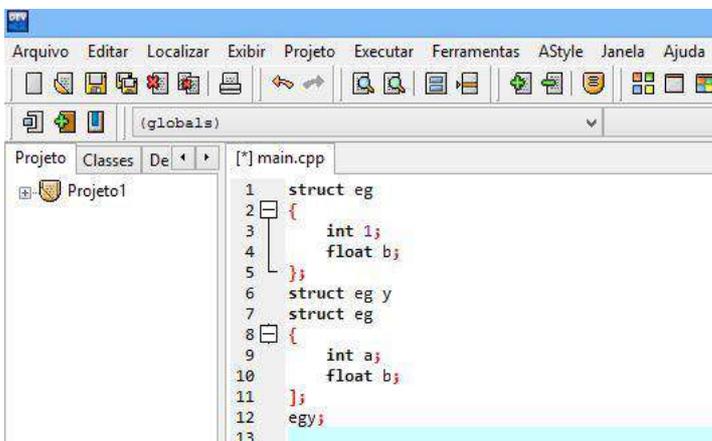


Figura 4: Recuperação de valor global da variável.

IV.1.5 USO DO ESPECIFICADOR CONST

Na linguagem de programação C++ pode-se utilizar $const$ para declarar variáveis locais ou globais cujos valores permanecem fixos. O código da figura 5 exemplifica o uso de $const$ em um programa C++:

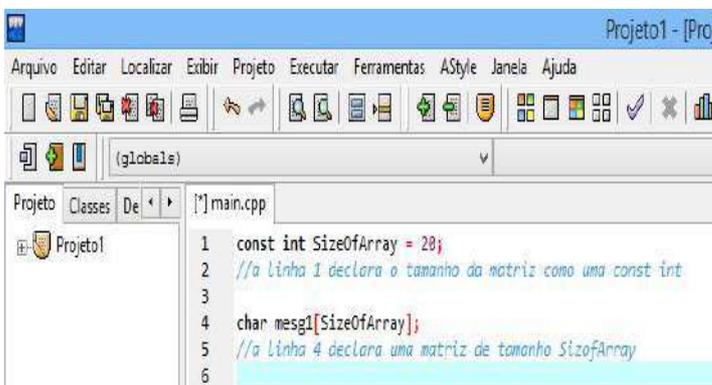


Figura 5: Uso do especificador const.

Pode-se definir um conjunto de constantes em um arquivo de cabeçalho e incluir esse arquivo em vários blocos do programa. Isso equivale a definir todas as constantes separadamente em cada arquivo de programa. O C++ trata uma definição $const$ como uma definição estática por padrão. No segmento do código mostrado na figura 6, $NumOfDigits$ vai reter seu valor entre chamadas de funções:

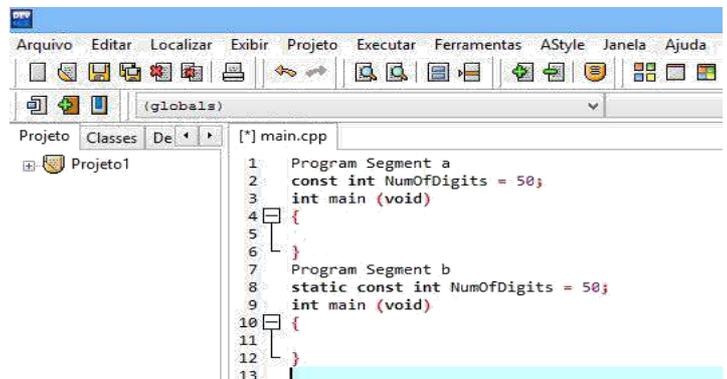


Figura 6: Uso do const como definição estática.

IV.1.6 ALOCAÇÃO DINÂMICA DA MEMÓRIA

Outra evolução do C++ em relação do C é a forma de como a memória é alocada às variáveis. No código em C, a alocação dinâmica de memória é tratada por funções de biblioteca, tais como $malloc()$ e $free()$. Em contrapartida, o C++ usa operadores, ao invés de funções, para alocar dinamicamente memória às variáveis.

Os operadores new e $delete$ no C++ executam operações similares às funções $malloc()$ e $free()$, respectivamente. Pode-se utilizar o operador new para alocar memória às variáveis e o $delete$ para retirar a memória das variáveis.

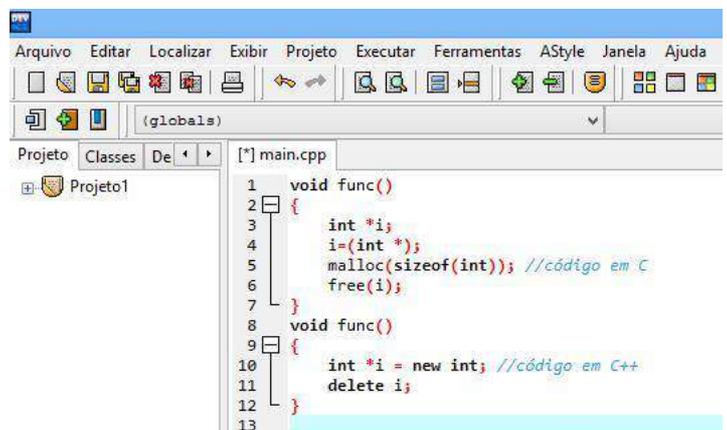


Figura 7: Alocação dinâmica de memória.

Definindo a alocação de memória, em termos de operadores em vez de funções, o C++ reduz a sobrecarga de chamadas de função e oferece um gerenciamento mais rápido de memória dinâmica.

IV.1.7 USO DE REFERÊNCIAS

O C++ utiliza referências para passar valores às funções. Uma referência é um nome alternativo de uma variável, sendo indicado através do uso do operador $&$, da mesma forma que um ponteiro é indicado usando-se o operador $*$. O trecho de código

abaixo, na figura 8, exemplifica como se pode declarar a variável *rodents* como uma referência para a variável *rats*.

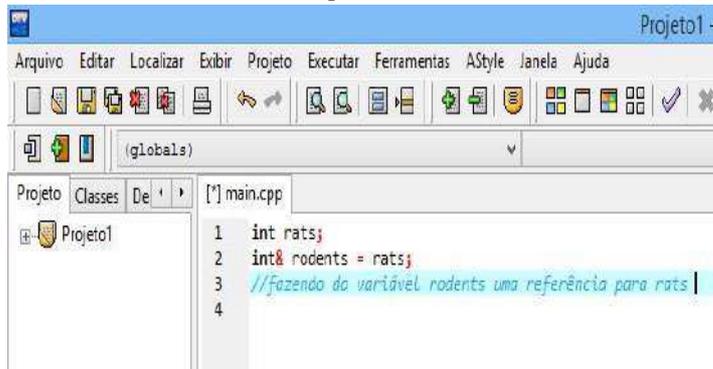


Figura 8: Uso de referências.

Utiliza-se uma referência na passagem de um argumento para uma função. Ao usar uma referência como um argumento, a função trabalha com os dados originais, em vez de uma cópia. Essa forma de passar argumentos para a função é conhecido como passagem por referência.

O C++ fornece uma biblioteca especial de classes, denominada biblioteca de fluxos, para tratar das operações de entrada e saída de programas C++. Essas classes são definidas no arquivo cabeçalho *iostream.h*.

Quando inclui-se o arquivo de cabeçalho *iostream.h* em um programa, o C++ cria de forma automática, quatro objetos para tratar das operações de entrada e saída. Os objetos *cin*, *cout*, *cerr* e *clog* são anexados aos dispositivos padrão de entrada e saída.

O C++ fornece os operadores para escrever dados no fluxo de saída e buscar dados no fluxo de entrada. O C++ fornece o operador de deslocamento à esquerda << para enviar caracteres para um fluxo de saída. O operador <<, quando usado para direcionar valores para a saída padrão, é conhecido como operador de inserção. O operador de inserção pode ser utilizado mais de uma vez em uma única instrução, para executar várias operações de saída. O exemplo pode ser observado na figura 9, quando tanto o nome da variável quanto o valor, são exibidos utilizando-se uma única instrução:

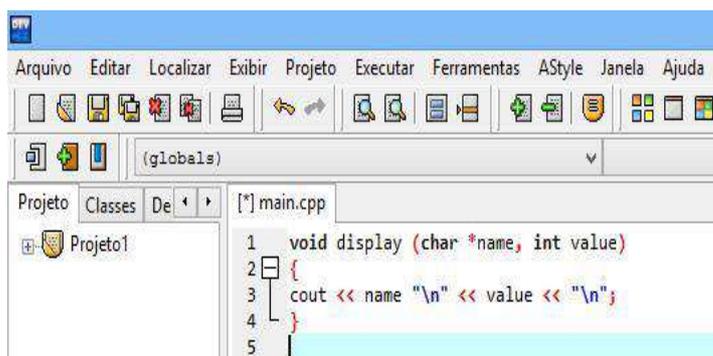


Figura 9: Uso de operadores.

O processo de busca de dados no fluxo de entrada é chamado de extração de fluxo. O C++ fornece o operador de deslocamento à direita >>, para buscar dados no fluxo de entrada.

O operador >>, quando usado para ler valores da entrada padrão, é conhecido como operador de extração. O trecho de código, conforme mostrado na figura 10, mostra o uso de >> com

cin. O operador >> aceita uma cadeia de caracteres do teclado e armazena na variável nome.

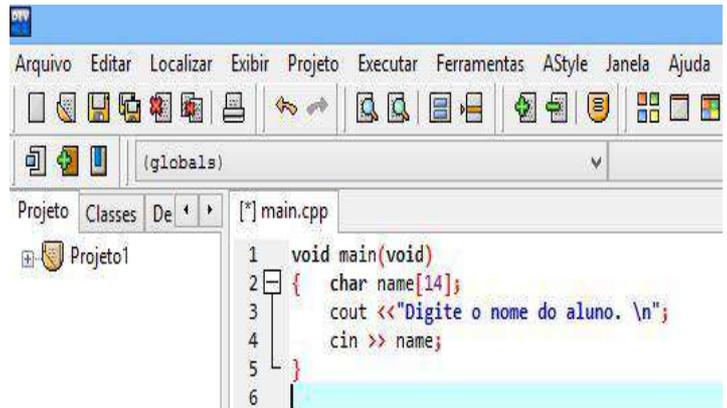


Figura 10: Busca de dados no fluxo de entrada.

IV.1.8 CONVERSÕES DE TIPOS

A conversão de tipo envolve a transmutação de uma variável de um tipo específico de dado para outro. Por exemplo, na linguagem C, pode-se atribuir um valor *int* a uma variável *long* ou adicionar um valor *long* a uma variável *float*.

Na linguagem C++, existem duas formas de conversão de tipos: implícita e explícita. As conversões implícitas são implementadas pelo compilador sem a intervenção do programador, em detrimento das explícitas, que dependem do programador.

Uma conversão implícita acontece quando tipos de dados distintos são misturados. Por exemplo, quando você atribui um valor *int* a uma variável *long*, o compilador faz uma conversão implícita. A figura 11 ilustra a conversão de tipo de dado *float* para o tipo *int*, assim como a saída do segmento. A variável *pi* foi declarada como um número inteiro. Atribuir um valor *float* à *pi* resulta na conversão de *float* para *int*.

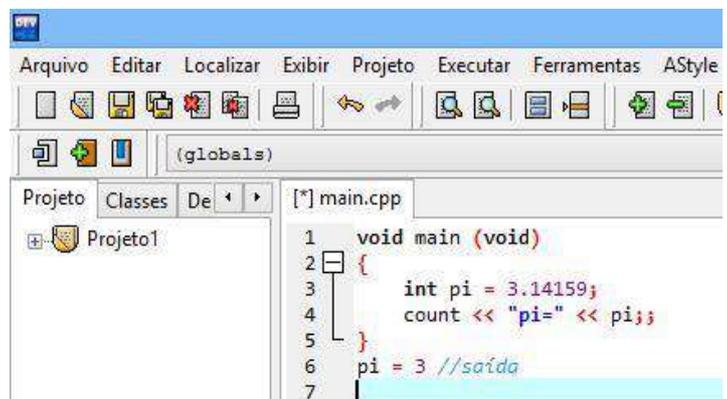


Figura 11: Conversões de tipos.

Uma conversão implícita também é possível de ser realizada nas classes, sendo obtida através de um construtor de conversão, que é uma função utilizada para inicializar elementos de dados de uma classe com valores padrão. Utilizando o construtor de conversão, o tipo de argumento é convertido para o tipo do objeto da classe. O trecho de código mostrado abaixo, exemplifica a conversão do um valor *int* em um valor do tipo *Complex*, definido pelo programador:

```

Complex::Complex (int i)
{
    real = (double) i;

```

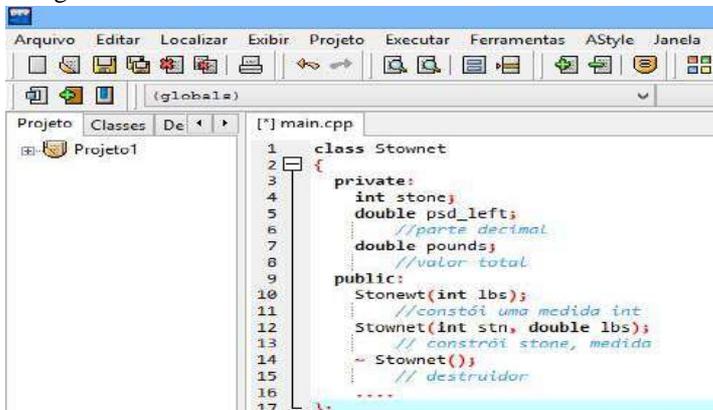
```

    imag = 0.0;
}

```

Geralmente, qualquer construtor que leva um único argumento atua como um modelo para a conversão de um valor daquele tipo de argumento para o tipo da classe.

Por exemplo, o construtor *Stonewt(int lbs)* atua como um modelo de conversão *int* para *Stonewt*. Similarmente, *Stonewt(double lbs)* atua como um modelo de conversão de *double* para *Stonewt*, conforme pode ser visto no trecho de código da figura 12:



```

1 class Stonewt
2 {
3     private:
4         int stonc;
5         double psd_left;
6         //parte decimal
7         double pounds;
8         //valor total
9     public:
10        Stonewt(int lbs);
11        //constói uma medida int
12        Stonewt(int stn, double lbs);
13        // constrói stone, medida
14        ~Stonewt();
15        // destruidor
16        ....
17 };

```

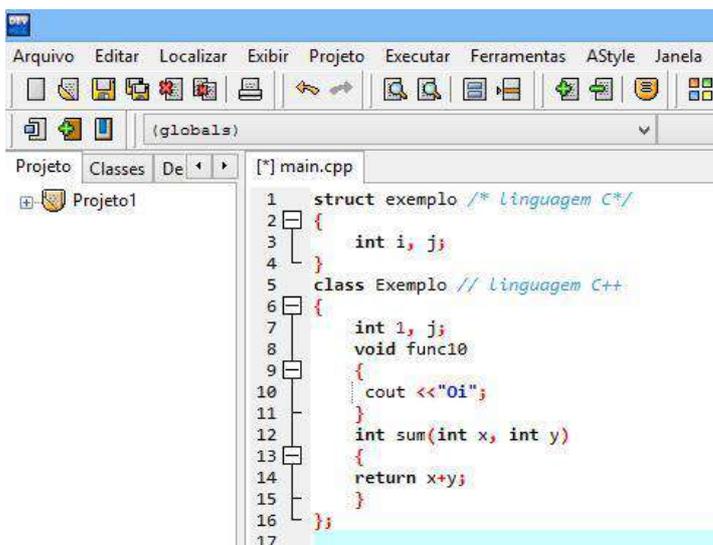
Figura 12: Conversões implícitas.

A conversão explícita é a transmutação forçada pelo programador, de um determinado tipo de dado para outro. A conversão explícita também é possível para classes, após a definição de uma função de conversão.

IV.2 RECURSOS DA LINGUAGEM C++

IV.2.1 STRUCT

O corpo da classe, na linguagem C++, é cercado por um par de chaves seguidas de um ponto e vírgula ou de uma lista de declarações terminada por ponto e vírgula. O método de definição de uma classe em C++ é diferente de *struct* em C. Antagonicamente à aplicação do *struct* em C, pode-se incluir funções na classe. A código da figura 13 ilustra a diferença do uso de *struct* em C e da classe em C++.



```

1 struct exemplo /* Linguagem C*/
2 {
3     int i, j;
4 }
5 class Exemplo // Linguagem C++
6 {
7     int i, j;
8     void func10
9     {
10        cout << "Oi";
11    }
12    int sum(int x, int y)
13    {
14        return x+y;
15    }
16 }
17

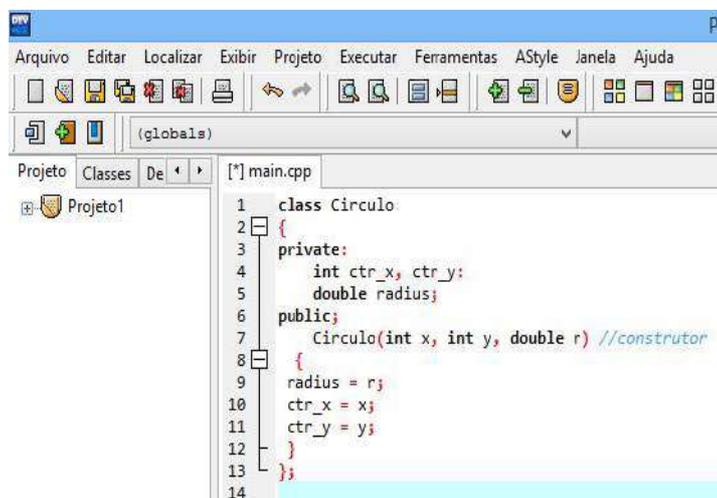
```

Figura 13: Uso de struct.

IV.2.2 CONSTRUTOR

No C++, quando um objeto é criado, os membros de dados precisam ser inicializados. A tecnologia permite que sejam ativados membros de dados de uma classe definindo-se um construtor. O construtor de uma classe é uma função de membro com o mesmo nome de uma classe.

O código da figura 14 ilustra a utilização do construtor para a classe *Circulo*. Quando se declara um objeto da classe *Circulo*, fornecem-se três valores para inicializar as coordenadas e raio do objetivo.



```

1 class Circulo
2 {
3     private:
4         int ctr_x, ctr_y;
5         double radius;
6     public;
7         Circulo(int x, int y, double r) //construtor
8     {
9         radius = r;
10        ctr_x = x;
11        ctr_y = y;
12    }
13 };
14

```

Figura 14: Uso de construtor.

Um construtor é declarado dentro da definição de classe. No entanto, o corpo do construtor pode ocorrer fora da definição de classe. Uma classe pode ter mais de um construtor.

Um construtor de classe é chamado quando um programa cria um objeto dessa classe. Uma classe derivada, quando não possuir membros de dados adicionais, terá um construtor de classe derivada com um corpo vazio. O compilador C++ gera um construtor padrão se não for definido construtor para a classe. Pode-se definir um construtor como uma função de membro pública, protegida ou privada de uma classe.

O C++ fornece duas formas de inicializar um objeto usando construtores: explícita e implícita. Quando um objeto é criado, o armazenamento necessário para conter os membros de dados definidos para a classe é alocado de forma automática. Os construtores servem apenas para inicializar o armazenamento recém alocado associado a um objeto de classe.

IV.2.3 DESTRUIDOR

Para excluir um objeto é necessário desativá-lo, podendo ser executado a partir de uma função especial chamada destruidor.

Podem-se utilizar destruidores para executar qualquer operação que o programador desejar implementar, como o último uso do objeto, que pode ser de salvar o conteúdo dele em disco.

Para declarar um destruidor, atribui-se o mesmo da classe a adiciona um *til* (~) ao nome. Um destruidor não aceita argumento, pois ele desaloca a memória do objeto inteiro. O código na figura 15 ilustra *~Boneco()* como destruidor de um objeto da classe *Boneco*.

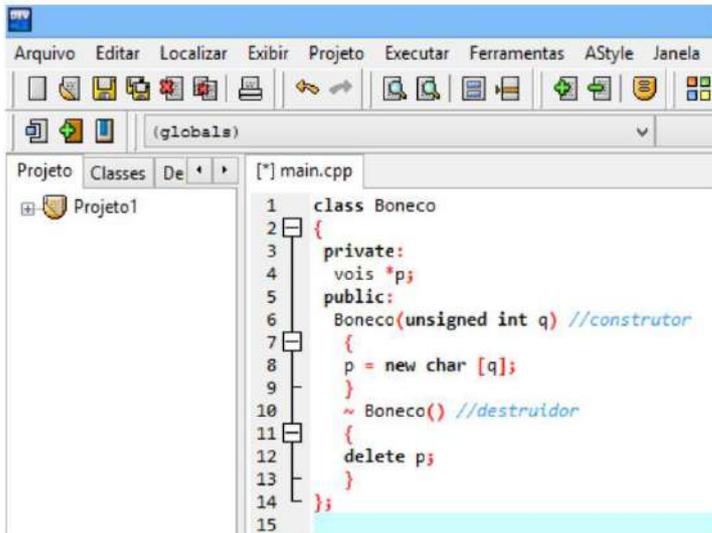


Figura 15: Uso de destruidor.

Uma classe pode ter apenas um destruidor. Assim como um construtor, um destruidor não tem tipo de retorno.

Quando um objeto é criado na memória, os membros de dados são inicializados pelo construtor. Cada objeto mantém seu próprio conjunto de membros de dados. No entanto, as instâncias de objetos não carregam uma cópia de todas as funções de membro dentro dela. Existe apenas uma cópia das funções de membro na memória.

IV.2.4 PONTEIRO THIS

Quando uma função de membro é invocada, todos os objetos chamam a mesma cópia da função de membro. A função de membro usa o ponteiro *this* para identificar o objeto que está invocando a função. O ponteiro *this* é criado automaticamente pelo compilador, não sendo necessário declarar o ponteiro *this* explicitamente.

O ponteiro *this* ajuda o compilador na identificação do objeto ao qual um membro de dado específico está associado. Quando você cria os objetos de classe *eg1* e *eg2*, um ponteiro *this* separado fica associado aos membros de ambos os objetos. Quando você atribui um valor à variável *i*, o ponteiro *this* transmite para o compilador que esse *i* é um membro do objeto *eg1* (ou *eg2*) da classe *Exemplo*.

O compilador C++ gera de forma automática um ponteiro *this* para cada função de membro de uma classe. O ponteiro *this* é declarado implicitamente para todas as classes, conforme pode ser visto abaixo:

```
<nome da classe> *this;
```

IV.2.5 ESPECIFICADORES DE ACESSO

Especificadores de acesso controlam o acesso aos membros de dados às funções de membro de uma classe. No C++ existem três tipos de especificadores de acesso:

- Public;
- Private;
- Protected.

Os membros de dados e as funções de membros listados na seção *public* de uma classe podem ser acessados por todas as classes do programa. No trecho de código da figura 16, os membros de dados *legs* e *color* são declarados *public*, podendo ser acessados por todas as classes do programa.

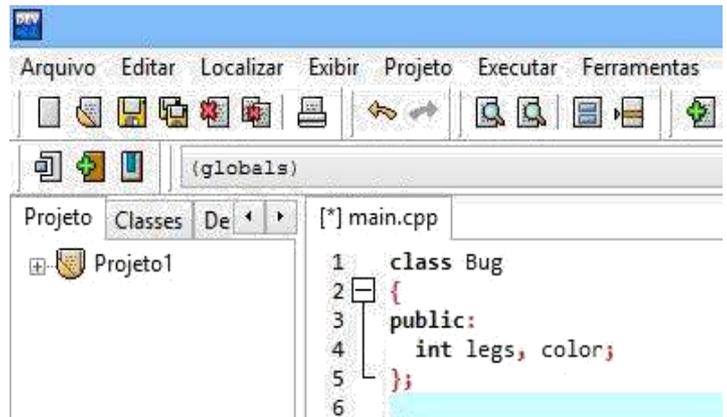


Figura 16: Uso de especificadores de acesso.

Os membros de dados e as funções de membros listados na seção *private* de uma classe podem ser acessados apenas pela própria classe. Os membros de dados e as funções de membros listados na seção *protect* de uma classe podem ser acessados apenas pela classe e por suas derivadas.

IV.2.6 DEFINIÇÃO DE ESCOPO

Escopo é a parte de um programa onde uma determinada variável torna-se acessível. Uma variável tem um escopo associado que, juntamente com o nome da variável, a identifica de forma única.

O escopo de uma variável se estende entre o ponto de declaração da variável e a chave de fechamento mais próxima dentro da qual a variável é declarada.

No C++ é possível definir três tipos de escopo: local, arquivo e classe.

- Escopo local

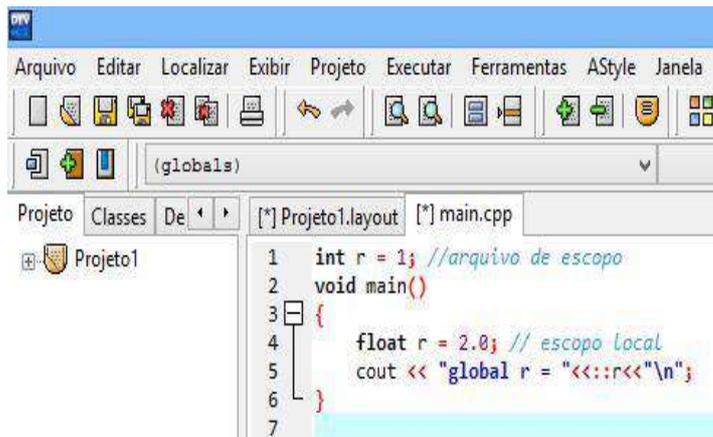
Variáveis definidas dentro de uma função ou um bloco de {} tornam-se acessíveis dentro desta função ou bloco, tendo um escopo local. Variáveis que têm escopo local são também chamadas de variáveis automáticas porque são criadas automaticamente dentro do escopo e deixam de existir quando o escopo termina. Variáveis locais são armazenamentos alocados no momento em que uma função é invocada.

Para reter o valor de uma variável local, pode-se definir a variável como estática, concedendo à mesma um valor inicial. Quando se declara uma variável como estática, os dados são inicializados antes da execução do programa e o valor é retido entre as chamadas de funções.

- Escopo de Arquivo

O segundo tipo de escopo, em C++, é denominado escopo de arquivo. Pode-se acessar variáveis com escopo de arquivo em todo o código do programa. Elas são chamadas de variáveis globais. Quando uma variável local possui o mesmo nome de uma global, a global torna-se oculta pela local.

Para acessar o valor da variável oculta no escopo atual, utiliza-se o operador de resolução de escopo. O código da figura 17 ilustra como o operador de resolução de escopo ajuda a acessar o valor global de *r*.



```

1 int r = 1; //arquivo de escopo
2 void main()
3 {
4     float r = 2.0; // escopo local
5     cout << "global r = <<::r<< "\n";
6 }
7

```

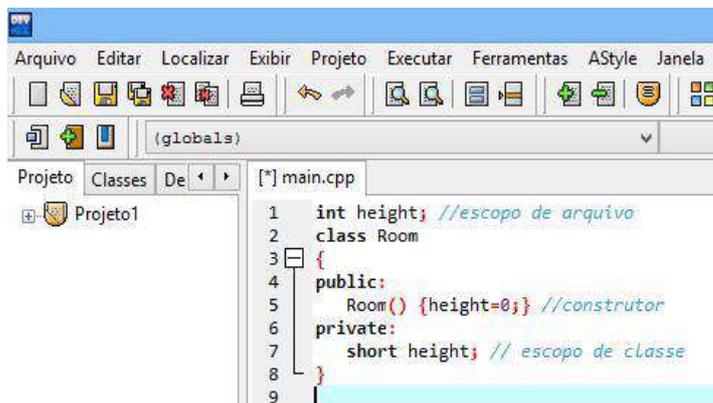
Figura 17: Escopo de arquivo.

- Escopo de Classe

As variáveis quem têm escopo de classe são visíveis dentro da classe, mas não fora. Pode-se usar membros de classe com o mesmo nome em outras classes sem que haja conflito. Variáveis definidas em uma classe têm um escopo de classe, a menos que os membros sejam declarados como *public*.

Se uma variável com escopo de arquivo tiver o mesmo nome que um membro de classe, então a variável com escopo de arquivo não será acessível dentro da classe.

O trecho de código da figura 18 mostra a variável de classe *height* sendo declarada depois de estar sendo utilizada. O construtor inicializa a variável *height* declarada para a classe e não a variável global *height*.



```

1 int height; //escopo de arquivo
2 class Room
3 {
4     public:
5     Room() {height=0;} //construtor
6     private:
7     short height; // escopo de classe
8 }
9

```

Figura 18: Escopo de Classe.

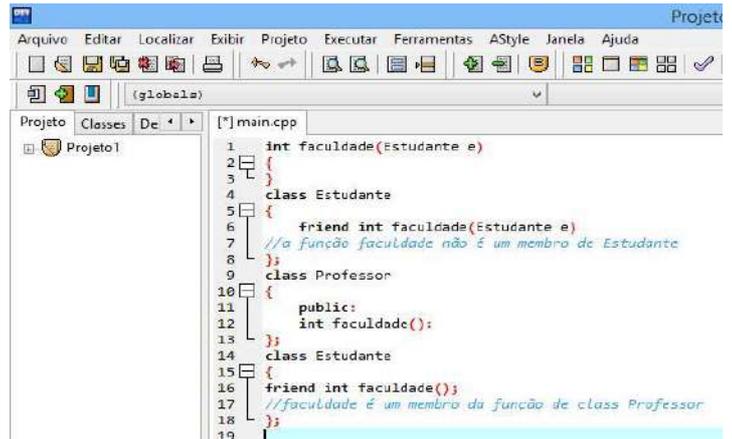
IV.3 FUNÇÕES ESPECIAIS E SOBRECARGAS

Funções especiais podem auxiliar no desenvolvimento de um programa, tornando o código mais funcional e flexível.

- Função Friend

A função *friend* é utilizada para acessar todos os membros da classe à qual a função tenha sido declarada como amiga. Em C++, uma função pode acessar as duas classes, mesmo que ela não seja membro. Isso ocorre quando se declara tal função

como amiga das classes as quais ela deseja acessar. A função *faculdade* pode acessar todos os membros da classe *Estudante*, conforme pode ser visto no trecho de código da figura 18:



```

1 int faculdade(Estudante e)
2 {
3 }
4 class Estudante
5 {
6     friend int faculdade(Estudante e)
7     //a função faculdade não é um membro de Estudante
8 };
9 class Professor
10 {
11     public:
12     int faculdade();
13 };
14 class Estudante
15 {
16     friend int faculdade();
17     //faculdade é um membro da função de class Professor
18 };
19

```

Figura 18: Função friend.

Quando o programa alcança a instrução de chamada de função, o programa segue o fluxo exibido na figura 19:



Figura 19: Fluxo do programa utilizando funções especiais.

- Função Inline

Outra função especial fornecida pelo C++ é a função inline, que é comumente utilizada para reduzir a sobrecarga das chamadas de funções. Uma chamada de função envolve uma sobrecarga em termos do tempo levado para se executar as etapas adicionais listadas acima.

Quando se declara uma função inline, o corpo da função é expandido no ponto em que é invocada. Ela não é compilada como um pedaço solto do código, mas haverá uma inserção quando houver uma chamada dessa função.

O código da figura 20, ilustra o exemplo da utilização da função inline. Neste programa, *adic()* é declarado como uma função inline que está sendo chamada em *main()*:

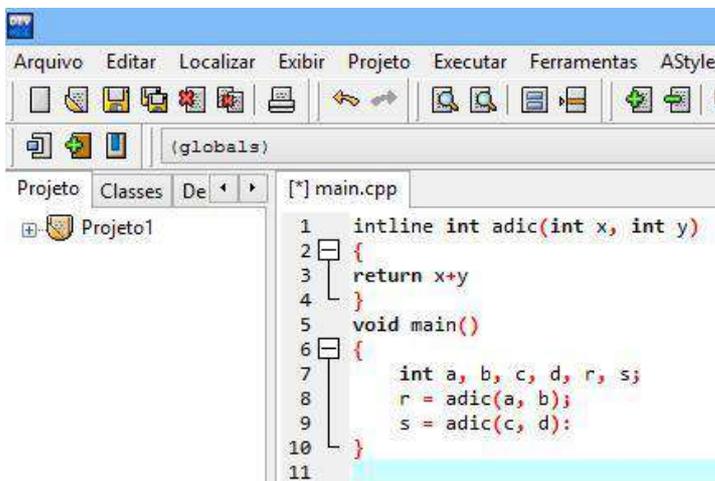


Figura 20: Função inline.

IV.4 SOBRECARGA

O C++ permite dois tipos de sobrecarga: de operador e de função.

IV.4.1 SOBRECARGA DE OPERADOR

A sobrecarga de operador é a atribuição de vários significados a um operador. Por exemplo, o operador + tem a capacidade de adicionar dois valores de qualquer tipo numérico padrão (*int*, *float* ou *double*).

O operador + não permite que sejam adicionados dois números complexos, pois *Complex* é um tipo de dado definido pelo programador. Para adicionar dois números complexos, pode-se sobrecarregar o operador +. Quando se é utilizado o mesmo operador para diferentes tipos de dados, então esse operador está sobrecarregado.

O código da figura 21, ilustra o operador +(Complex c1, Complex c2) definindo a nova versão do operador + para adicionar dois operandos da classe *Complex*. A declaração da classe *Complex*, evidenciada na figura, contém declarações para sobrecarga dos operadores + e =:

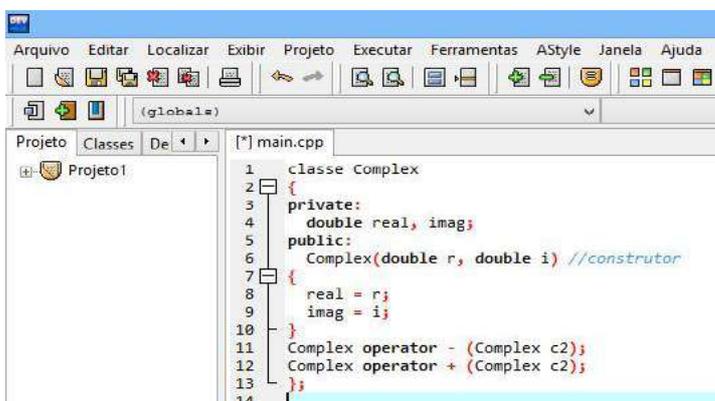


Figura 21: Sobrecarga de operadores.

O C++ impõe algumas restrições na sobrecarga do operador definido pelo usuário. Uma das restrições impostas pelo C++ é que os operadores não podem ser sobrecarregados para tipos

de dados padrão. Pode-se sobrecarregar operadores apenas para tipos de dados definidos pelo programador, não podendo redefinir o operador + para retornar o produto de duas variáveis do tipo *int*, por exemplo.

IV.4.2 SOBRECARGA DE FUNÇÃO

Sobrecarga de funções é a criação de funções com o mesmo nome, mas com listas de argumentos distintos. Se existem funções que executam tarefas semelhantes, é mais eficaz atribuir o mesmo nome a tais. O tipo mais comum de sobrecarga de função é observador nos construtores de classe.

No C++ utiliza-se mais de um construtor de classe para lidar com diferentes tipos de inicialização, conforme pode ser observado no trecho de código da figura 22:

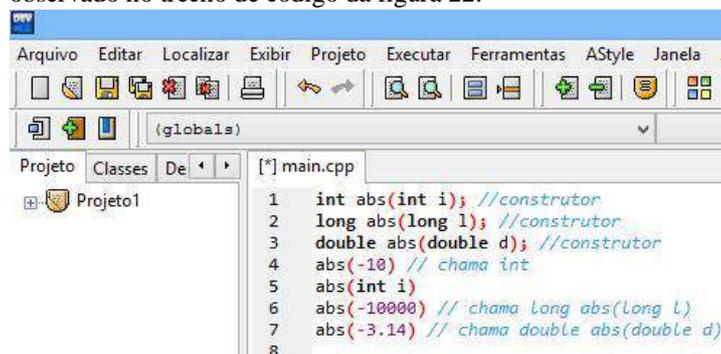


Figura 22: Sobrecarga de função.

Pode-se sobrecarregar funções nas duas listas de argumentos e não no tipo de retorno. No código a função *artigo()* não está sobrecarregada porque a lista de argumentos é do mesmo tipo em ambos os casos, mesmo que os tipos de retorno sejam diferentes. Quando se compila o fragmento de código mostrado abaixo, o compilador retornará um erro:

```

int artigo(int j);
void artigo(int j);

```

IV.5 BIBLIOTECA E FUNÇÕES DE ENTRADA E SAÍDA

IV.5.1 BIBLIOTECA DE E/S

A biblioteca de E/S do C++ oferece funções para ler e exibir caracteres. As funções de E/S que são comumente utilizadas para ler e exibir caracteres estão listadas:

- *put()* - exibe caracteres, aceitando um argumento do tipo de dados *char*;
- *get()* - extrai e retornar um único valor do fluxo de entrada, não extraindo caractere delimitador;
- *write()* - grava no arquivo indicado pelo descritor as informações obtidas do endereço fornecido;
- *read()* - realiza a leitura de dados do arquivo para a memória;
- *getline()* - extrai um bloco de caracteres do buffer até encontrar o limite numérico especificado;
- *peek()* - retorna o próximo caractere da entrada sem extraí-lo do fluxo de entrada;
- *putback()* - insere um caractere de volta no fluxo de entrada;
- *ignore()* - pula um número especificado de caracteres de entrada.

IV.5.2 FORMATAÇÃO DE INFORMAÇÕES

O C++ oferece as funções mostradas na figura para formatação de E/S. Essas funções de membros dos objetos de fluxo são: *cin* e *cout*. Para se utilizar essas funções de E/S é necessário incluir o arquivo de cabeçalho *iostream.h* no programa.

A função *widht()* é utilizada para definir o número máximo de caracteres armazenados em um buffer. Essa mesma função pode ser usada para fluxos de saída.

A função *fill()* é utilizada para preencher espaços extras com um caracter especificado. Por padrão, essa função utiliza espaços como caracteres de preenchimento. A função é invocada somente se o valor definido pela função *widht()* for maior que o tamanho do valor inserido.

Outra função de formatação do C++ é a *setw()*, que é um manipulador que define o comprimento de uma variável. Os manipuladores permitem que se alterem as características de um fluxo. A função *setw()* define o número máximo de caracteres que podem ser inseridos ou extraídos de cada vez. A função *setw()* não tem um valor padrão. Ela perde seu valor depois de ser utilizada uma vez. Torna-se necessário incluir o arquivo de cabeçalho *omanip.h* para utilizá-lo.

O C++ dispõe ainda de outra função de formatação, denominada *precision()*, que é utilizada para definir número de dígitos a serem exibidos após o ponto decimal em vários tipos de dados *double* ou *float*. Por padrão, o número de dígitos exibidos pela função *precision()* é 6. A função permanece em vigor até ser redefinida para um novo valor de um programa.

IV.5.3 FUNÇÕES DE E/S

Para que se possa lidar com entrada e saída de arquivo, o C++ define três classes: *ifstream*, *ofstream*, *fstream*. As definições das três classes são armazenadas no arquivo de cabeçalho *fstream.h*:

- *ifstream* - derivada da classe *istream*, conecta um arquivo ao programa para entrada;
- *ofstream* - derivada da classe *ostream*, conecta um arquivo ao programa de saída;
- *fstream* - derivada da classe *iostream*, conecta um arquivo ao programa para entrada e saída.

As funções de entrada e saída de arquivo utilizadas no C++ são: *open()* e *close()*. A função *open()* abre um arquivo num modo especificado. Pode-se então conectar o arquivo ao objetivo de classe usando a função *open()*. A sintaxe da função *open()* é: *open(nomedoarquivo, mode)*. Pode-se ainda abrir um arquivo para entrada e saída, conforme exibido no código da figura 23.

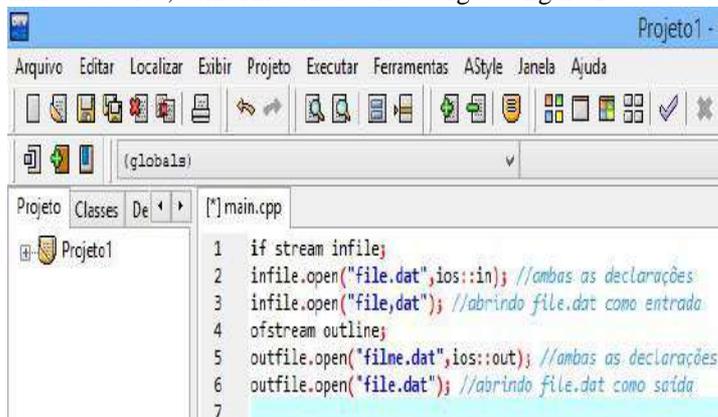


Figura 23: Funções de entrada e saída.

Outra função muito utilizada no C++ é a *close()*, utilizada para desconectar explicitamente um arquivo de um programa. Ao fechar uma conexão, não se elimina o fluxo, apenas desconecta-se o fluxo do arquivo de entrada ou de saída. O código abaixo exemplifica o fechamento de conexão:

1. *outfile.close()* //fecha a conexão para o arquivo de saída;
2. *infile.close()* //fecha a conexão para o arquivo de entrada.

Em C++ um arquivo também pode ser acessado randomicamente, utilizando-se funções próprias para tal finalidade. As funções utilizadas são:

- *seekg()* - move o ponteiro do arquivo para um endereço absoluto dentro do arquivo;
- *seekp()* - move o ponteiro do arquivo para um determinado local no arquivo;
- *tellg()* - verifica a posição atual de um ponteiro de arquivo para fluxo de entrada;
- *tellp()* - verifica a posição atual de um ponteiro de arquivo para fluxo de saída.

O C++ dispõe ainda de algumas funções de verificação de fluxo para verificação de erros. O objeto da biblioteca *iostream* mantém um conjunto de sinalizadores de condição, através dos quais o progresso do fluxo pode ser monitorado por meio das seguintes funções:

- *eof()* - retorna um valor diferente de zero se o fluxo encontrar o fim do arquivo;
- *bad()* - retorna um valor diferente de zero se houver tentativa de realizar uma operação inválida, como buscar uma posição além do fim do arquivo;
- *fail()* - retorna um valor diferente de zero se uma operação for mal sucedida ou caso haja tentativa de realização de uma operação inválida;
- *good()* - retorna um valor verdadeiro se *eof()*, *bad()* e *fail()* retornarem falso.

Existem ainda, no C++, funções do buffer. Quando um fluxo é armazenado em buffer, as inserções ou extrações não têm operações de E/S correspondente para realizarem a gravação ou leitura de dados fisicamente em um dispositivo. Assim, todas as inserções e extrações são armazenadas em um buffer, de onde os dados são gravados ou lidos em porções. As funções de buffer estão listadas abaixo:

- *flush()* - permite que limpe-se o buffer de saída fazendo com que os dados contidos nele sejam gravados em um arquivo, garantindo que tudo que estiver armazenado seja exibido;
- *clear()* - redefine o estado de fluxo e desliga o sinalizador de fim de arquivo.

IV.6 HERANÇA

No C++, a classe derivada herda membros de dados e funções de membro de sua classe-base. A classe derivada pode ainda ter seus próprios membros e funções. A herança possibilita a reutilização de código. Quando uma classe é definida, pode ser

utilizada para criar classes derivadas. A reutilização de classes existentes poupa tempo e trabalho.

A sintaxe utilizada para derivar uma classe é: “*class Derived : Base*”. Pode-se criar uma classe derivada usando herança única ou múltipla.

IV.6.1 HERANÇA ÚNICA

- Pública

Na herança única pública, membros públicos e protegidos da classe-base tornam-se membros públicos e protegidos da classe derivada. O código da figura 24, ilustra um exemplo. A classe *Bug* tem dois elementos de dados privados: *legs* e *color*. Possui ainda duas funções de membros públicas: *Bug()* e *draw()*:

```

1  enum Bugcolor{Red, Blue, Black};
2  class Bug
3  {
4  private:
5      int legs;
6      Bugcolor color;
7  public:
8      Bug(int numlegs, Bugcolor c); //construtor
9      void draw();
10 };
11

```

Figura 24: Herança única pública.

- Privada

Na herança única privada, os membros públicos e protegidos da classe-base, tornam-se membros privados da classe derivada. Uma classe derivada não herda membros privados da classe-base. Na definição da classe exibida no código da figura 25, o qualificador *private* indica que a classe *Humbug* é derivada da classe *Bug* através de herança privada:

```

1  classe humbug: public Bug
2  {
3  private:
4      int frequency;
5  public:
6      Humbug(int numlegs, Bugcolor c, int freq); //construtor
7      void hum();
8  };
9

```

Figura 25: Herança única privada.

IV.6.2 HERANÇA MÚLTIPLA

Na herança múltipla, uma classe é derivada de mais de uma classe-base. Uma classe derivada também pode herdar funções de membro do mesmo nome de mais de uma classe-base.

Para especificar a que função *set()* está se referindo, usa-se o operador de resolução de escopo, conforme exibido no código da figura 26:

```

1  class Base1
2  {
3  protected:
4      int b1;
5  public:
6      void set(int i)
7      {
8          b1 = i;
9      }
10 };
11
12 class Derived: public Base1, private Base2
13 {
14 public:
15 void printf() {
16     printf("b1 = %d, b1);
17     printf("b2 = %d, get());
18 }
19 Derived d;
20 d.set(12);
21
22 class Base2
23 {
24 private:
25     int b2;
26 public:
27     void set(int i)
28     {
29         b2=i;
30     }
31     int get()
32     {
33         return b2;
34     }
35 }

```

Figura 26: Herança múltipla.

Do mesmo modo, quando se cria uma classe derivada a partir de mais de uma classe-base, precisa-se também especificar que construtor está sendo invocado pela classe derivada. Para diferenciar os construtores das classes-base, deve-se especificar os argumentos no construtor da classe derivada.

IV.7 POLIMORFISMO

Polimorfismo, em C++, é a propriedade que permite que funções de mesmo nome tenha interpretações diferentes em uma classe-base e em suas classes derivadas. A mesma mensagem é enviada a dois objetos diferentes e eles produzem dois conjuntos diferentes de ações.

No trecho do código exibido na figura 27, as classes derivadas como *Square* e *Circle* herdaram a função *draw()* da classe-base *Figure*. Quando essa função é invocada, a classe *Square* desenha um quadrado e a classe *Circle* desenha um círculo.

```

1  class Figure //Base class
2  {
3  private:
4      int x; int y;
5  public:
6      virtual void draw()
7      { cout << "Figure \n";
8      }
9  };
10
11 class Circle : public Figure
12 {
13 private:
14     int rad;
15 public:
16     void draw(void) //função to draw circle
17     { cout << "Circle\n";
18     }
19 };
20
21 class Square : public Figure
22 {
23 private:
24     int x l;
25 public:
26     void draw(void) //função draw square
27     { cout << "Square \n";
28     }
29 };
30
31
32

```

Figura 27: Polimorfismo.

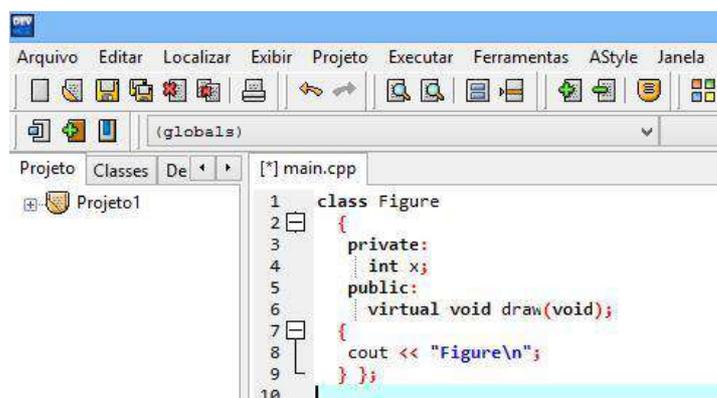
O compilador do C++ associa a função a uma classe identificando o tipo do objetivo ou do ponteiro usado para invocá-lo. Esse processo de associar uma função a uma chamada, é conhecido como vinculação, e possui dois tipos:

- Estática: resolve a chamada de função em tempo de compilação;
- Dinâmica: resolve a chamada de função em tempo de execução.

Funções polimórficas usam a vinculação dinâmica para resolver chamadas de função porque o compilador não pode determinar que definição de função de membro chamar, uma vez que as funções de membro possuem o mesmo nome.

Outro importante recurso do C++, dentro do polimorfismo, são as funções virtuais. Para se declarar uma função virtual, deve-se adicionar a palavra virtual antes do nome da função. Isso indica, para o compilador do C++, que a função opera como um espaço reservado no programa.

Quando um programa é executado, a função virtual é substituída pela função real, conforme exibido no trecho de código da figura 28:



```

1 class Figure
2 {
3     private:
4         int x;
5     public:
6         virtual void draw(void);
7     {
8         cout << "Figure\n";
9     };
10 }

```

Figura 28: Funções Virtuais.

É necessário declarar uma função como virtual na classe-base. É opcional a declaração de uma função virtual da classe-base como virtual nas classes derivadas. Assim, o C++ cria um membro de dados oculto para cada função virtual definida em uma classe. A palavra-chave virtual informa ao compilador que o ponteiro ou referência a um objeto deve invocar a função de membro da classe derivada em vez da função de membro da classe-base. Como resultado, obtém-se a saída desejada independentemente de uma função estar sendo chamada como instância da classe-base ou derivada.

V. CONCLUSÃO

A linguagem de programação C/C++ tornou-se uma das mais utilizadas e estudadas por acadêmicos e pesquisadores em todo o mundo, devido a sua portabilidade, modularidade, recursos de baixo nível, imperatividade e simplicidade, embora atualmente existam diversas outras linguagens. Internalizar o conhecimento sobre esta tecnologia traz grandes vantagens ao programador que deseja aplicar a cognição, sobretudo, para o desenvolvimento de softwares voltados para microprocessadores e microcontroladores, tais como o Arduino ou memórias voláteis, além de dispositivos que contam com a Internet das Coisas (IoT) e a domótica. O desenvolvimento e a evolução da linguagem C++ é fruto do trabalho de milhares de acadêmicos, profissionais, pesquisadores e cientistas da indústria de software, que utilizam a linguagem em seu ensino, na construção de bibliotecas de rotinas ou participando de comitês internacionais de padronização, entre outras atividades. O C/C++ é uma excelente linguagem também

para o desenvolvimento de novos sistemas operacionais, pois além de eficiente, dispõe de inúmeros recursos para controlar a memória da máquina, acessando o microcontrolador e permitindo chamadas de rotinas em Assembly. Além disso, sua portabilidade faz com que o código possa ser compilado em diversas arquiteturas de hardware ou software, podendo ser utilizada nos mais variados sistemas operacionais, dentre os quais podemos destacar o MacOS, Linux e Windows. A modularidade, outra característica revelante e peculiar desta tecnologia, permite que o código seja dividido em vários blocos de programação distintos, portanto, no momento em que a função é fechada, o que foi escrito não interfere nos blocos seguintes.

A sintaxe do C++ é simples, embora cheia de recursos. Desde que as regras sejam seguidas, o programador dificilmente cometerá erros, pois o compilador enviará avisos e alertas sobre eventuais problemas de sintaxe, fornecendo dicas para correção imediata do erro. Por fim, este artigo permitiu elucidar, de modo analítico e substancial, as raízes da linguagem de programação C/C++, assim como aplicações e fatores que a tornaram uma das linguagens mais estudadas, utilizadas e exploradas em todo o mundo. Os códigos exibidos através das figuras, em todo o artigo, exemplificaram o uso de recursos e evoluções do C++ em relação ao C, identificando e elucidando fatores que influenciaram a trajetória de sucesso do C++. Obviamente, embora não seja a melhor linguagem para a solução de todos os problemas, o seu conjunto de atributos a capacita para resolver problemas em diversos níveis de complexidade, podendo-se fazer qualquer coisa com esta poderosa linguagem de programação.

VI. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Tecnologia e educação Galileo da Amazônia (ITEGAM) e ao Centro Universitário do Norte (UNINORTE), pelo apoio à pesquisa.

VII. REFERÊNCIAS

- [1] Aguilar, J. L. C + +. 1. ed. São Paulo:McGraw Hill, 2008.
- [2] Aho, A. V.; Jeffrey; Sethi, R.; Lam, M. S. (2008). **Compiladores. Princípios, técnicas e ferramentas**. São Paulo: Addison-Wesley, Pearson. p. 3-5.
- [3] Barth, A. C. **Tabela herança**. Ibirama, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Centro de Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí – CEAVI.
- [4] Brain, M. **Entendendo C++**. Interface Technologies, 1998.
- [5] Feliciano, P.; Lamego, C. G. **Linguagem de Programação C++**. Disponível em:<http://www.ceavi.udesc.br/arquivos/id_submenu/387/patricia_feliciano___guilherme_cesar_lamego.pdf>. Acesso em 21/11/2018.
- [7] Liberty, J. C + + **de A a Z**. ed. Campus, 1999.
- [8] Marconi, A. M.; Lakatos, M. E. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica,**

projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. 7. ed. – 6. reimpr. São Paulo: Atlas: 2011.

[9] Melo, A. C. V.; Silva, F. S. C. (2003). **Princípios de Linguagens de Programação.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda. p. 7-11. 211.

[10] Trevelin, E. C. **Apostila de C++.** 2007. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Disponível em: <<http://www.dee.feis.unesp.br/graduacao/disciplinas/langcpp/index.php?pagina=modulo01>>. Acesso em 20/11/2018.

Analysis of the mechanical resistance of mortar produced with residue of red ceramics in substitution of small aggregate

Carla Taynara Pantoja Gomes¹, Arthur Vinicius de Brito²

^{1,2} Centro Universitario do Norte – UNINORTE - *Laureate Universities*, Brasil, Rua Igarapé de Manaus, 211 – Centro, Manaus/AM.

Email: karlathaynarap@gmail.com, arthur.brito.09@hotmail.com

ABSTRACT

Received: October 11th, 2018

Accepted: November 15th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The Construction sector is one of the main responsible for the extraction of mineral inputs in the world, as well as responsible for the generation of an expressive amount of solid urban waste, causing great environmental partner impacts. The reuse and recycling of these materials is an alternative to reduce such impacts. Therefore, this study aimed to evaluate the compressive strength of mortars for coatings, considering the substitution of the small aggregate for red ceramic residue. For this, bibliographical research and normative tests were used as a methodology. The studies present the results of the mortar consistency index and compressive strength results at 7 and 28 days for the replacement contents analyzed. The results show that the recycled aggregate can be inserted in different proportions as a small aggregate form in the production of mortars.

Keywords: Ceramic Residue, Mortar, Recycled Aggregate.

Análise da resistência mecânica de uma argamassa produzida com resíduo de cerâmica vermelha em substituição do agregado miúdo

RESUMO

O setor da construção civil é um dos maiores responsáveis pela extração de insumos minerais no mundo, assim como é responsável pela geração de uma quantidade expressiva de resíduos sólidos urbanos, provocando grandes impactos socioambientais. A reutilização e reciclagem desses materiais apresenta-se como uma alternativa para diminuir tais impactos. Perante isso, esse estudo teve como objetivo avaliar a resistência à compressão de argamassas para revestimentos, considerando a substituição do agregado miúdo por resíduo de cerâmica vermelha. Para tanto, foram utilizados como metodologia pesquisas bibliográficas e ensaios normatizados. Os estudos apresentam resultados do índice de consistência da argamassa e resultados da resistência a compressão aos 7 e 28 dias para os teores de substituição analisados. Os resultados mostram que o agregado reciclado pode ser inserido em diferentes proporções como forma de agregado miúdo na produção de argamassas.

Palavras-chave: sistemas hidráulicos, água fria, habitações populares.

I INTRODUÇÃO

O setor da construção civil tem um indicativo determinante no crescimento econômico e social. Atualmente o setor é um dos maiores responsáveis pela extração de insumos minerais no mundo, sendo também o responsável por uma quantidade expressiva de resíduos gerados a partir de processos construtivos, denominados Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Conforme dados de pesquisas realizadas em 2012 pelo Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM [1], em 14 anos, a demanda por agregados da construção civil partiu de 460 milhões de

toneladas em 1997 para 673 milhões de toneladas em 2011, crescimento correspondente a 46,2% ou a taxa composta de crescimento anual (CAGR – Compound Annual Growth Rate) de 2,8% a.a., já tomando-se o período de 2001 a 2011, o crescimento da demanda foi de 92,3% correspondente a um CAGR de 6,8% a.a., representando um aumento notável no consumo.

Uma vez que a geração de resíduos está diretamente relacionada ao consumo de agregados, nota-se um aumento expressivo na geração do mesmo. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) [2], os municípios coletaram mais de 35 milhões de

toneladas de RCD apenas em 2012, tendo um aumento de 5,3% comparado ao ano anterior. Cerca de 50% a 70% dos resíduos sólidos urbanos produzidos atualmente são oriundos da construção civil [3].

Além dos dados estatísticos mostrarem que a construção civil tem um percentual significativo na contribuição de impactos ambientais decorrentes da excessiva demanda por recursos minerais, que afetam a vida útil das jazidas, pois, após um determinado período, o recurso explorado, como a areia, se torna escasso e ocasiona a infertilidade dos solos, erosões e desmatamentos [4].

Diante desta situação fica evidente a necessidade de se buscar alternativas que enfoquem sua reciclagem e reutilização na cadeia da construção civil, visto que grande parte desses materiais apresenta potencial para tal. Evitando assim o grande acúmulo de resíduos em aterros e diminuindo a demanda pela extração de insumos minerais, que estão associadas a problemas ambientais. No Brasil, a resolução CONAMA 307 [5], fornece diretrizes para classificação dos resíduos de construção e demolição, servindo de estímulo para que se separe os resíduos cuja fração mineral passa a ser aproveitada através de beneficiamento sob a forma de agregado [6].

Embora já existam vários estudos envolvendo a reciclagem de RCD para reutilização na construção civil como material alternativo, muitos estudos ainda precisam ser desenvolvidos com o objetivo de obter informações sobre o comportamento e as propriedades destes materiais ao longo tempo. Com isso possibilitará estabelecer a correlação entre reciclagem, desempenho tecnológico e ecologia, contribuindo na busca por desenvolvimento sustentável, amparando-o em fundamentos científicos (FILHO, 2007). [7].

Nesse sentido, pretendeu-se avaliar a resistência a compressão da argamassa para revestimento com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de cerâmica vermelha no estado endurecido. Visando ampliar o conhecimento das propriedades e do comportamento das argamassas produzidas com agregados reciclados. Desta forma, além de reduzir o impacto causado pela extração de matéria prima, contribui para diminuição da grande quantidade de entulhos em aterros ou bota foras, sendo este o principal causador de poluição e assoreamento de rios.

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram utilizadas pesquisas bibliográficas e ensaios normatizados. A pesquisa bibliográfica baseou-se em publicações científicas na área de materiais de construção. Os ensaios normatizados por sua vez foram realizados seguindo as normas específicas através de um programa experimental adotado, com o objetivo de caracterizar os agregados e verificar o desempenho da argamassa produzida.

II METODOLOGIA

A síntese foi desenvolvida através de levantamento de informações científicas e expostas na forma de versão literária, utilizando como

Com o objetivo de analisar a resistência mecânica de argamassas para revestimento, com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de cerâmica vermelha foi feito um estudo experimental no Laboratório do Centro Universitário do Norte - UNINORTE – Unidade XI. Onde foram realizados ensaios de caracterização do agregado reciclado e ensaios de resistência à compressão dos Corpos de Provas (CP) produzidos.

Para a análise do comportamento das argamassas foram preparados 24 corpos de provas, sendo 6 de argamassas

produzidas com agregado miúdo natural e 18 produzidas com resíduos de cerâmica vermelha. Os dois tipos de argamassas foram produzidos com o traço de 1:3, variando a quantidade de agregados e a relação a/c. A tabela 1 apresenta os diferentes percentuais de substituição do agregado miúdo natural pelo agregado miúdo reciclado, onde o agregado natural foi substituído pelo reciclado nas proporções 0%, 20%, 30% e 50%.

Tabela1: Teor de substituição na argamassa

MISTURA	AGREGADO NATURAL (%)	AGREGADO RECICLADO (%)
M1	100	0
M2	80	20
M3	70	30
M4	50	50

Fonte: Autores, (2018).

Todos os ensaios foram executados seguindo os critérios das normas ABNT referentes.

III MATERIAIS UTILIZADOS

III.1 CIMENTO

Para a produção da argamassa foi utilizado cimento Cemex CP-I-S-40. Onde a massa específica do cimento encontrada foi de 3,01 g/cm³, de acordo com ensaio realizado seguindo as descrições da NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais – Determinação da massa específica. [8].

III.2 AGREGADO RECICLADO

O material reciclado foi proveniente de uma reforma residencial, constituído por resíduos de cerâmica vermelha. Onde posteriormente foi triturado, para sua utilização como agregado miúdo na produção da argamassa. Sendo depois submetido a um peneiramento conforme a norma NBR NM 46 [9], na peneira de abertura de malha de 74 µm.



Figura1: Resíduo de cerâmica vermelha.

Fonte: Autores, (2018).

III.3 ÁGUA

Foi utilizada água potável fornecida pela empresa local.

III.4 AGREGADO NATURAL

Foi utilizado areia natural, fornecida pela empresa Polimix.

III.5 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO RECICLADO

A tabela 2 apresenta os ensaios executados para caracterização do material cerâmico reciclado conforme as normas da ABNT.

Tabela 2: Ensaios de caracterização executados

PROPRIEDADES	ENSAIOS
Massa específica	NBR NM 52
Módulo de finura	NBR NM 248
Dimensão máxima	NBR NM 248

Fonte: Autores, (2018).

III.5.1 MASSA ESPECIFICA

Para a realização do ensaio da massa específica foi utilizada a NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente.[10].

III.5.2 MÓDULO DE FINURA E DIMENSÃO MÁXIMA

O ensaio para a obtenção do módulo de finura e dimensão máxima foi realizada segundo a NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica [11].

III.6 PRODUÇÃO DA ARGAMASSA

A produção da argamassa foi feita manualmente, seguindo os procedimentos descritos na NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. [12].

III.7 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA

III.7.1 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

Para a determinação do índice de consistência da argamassa foi realizado ensaio seguindo as instruções fixadas na norma NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de parede e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. [12]. Foi adotado para o estudo um espalhamento médio de 270 mm \pm 10 mm visando assegurar a correta aplicação da mistura. A seguir, a figura 2 mostra a mesa de consistência utilizada para o ensaio.

Figura 2: Mesa de consistência.



Fonte: Autores, (2018).

III.7.2 ENSAIO DE RESISTENCIA À COMPRESSÃO

O ensaio de resistência à compressão seguiu os procedimentos da norma NBR 5739/07 – Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos [13]. Sendo determinada nas idades de 7 e 28 dias, com 3 corpos de prova cilíndrico para cada idade moldados conforme a NBR 5738/08: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova[14]. A figura 3 mostra a prensa utilizada para a determinação da resistência a compressão.



Figura 3: Prensa elétrica digital utilizada nos ensaios de resistência a compressão.

Fonte: Autores, (2018).

IV RESULTADOS

IV.1 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO RECICLADO

A tabela 3, a seguir apresenta os resultados da caracterização dos agregados:

Tabela3: Resultados da caracterização dos agregados.

ENSAIOS	RESULTADOS
Massa específica (nbr nm 52)	2.34 kg/dm ³
Módulo de finura (nbr nm 248)	3.965
Dimensão máxima (nbr nm 248)	9.2 mm

Fonte: Autores, (2018).

Não foi realizado ensaio de massa unitária úmida, por considerar que o material estava armazenado em local seco durante o estudo, assim não sendo necessário.

IV.2 RESULTADO NA ARGAMASSA

IV.2.1 ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

Depois de preparada a argamassa, foi determinado o índice de consistência seguindo os procedimentos da NBR 13276 (ABNT, 2002). [12]. A tabela abaixo mostra os resultados do ensaio, para cada uma das misturas, sendo a mistura 1 (M1) a argamassa de referência, a mistura 2 (M2) com substituição de 20% do agregado natural pelo reciclado, mistura 3(M3) com substituição de 30% e mistura 4(M4) com substituição de 50%.

Tabela 3: Resultados dos ensaios do índice de consistência da argamassa.

MISTURA	ESPALHAMENTO MÉDIO (mm)
M1	279
M2	256
M3	250
M4	242

Fonte: Autores, (2018).

IV.2.2 CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

Foram moldados corpos de provas de 100 mm x 200 mm, nas idades de 7 e 28 dias, onde posteriormente foram submetidos a ensaio de resistência a compressão conforme as prescrições da NBR 5739 (ABNT, 2007). [13].



Figura 4: Corpo de prova sendo rompido.
Fonte: Autores, (2018).

As figuras 5 e 6 respectivamente apresentam os resultados obtidos dos ensaios de resistência à compressão.

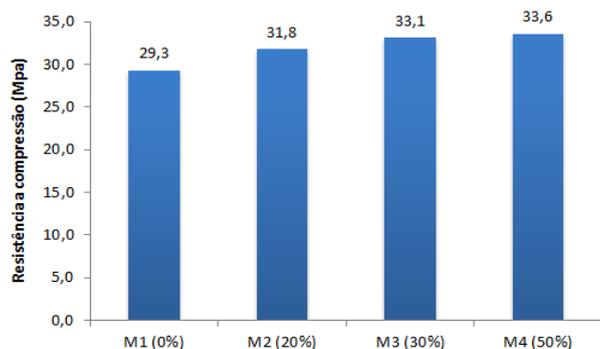


Figura 5: Resultado do ensaio de resistência a compressão aos 7 dias.

Fonte: Autores, (2018).

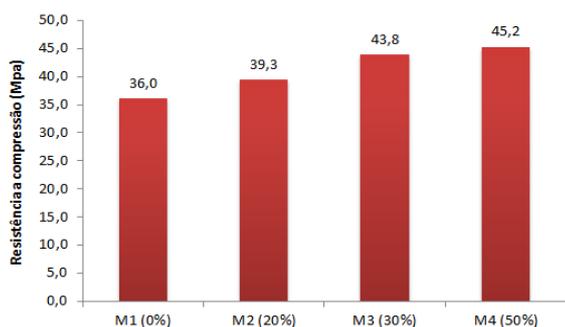


Figura 6: Resultado do ensaio de resistência a compressão aos 28 dias.

Fonte: Autores, (2018)

V DISCUSSÃO

V.1 ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

Verificou-se que o espalhamento da argamassa diminui à medida que a porcentagem de substituição de agregado miúdo natural pelo agregado reciclado aumenta. Isso se deu por que o agregado reciclado retém uma maior quantidade de água que o

agregado miúdo natural, o que faz com que se tenha uma menor quantidade de água livre nas misturas, favorecendo assim na diminuição do espalhamento.

V.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A resistência da argamassa está diretamente ligada à segurança e durabilidade da mesma. Nota-se na figura 7 que quanto maior o teor de agregado reciclado incorporado na argamassa, à resistência à compressão apresenta resultados superiores à argamassa de referência (M1), isso possivelmente pode ter ocorrido por que o agregado reciclado apresenta uma maior absorção do que o agregado natural.

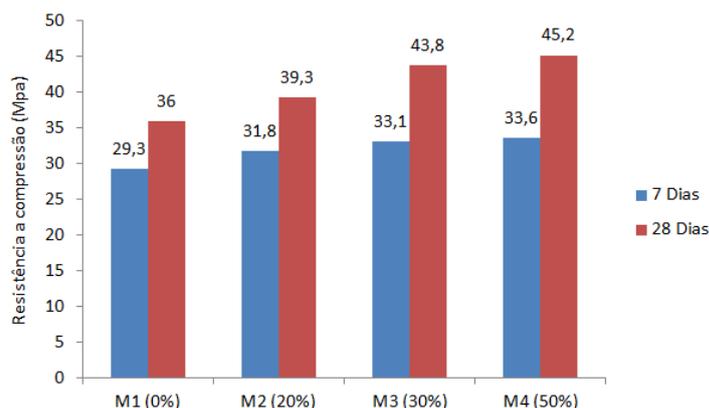


Figura 7: Comparativo do resultado da resistência a compressão aos 7 e 28 dias.

Fonte: Autores, (2018).

Observa-se ainda na figura 7 que a resistência da argamassa tende a aumentar em idades mais avançadas, onde ocorreu sua maior variação na mistura 4 (M4) com 11,6 Mpa, de acordo com Leite (2001) [15], é provável que a alta absorção do agregado reciclado possa contribuir para que haja efeito de cura interna tardia na pasta. Ainda segundo a autora, quando boa parte da mistura é combinada, ainda existe água presente no agregado, que pode estar disponível para que as reações de hidratação continuem acontecendo. Além disso, existe uma possibilidade de haja um efeito pozolânico no material reciclado, que contribui para que haja um pequeno aumento na resistência em idades mais avançadas.

VI. CONCLUSÃO

A indústria da construção é o setor que mais consome recursos naturais e utiliza de forma intensiva, gerando uma grande quantidade de resíduos sólidos que ocasionam significativos impactos ambientais. Tendo em vista isso, surge o paradigma da construção sustentável na busca de minimizar tais impactos que consistem na redução e otimização de consumo de materiais e resíduos gerados. Portanto a reciclagem e reutilização de resíduos é uma das alternativas para redução dos impactos ambientais. Para contribuição do conhecimento acerca do comportamento das argamassas produzidas com agregados reciclados, este estudo foi feito empregando-se resíduos de cerâmica vermelha na substituição do agregado miúdo, onde foi analisado o índice de consistência da argamassa e resistência à compressão. Na avaliação do ensaio que determina o índice de consistência, notou-se que quanto maior o teor de substituição de agregados o espalhamento tende a diminuir, devido a alta taxa de absorção do agregado e teor de finos presentes em sua composição.

Quanto à resistência a compressão, comprovou-se que à medida que o teor de substituição de agregado natural pelo agregado reciclado aumenta a resistência também aumenta. Notou-se que aos 7 dias de cura a resistência encontrada já era de 80% da resistência obtida aos 28 dias, o que indica uma tendência acelerada de evolução da hidratação da argamassa. Também indicando a presença de atividade pozolânica do resíduo de cerâmica vermelha. Em termos gerais, observou-se que os valores de resistência à compressão obtidos das misturas 2, 3 e 4, foram superiores aos da argamassa de referência (M1), o que aponta um potencial para a redução do uso de agregado miúdo natural. No entanto, é preciso ressaltar que apesar do bom comportamento apresentado, existe a necessidade de se realizar novos estudos visando outras propriedades mecânicas das argamassas tanto no estado fresco como no endurecido com a utilização de resíduos de cerâmica vermelha.

VII REFERÊNCIAS

- [1] IBRAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Informações e análises da economia brasileira**, 7ª edição, Dezembro 2012.
- [2] ABRELP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2014.
- [3] GESTÃO DE RESÍDUOS GARANTE BENEFÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON**. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br/index.php/2015/05/27/gestao-de-residuos-garante-beneficios-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 23/Março/2016.
- [4] Calçado, G. C. D. S. **Influência da adição de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho de argamassas de cimento Portland**. 2015, 11 f. Projeto de Graduação - UFRJ/Escola Politécnica. Rio de Janeiro. 2015.
- [5] BRASIL. **Resolução CONAMA nº 307 de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**, Publicado no DOU nº 136, de 17/07/2002, pág. 95-96.
- [6] Pedrozo, R. F. E. **Influência da substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado fino em propriedades de argamassas e concretos**. 2008, 1 f. Dissertação (Mestrado) - UFSC/PPGEC. Florianópolis. 2008.
- [7] Filho, J. F. **Estudo da durabilidade de argamassas alternativas produzidas de resíduos de construção e granito**. 2007, 14 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - UFCG/CCT. Campina Grande. 2007.
- [8] _____.NBR NM 23: **Cimento Portland e outros materiais em pó** - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.
- [9] _____.NBR NM 46: **Agregados** - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.
- [10] _____.NBR NM 52: **Agregado miúdo** - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- [11] _____.NBR NM 248: **Agregados** - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- [12] _____.NBR 13276: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos** - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2002.
- [13] _____.NBR 5739: **Concreto** - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- [14] _____.NBR 5738: **Concreto** - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- [15] Leite, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001, 176 f. Dissertação (Doutorado) - UFRS/PPGEC. Porto Alegre. 2001.



Evaluation of the addition of steel fibers in lightweight structural concrete

Franciclei Lopes da Silva¹, Jorge Luiz Melo de Freitas², Wanderson Araújo Luz³, Daniel Damião Almeida de Almeida⁴, André Soares Mendes⁵

¹Acadêmico de Engenharia Civil – Centro Universitário do Norte – UNINORTE – Manaus-AM.

^{2,3}Engenheiro Civil – Centro Universitário do Norte – UNINORTE – Manaus-AM.

⁴Pós-graduando em Gerenciamento & Qualidade da Construção – Instituto de Especialização do Amazonas – ESP – Manaus-AM.

⁵Professor Mestrando – Instituto Tocantinense de Pós-Graduação – ITOP – Palmas-TO.

Email: franciclei.lopes@hotmail.com, jorgefreitas879@gmail.com, wandersonluz81@gmail.com, engdanieldamiao@gmail.com, andre.ifo@gmail.com

ABSTRACT

Received: October 11th, 2018

Accepted: November 13th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The growth of structural requirements, as well as the large use of concrete in construction works, has led to the development of new materials such as structural lightweight concrete (SLC). The advantages in the use of this material are to reduce the own weight of the structure, as well as less expense with the foundations, transport and lifting in case of preformed parts. To obtain CLE it is necessary to use some light aggregate such as EPS pearls, expanded clay and vermiculite, with the aim of providing the reduction of the own weight of the concrete and obtain satisfactory mechanical resistances. In view of this problem, the present work had as objective to analyze the influence of the addition of steel fibers in the SLC to improve its mechanical performance, through an experimental analysis that included the study of compressive strength, diametral compression traction, and specific mass in the hardened state. Therefore, three specimens were molded for each age of 7 and 28 days.

Keywords: Lightweight concrete, Fibers, CPR.

Avaliação da adição de fibras de aço em concreto leve estrutural

RESUMO

O crescimento das exigências estruturais, bem como a grande utilização do concreto em obras de construção, tem levado ao desenvolvimento de novos materiais como o concreto leve estrutural (CLE). As vantagens na utilização deste material englobam a redução do peso próprio da estrutura, bem como menor custo com as fundações, o transporte e o içamento, no caso de peças pré-moldadas. Para a obtenção de CLE, é necessária a utilização de algum agregado leve, como pérolas de EPS, argila expandida e vermiculita, de forma a diminuir o peso próprio do concreto e também obter satisfatórias resistências mecânicas, seja à compressão ou à tração. Diante desta problemática, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da adição de fibras de Aço no CLE para melhorar o seu desempenho mecânico, através de uma análise experimental que compreendeu um estudo da resistência à compressão, à tração por compressão diametral e em relação à massa específica no estado endurecido. Assim, foram moldados 3 corpos de prova para cada idade de 7 e 28 dias.

Palavras-Chave: Concreto leve, Fibras, CPR.

I INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados no mundo em função, principalmente, de suas vantagens no ponto de vista econômico e a capacidade das peças se adequarem a diversas formas. Entretanto, entre os pontos negativos, destacam-se o seu

peso próprio, comportamento frágil e a sua baixa resistência à tração.

Atualmente, soluções para minimizar as desvantagens do concreto foram desenvolvidas, como o uso de agregados leves, onde se enquadram a argila expandida, a vermiculita e o EPS, de modo a diminuir o peso próprio da estrutura.

Com relação à baixa resistência à tração, uma das alternativas é a adoção de barras de aço junto ao concreto, sendo esta união conhecida como concreto armado. Porém, ao longo das últimas décadas, outra possibilidade surge para trabalhar como reforço estrutural do concreto. Trata-se da aplicação dos mais diversos tipos de fibras.

O concreto com substituição parcial ou total por agregados leves era definido como concreto leve [1]. Entretanto, após estudos ainda mais específicos com concretos com as mesmas características, verificou-se que a massa específica passou a ser o parâmetro determinante quanto à classificação do concreto como leve, normal ou pesado.

Desta forma, pode-se classificar como concreto pesado aquele cuja massa específica suplanta 3200 kg/m^3 , enquanto o concreto normal e o leve, apresentam, respectivamente, massa específica em torno de 2400 kg/m^3 e abaixo de 1800 kg/m^3 [2].

Entre outras classificações que divergem em relação à massa específica do concreto leve no estado fresco, pode-se citar a ASTM C567, que limita a massa específica do concreto leve a 1842 kg/m^3 e a ABNT NBR 8953, que estabelece o valor de 2000 kg/m^3 [3] [4].

Atualmente, no mercado brasileiro da construção civil, a aplicação das fibras é concentrada principalmente para pisos industriais, concreto projetado e pré-moldados [5].

Dentre os tipos de fibras mais utilizados, ressalta-se a de aço, que possui como uma das maiores vantagens o fato de possuir norma com especificações que asseguram as capacidades desse material para atuar como reforço. Além disso, as fibras de aço possuem alta resistência e alto módulo de elasticidade e atuam como reforço do concreto endurecido, podendo até substituir a armadura convencional em determinadas aplicações [5].

No Brasil, a norma para especificação de fibras de aço é a ABNT NBR 15530. Nesta ocasião, as classificações estão dispostas como tipo A (com ancoragem nas extremidades), tipo C (corrugada) e a tipo R (reta) [6].

No que se diz à diversidade de materiais que podem substituir o agregado graúdo com finalidade de se obter, por exemplo, massas específicas inferiores, o Poliestireno Expandido (EPS) se sobressai em relação aos demais por possuir características consideravelmente vantajosas como baixa densidade, baixo custo, fácil manuseio e também pelo fato de ser um material com características termicamente isolantes. Ademais, também se aplica à possibilidade de serem obtidos por meio de processos de reuso e reciclagem [5].

A vermiculita, outro agregado leve cuja utilização é muito difundida, é um silicato hidratado de magnésio, alumínio e ferro que, quando distribuído em sua forma expandida, apresenta propriedades atrativas, como baixos valores de massa específica aparente e de condutividade térmica. Tais propriedades juntamente com a sua granulometria, justificam o seu uso frequente como agregado leve [7].

Por fim, apresentada também em forma expandida e utilizada como agregado leve, a argila (expandida) é obtida através de processos de cozedura da argila em sua forma natural, o que propicia a sua expansão. Tem como principais vantagens a durabilidade e satisfatório isolamento termoacústico, além de ser um material incombustível e inerte [8].

II MATERIAIS E MÉTODOS

II.1 MATERIAIS

II.1.1 AGLOMERANTE

O aglomerante adotado foi o Cimento *Portland* de alta resistência inicial, conhecido como CP V - ARI, em decorrência de ser um material que passa por um processo de moagem com o objetivo de se tornar mais fino, o que influencia diretamente na sua capacidade de reação com a água, e adquirindo assim, resistência superior com velocidade elevada.

II.1.2 AGREGADO MIÚDO

No que se refere ao agregado miúdo, utilizou-se areia fina da cidade de Manaus, Amazonas. Neste caso, o material passou por processos de lavagem e secagem até obter as características ideais relativas ao índice de materiais pulverulentos e de umidade.

Quanto às suas características físicas, a tabela a seguir apresenta os dados.

Tabela 1: Características físicas da areia.

Massa específica (NBR NM 52:2009)	2732 kg/m^3
Classificação (NBR 7211:2009)	Areia fina
Módulo de finura (MF) (NBR NM 248:2003)	1,95

Fonte: Autores, (2018).

II.1.3 SÍLICA ATIVA

A sílica ativa foi doada ao Laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário do Norte (UniNorte) e utilizada com a função de fornecer ao concreto, maior resistência e durabilidade, sendo de grande importância sua utilização para o presente estudo.

De acordo com dados fornecidos pelo fabricante, a massa específica é de 2222 kg/m^3 , com a partícula possuindo formato esférico e diâmetro médio de $0,2 \mu\text{m}$. Ademais, a sílica ativa utilizada tem um teor mínimo de SiO_2 de aproximadamente 85% e umidade máxima de 3%.

II.1.4 EPS INDUSTRIALIZADO

O produto foi adquirido na fábrica Termotécnica da Amazônia e utilizado como substituto do agregado graúdo, sendo o diâmetro característico das pérolas igual a $0,75 \text{ mm}$.

II.1.5 FIBRAS DE AÇO

No tocante às fibras de aço, com o propósito de reforçar o concreto em estudo, optou-se por utilizar as do tipo "R", caracterizada por seu formato reto, conforme descrito na ABNT NBR 15530:2007.

II.1.6 PÓ DE QUARTZO

O pó de quartzo empregado foi fornecido pela Mineração Jundu.

Em sua composição granulométrica, cerca de 90% dos grãos da amostra estudada apresentaram diâmetros inferiores a $37,37 \mu\text{m}$, já a porcentagem de diâmetros menores que $10,80 \mu\text{m}$ é de 50%. Por fim, apenas 10% apresentaram diâmetro inferior a $1,33 \mu\text{m}$.

II.1.7 ADITIVO

Utilizou-se o Hiperplastificante Plastol 4100, da marca Viapol. Suas características técnicas estão descritas na tabela a seguir:

Tabela 2: Características técnicas do aditivo.

Ação principal	Aditivo Superplastificante tipo II (SP-II n) - (Hiperplastificante)
Ação secundária	Redutor de água de amassamento (A/C)
Composição	Solução de Policarboxilatos em meio aquoso
Aspecto	Líquido
Cor	Levemente amarela
Massa específica	$\cong 1,1 \text{ g/cm}^3$
Teor de Cloreto	Não contém cloretos

Fonte: Viapol, (2018).

II.1.8 ÁGUA

A água utilizada foi obtida pelo Laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário do Norte (UniNorte), distribuída pela rede pública de abastecimento.

II.2 MÉTODOS

Ao considerar a adoção de dois traços, o processo se inicia através da mistura dos materiais finos, ou seja, a sílica ativa, o pó de quartzo e o cimento, com a finalidade de obter-se maior homogeneidade. Posteriormente, se adiciona o agregado miúdo, mas ressalta-se que o referido processo foi realizado em recipiente separado. Na betoneira, acrescenta-se o EPS juntamente com 50% da quantidade de água estabelica para o traço, e após um determinado intervalo de tempo, também os materiais ligantes com o agregado miúdo. Por fim, os 50% restantes de água e o aditivo são acrescentados à mistura.

No traço que utilizou as fibras de aço, a metodologia apenas foi alterada apenas no final, sendo as referidas fibras adicionadas quando o concreto já estava preparado.

III RESULTADOS

III.1 MASSA ESPECÍFICA E RESISTÊNCIAS

Segundo a tabela abaixo, é possível verificar que ambos os traços obtiveram valores que os caracterizam como concreto leve e mesmo que a massa específica do aço seja relativamente alta, não houve grandes variações na massa específica do traço T-2, que é o traço que contém fibra, em relação a T-1, que é o traço sem fibra. A NBR 7222 Define que a resistência a tração por compressão diametral é calculada pela expressão abaixo:

$$f_{t,D} = \frac{2.F}{b.d.L} \quad (1)$$

Tabela 3: Resultados obtidos com a dosagem da fibra de aço.

Traço	Tensão média de compressão aos 28 dias (MPa)	Tensão média de tração aos 28 dias (MPa)	Massa específica (kg/m ³)
T-1	16,245	1,655	1473,16
T-2	18,790	1,480	1464,31

Fonte: Autores, (2018).

Tabela 4: Valores de referência de massa específica dos concretos leves estruturais.

Referência	Massa específica admitida (kg/m ³)	Traços que obedeceram à referência
ACI 213R-03 (2003)	$1120 < \gamma < 1920$	T-1 e T-2
EUROCODE 2 (2007)	$900 < \gamma < 2000$	T-1 e T-2
NS 3473 E (1998)	$1200 < \gamma < 2200$	T-1 e T-2
CEB-FIO (1977)	$\gamma < 2000$	T-1 e T-2
RILEM (1975)	$\gamma < 2000$	T-1 e T-2

Fonte: Autores, (2018).

III.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

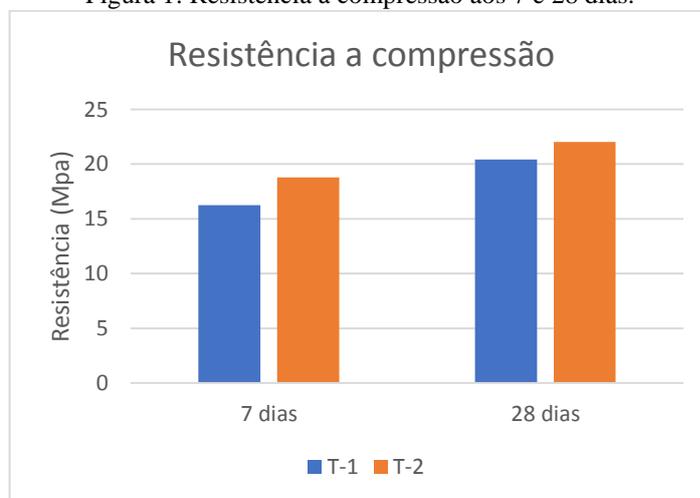
Segundo a ACI 213R-87, o concreto leve estrutural precisa ter aos 28 dias resistência à compressão de no mínimo 17,2 MPa e, além desse parâmetro, a NBR NM 35 (1995) define valores de resistência que um concreto leve deve ter em função da sua massa [9].

Tabela 5: Esforços Reduzidos na Seção Remanescente ($\gamma_f = 1,4$).

Resistência à compressão aos 28 Dias (MPa) (Valores Mínimos)	Massa específica aparente (kg/m ³) (Valores Mínimos)
28	1840
21	1760
17	1680

Fonte: Autores, (2018).

Figura 1: Resistência à compressão aos 7 e 28 dias.



Fonte: Autores, (2018).

Portanto, ao comparar os resultados com as referências, ambos os traços se enquadram como concretos leves estruturais aos 28 dias, sendo o Traço T-2 (com fibra) aquele com desempenho relativamente superior ao traço de referência.

III.3 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Os resultados da resistência à tração foram obtidos de forma indireta, pelo ensaio de tração por compressão diametral, e assim sendo, os resultados de tração foram calculados seguindo as recomendações da ABNT NBR 7222:2010.

Tabela 6: Resistência à tração por compressão diametral.

Traço	Resistência média à Tração (MPa)
T-1	1,480
T-2	1,655

Fonte: Autores, (2018).

Ao analisar os resultados acima, é possível perceber uma melhora na resistência à tração para o traço com fibra, o que demonstra o efeito positivo na ação da resistência à tração do concreto.

III.4 FATOR DE EFICIÊNCIA

Define-se fator de eficiência em concretos como a razão existente entre a resistência à compressão e a massa específica aparente. Entretanto, o parâmetro existe somente para concreto leve de alto desempenho, ou seja, concreto leve estrutural não se enquadra no preceito.

De acordo com SPITZNER (1994) e ARMELIN et al. (1994), é indicado que o valor esteja acima de 25 MPa.dm³/kg.

Assim, os valores obtidos no presente estudo estão demonstrados na seguinte tabela:

Tabela 7: Fator de Eficiência.

Traço	Resistência à compressão aos 28 dias (MPa) (Valores Mínimos)	Massa Específica (kg/dm ³)	Fator de eficiência (MPa.dm ³ /kg)
T-1	20,41	1,473	13,85
T-2	22,04	1,464	15,05

Fonte: Autores, (2018).

Nenhum traço possui o fator de eficiência superior a 25 MPa.dm³/kg.

IV CONCLUSÃO

Por meio dos estudos realizados no presente artigo, foi possível obter uma análise acerca de como as fibras de aço se comportam, no intento de melhorar a resistência final do concreto, seja à compressão ou à tração. Desta forma, apesar de não registrar um aumento significativo no que se refere à tensão de compressão no prazo de 28 dias, nota-se que as fibras de aço conferiram ao concreto resultado superior quando comparadas com o traço sem a referida aplicação. Portanto, ao associar esta característica com o fato do concreto possuir massa específica que o enquadra na classificação de concreto leve, é possível, com estudos mais aprofundados e ensaios mais rigorosos, atingir resultados ainda mais satisfatórios, tornando viável a substituição do concreto comum por um concreto leve com fibras de aço, e adquirindo assim, um melhor custo-benefício, no tocante a estruturas igualmente resistentes, porém com menor custo e mais leves.

V REFERÊNCIAS

[1] Short, A; Kinniburgh, W. **Lightweight Concrete**. 3 ed. London: Applied Science, 1978.

[2] Mehta, P. K.; Monteiro, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo. Pini, 1994.

[3] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **ASTM C567: standard test method for determining density of structural lightweight concrete**. West Conshohocken, 2011.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8953: concretos para fins estruturais: classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro, 2015.

[5] Figueiredo, Antonio Domingues de. **Concreto reforçado com fibras**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15530: Fibras de aço para concreto**. Rio de Janeiro, 2007.

[7] Ugarte, J. F. O.; Sampaio, J. A.; França, S. C. A. **Vermiculita**. CETEM, 2005.

[8] Silva, B. **Betão Leve Estrutural Com Agregados de Argila Expandida**. MSc thesis, FEUP, 2007.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 35: Agregados leves para concreto estrutural - Especificações**. Rio de Janeiro, 1995.

[10] Rocha, B. F. M., Figueiredo, F. B., Altran, D. A. (2016). **Estudo das propriedades físicas, mecânicas e aplicação do concreto leve com a utilização de agregados de poliestireno expandido - EPS**. In: Colloquium Exactarum. 2016.

Dry construction technology, the use of OSB board in the replacement of conventional masonry

Antonia Glenda Silva da Rocha¹, Bruna Barbosa Matuti²

^{1,2} Engenharia Civil do Centro Universitario do Norte (UNINORTE). Manaus, Amazonas – Brasil.

Email: glendinharocha26@gmail.com, bruhmatuti@outlook.com.

ABSTRACT

The present work aims to demonstrate the effectiveness of OSB boards in replacing conventional masonry, with high mechanical resistance and an ecological way of building, OSB boards are increasingly conquering their space in the construction market. The construction of a popular residence by conventional methods can take an average of 30 to 40 days, a significant timeframe for clients in a hurry to obtain their property. The use of OSB boards in popular residential partitions is a breakthrough in the middle of construction, with a reduction of almost 20% of the time compared to conventional construction, which is also very effective in issues such as: durability, strength and sustainability, extremely important points for a work. However, the arrival of this material in the civil construction market in Manaus has shown great efficiency in relation to the reduction of construction time and great resistance compared to conventional construction. With a durability and economy that prove to be superior to conventional construction, using the Steel Frame system with OSB boards is becoming a better option to build. Manufactured with 100% wood for reforestation, OSB panels are a great choice for construction, highly sustainable and contributes greatly to the environment.

Keywords: OSB Plates, Conventional Construction, Steel Frame, Oriented Wood Particles.

Tecnologia da construção a seco, a utilização de placa OSB na substituição da alvenaria convencional

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo demonstrar a eficácia das placas OSB na substituição da alvenaria convencional, com uma resistência mecânica alta e uma maneira ecológica de construir, as placas OSB vem conquistando cada vez mais o seu espaço no mercado construtivo. A construção de uma residência popular pelos métodos convencionais pode levar em média de 30 a 40 dias, um prazo significativo para clientes que tenham pressa em obter seu imóvel. A utilização das placas OSB em divisórias de residências populares são uma inovação no meio da construção civil, com uma redução de praticamente 20% do tempo em relação a construção convencional, a mesma se mostra muito eficiente também em questões como: durabilidade, resistência e sustentabilidade, pontos extremamente importantes para uma obra. Contudo a chegada deste material no mercado da construção civil em Manaus, vem mostrado grande eficiência em relação a redução de tempo nas construções e grande resistência se comparado a construção convencional. Com uma durabilidade e economia que demonstram ser superiores a construção convencional, a utilização do sistema Steel Frame com as placas OSB estão se tornando uma melhor opção para se construir. Fabricadas com madeira 100% de reflorestamento, os painéis OSB são uma ótima opção de construção, altamente sustentável está contribui bastante com o meio ambiente.

Palavras-Chaves: Placas OSB, Construção Convencional, Steel Frame, Partículas de madeira orientadas.

Received: October 18th, 2018

Accepted: November 22th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



I INTRODUÇÃO

As placas OSB, vem desempenhando um papel muito importante nas construções civis, sendo utilizado como substituto para as construções em alvenaria convencional. Com resistência, durabilidade e sustentabilidade de níveis elevados, apesar de não ainda não serem muito conhecida no mercado, se mostra que são inúmeras as suas utilidades, que vão desde revestimento para paredes até moveis decorativos. As chapas OSB (Oriented Strand Board) são produtos constituídos a partir de madeira de reflorestamento e utilizados na construção civil para aplicações estruturais como em paredes, forros, pisos e componentes de vigas tendo em vista suas características de resistência mecânica e boa estabilidade dimensional, competindo diretamente com o mercado de compensados [8]. Embora, no Brasil esse sistema ainda seja embrionário, o sistema Steel Frame com utilização de placas OSB apresenta um notório crescimento, pois suas inúmeras utilidades e aplicações estão se tornando cada vez mais agradáveis aos olhos do mercado consumidor. Essa nova tecnologia está ocupando seu lugar com louvor no mercado da construção civil, não deixando a desejar quanto sua função é substituir a alvenaria convencional.

Este trabalho tem como objetivo comparar a redução de tempo e qualidade de uma construção utilizando placas OSB em relação a uma construção convencional, apresentar as vantagens e desvantagens do uso das placas OSB, demonstrar a redução do tempo que tem o uso das placas OSB em comparação a construção convencional, avaliar a durabilidade das obras utilizando as placas OSB, apresentar a resistência da placa OSB usada nas paredes de revestimento em comparação as paredes de alvenaria. Demonstrar a eficiência e versatilidade das placas OSB na substituição da construção convencional, tendo como base de estudo a cidade de Manaus, no estado do Amazonas, onde é possível mostrar que está crescente o aumento da solicitação por obras que empreguem o sistema Steel Frame, embora este sistema ainda seja embrionário, com base nos dados colhidos, este se mostra muito solicitado por aqueles que desejam uma construção mais rápida, e de maneira sustentável e duradoura.

II METODOLOGIA

A síntese foi desenvolvida através de levantamento de informações científicas e expostas na forma de versão literária, utilizando como critério de inclusão a Língua Portuguesa. As fontes bibliográficas utilizadas nessa revisão foram obtidas da base de dados do O blog do sistema Steel Frame, Scielo, Construtora Eco Verde, Revista da Madeira e Empresa Prendial, correspondendo ao período de 2018. As palavras chaves utilizadas são: Placas OSB, Construção Convencional, Partículas de madeira orientada. O levantamento bibliográfico, foi realizado buscando estudos publicados sobre placas OSB na construção civil. Sendo assim, o objetivo principal de estudo é a utilização das placas OSB na substituição da construção convencional. Como critério de exclusão utilizou-se com frequência trabalhos com determinada base de dados, artigos, teses. O critério de inclusão utilizou-se as seguintes palavras: painéis OSB, chapas OSB e alvenaria convencional.

III ORIENTED STRAND BOARD (OSB)

III.1 CARACTERÍSTICA DO ORIENTED STRAND BOARD (OSB)

Placas OSB são painéis feito de partículas de madeiras orientadas, feitas para suprir uma demanda característica, não encontrada tanto na madeira aglomerada tradicional quanto nas

chapas de MDF, a resistência mecânica exigida para certos fins estruturais. Os painéis formados por camadas de partículas com resina fenólicas, são orientadas na mesma direção e então prensadas para sua consolidação. Cada painel apresenta de três a cinco camadas, orientadas com um ângulo de 90° uma das outras.

Os painéis OSB apresentam uma alta resistência a flexão, não tanto quanto as das madeiras sólidas originais, mas tão alta quanto as dos compensados estruturais, o que permite substituí-los perfeitamente. O uso de matéria-prima menos nobre, torna seu custo menos elevado, mas não admitem incorporar resíduos ou finos, como no caso dos aglomerados. No exterior uma grande demanda deste material é bastante solicitada principalmente nas construções habitacionais. A construção de casas nos Estados Unidos apresenta uma característica intensa no uso de madeira serrada e de painéis, especialmente em paredes internas e externas, pisos e forros, e a placas OSB demonstram ter tido um bom desempenho. Recentemente, este produto tem ganhado um grande espaço no que se diz respeito a sua aplicação na industrias.

Onde a resistência mecânica, trabalhabilidade, sustentabilidade, versatilidade e valores, tornam estes painéis mais atrativos na substituição da construção convencional. No Brasil, é recente a produção dos painéis OSB e a demanda pelo uso deste produto tem sido crescente com o tempo.

Nas construções civis, é possível perceber suas aplicações em divisores de, coberturas, pisos e obras temporárias como tapumes e alojamentos. O produto nacional é certificado pelas normas americanas, permitido assim o uso dos citados. O OSB é um material e juntamente com os perfis metálicos e outras tecnologias já encontradas no Brasil, tornam possíveis a execução de um sistema inovados de construção aplicado em todo o mundo, tanto para residências de alto padrão, quanto para casas populares e construções comerciais leves. Sendo produzido com tiras de orientadas de pinus, madeira de reflorestamento, o OSB é um material de baixo impacto ambiental e os bosques de pinus utilizados na confecção capturam o carbono da atmosfera.

O melhor aproveitamento das toras de madeiras é durante o seu processo de fabricação, utilizando apenas 96% contra 56% do compensado, tornando-se ecologicamente mais eficiente, permitindo a otimização de seus preços. Confeccionado com tiras de pinus, este material é um dos poucos que consideram o ciclo completo, eliminando as sobras de forma industrialmente racionalizadas até a sua preocupação em utilizar a madeira mais adequada para cada tipo de uso. Um outro aspecto relevante é a não utilização de madeiras de vida adulta em sua produção.

A matéria prima do OSB é constituída unicamente de madeira de dimensão pequena, provenientes de madeiras de florestas geridas de maneira sustentável. Os bosques de pinus que são utilizados na fabricação dos painéis OSB, capturam o gás carbônico da atmosfera e sua matéria-prima é renovável e altamente reciclável, fazendo com que seus produtos tenha um ponto altamente positivo em relação a outros materiais utilizados na construção civil. [11].

III.2 HISTÓRIA DO OSB

Nos anos de 1954, surgiu nos estados unidos os chamados painéis OSB, elaborados com côncavos de madeiras cruzados e colados como são produzidos até hoje. O bom resultado das placas OSB em relação aos outros países se deu devido ao preço acessível, por outro lado apresenta uma superfície desuniforme, o que não agrada a todos os mercados. No início, o OSB era usado somente nas movelarias. Sua utilização nas construções civis começou na Europa, logo em seguida começou a ser utilizado nos Estados Unidos com o mesmo fim. As madeiras utilizadas na produção do OSB são o choupou, o abeto e o pinheiro. Segundo

Pontífice de Sousa (1990), as espécies mais usadas no fabrico de estruturas lameladas-coladas na Europa, são o espruce (*Piceas Abies*), o abeto (*Abies Alba*), a casquinha (*Pinus sylvestris*) e a pseudotsuga (*Pseudotsuga menziessi*). O mesmo autor ainda se refere também que nos estados unidos, as espécies mais utilizadas são o pseudotsuga e o pitespaine que inclui um conjunto de espécies designadas naquele país. A adaptação do pinho bravo para a fabricação de estruturas lameladas-coladas é reconhecida pelas normas EN 386 (2001). [7].

O grande desenvolvimento da tecnologia de fabricação de painéis, combinado com o encarecimento da madeira maciça de grandes dimensões, conduziram ao desenvolvimento da indústria de produtos laminados de madeira. Os compostos laminados constituem uma considerável porção dos compostos de madeira usados atualmente. A laminação é executada de forma a produzir um material com propriedades melhoradas, quando comparados à madeira maciça serrada. [13].

III.3 OSB NO BRASIL

A chegada desse material no Brasil se deu nos anos de 2002, produzidas utilizando a madeira de pinus. O elevado crescimento da demanda pela madeira de pinus tem motivado pesquisas com outras espécies, uma destas é o eucalipto, para suprir a indústria de chapas de partículas. A densidade é uma das propriedades mais importantes, pois afeta a densidade do painel e as suas propriedades mecânicas. Madeiras de baixa densidade permitem razões de compactação mais elevadas, o que aumenta a superfície de contato entre as partículas de madeira, melhorando a adesão entre elas. Além do mais, madeiras de baixa densidade geram painéis com maior uniformidade, que possuem alta capacidade de distribuição de forças entre os flocos, melhorando suas propriedades de resistência à flexão estática e à ligação interna. As florestas da caatinga foram por muito tempo consideradas inutilizáveis, efeito do desconhecimento da população sobre este bioma. Devido características da matéria-prima, considerando a geometria do material lenhoso, a utilização das espécies de madeira da caatinga para produtos derivados como as placas tem sido considerado inviável. Com as preocupações com o meio ambiente em relação a resíduos nas construções, as placas OSB se consagram como um produto mais vantajoso. A inclusão de espécies mais densas na fabricação de painéis está se tornando um dos componentes mais importantes para o futuro. [12].

Em documento da Canadian Forest Industries (2006) está relatado que, em alguns setores, os painéis de OSB estão sendo produzidos com alta qualidade, utilizando 50% de madeiras de alta densidade e material reaproveitado como matéria-prima na camada central. O OSB é um painel estrutural, considerado como uma segunda geração dos painéis *waferboard*, produzido a partir de partículas (lascas ou *strands*) de madeira, cuja camada interna pode estar disposta aleatória ou perpendicularmente às camadas externas. O OSB integra um segmento de destacado crescimento no rol de produtos derivados de madeira Albuquerque. [8]. Os painéis OSB portam inúmeras vantagens, uma das principais é não reivindicação por árvores inteiras e com geometria específica, isto resulta em um maior aproveitamento e possibilidade de uso de outras espécies florestais.

III.4 APLICAÇÕES

Com a inovação no campo da construção civil, temos a chamada construção a seco, e um material usado com frequência neste tipo de construção são as placas OSB, caracterizadas como um painel de tiras de madeiras orientadas. Esses painéis podem

ser vistos nas mais diferentes situações. Apresentam inúmeras vantagens ao se compara com os sistemas de alvenaria passando a ter uma característica bem mais sustentável. As chapas OSB são conhecidas por mostrarem grande resistência, terem uma estabilidade maior e serem opções mais econômicas.

III.4.1 PLACAS OSB PARA LAJES

Conhecidas como lajes secas, estas também são construídas com chapas de OSB. Neste caso, o painel deve ter uma espessura de 15,1 mm ou 18,3 mm. O painel OSB será instalado e parafusado em cima de uma estrutura de aço passado ou então aço leve que é chamado de Steel Frame. [9].

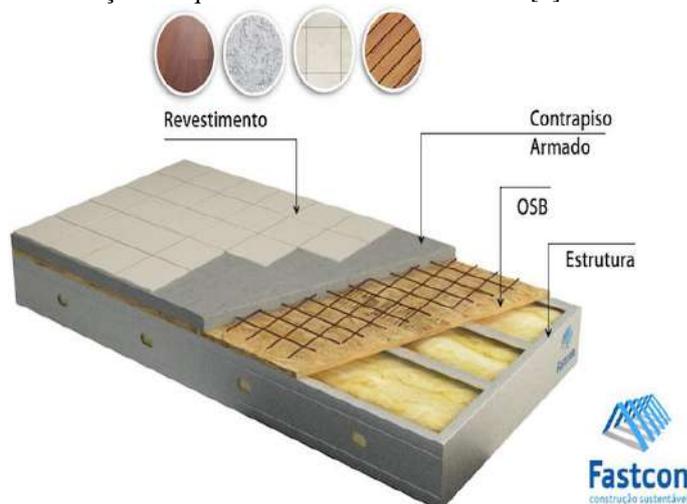


Figura 1: Utilização de placas OSB em lajes.
Fonte: Ligth steel frame, (2018).

III.4.2 PLACAS OSB PARA REFORÇO DE DRYWALL

Neste caso, o OSB entrado como reforço estrutural para o gesso, torna possível o uso de qualquer tipo de objeto pendurado. Geralmente é utilizado placas com espessura de 9,5 mm para essa finalidade, uma vez que para reforço as chapas OSB já suportam um grande peso com esse modelo. [9].

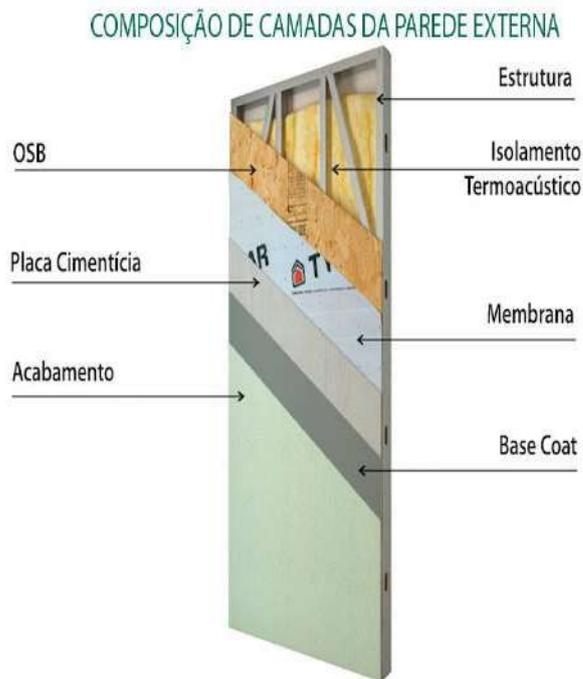


Figura 2: Sistema de Placa OSB como Reforço de Drywal.
Fonte: Steel Inove, (2018).

III.5 SUSTENTABILIDADE DAS PLACAS OSB

Frete à crescente demanda por madeira reflorestada e painéis reconstituídos pelos mercados doméstico e internacional, torna-se primordial a melhoria da qualidade desses produtos. Assim, o conhecimento da resistência de painéis à base de madeira ao ataque de microorganismos deve servir de base para a prevenção da degradação e a correta destinação para uso do material [10].

O OSB é 100% formado com madeiras resinosas, originário da plantação premeditada para o efeito e exploradas no âmbito de uma gestão florestal sustentada ou de clareiras abertas por exigência de um bom desempenho florestal. A prática industrial garante um dos mais elevados níveis de rendimento e aproveitamento da matéria-prima, sendo 90% do tronco convertido em OSB. Já a casca, a serradura e as farpas são incrementadas na produção energética ou utilizadas na fabricação de painéis em partículas. [5]. Os gêneros florestais que mais se destacam no quesito plantação de áreas de reflorestamento no Brasil são o Pinus e o Eucalyptus devido ao seu rápido crescimento, boa qualidade da madeira e sua capacidade de se adaptar ao clima e solo, principalmente das regiões Sul e Sudeste. [14]. Por conseguinte, os resíduos de corte e as placas rejeitadas podem ser utilizadas no fabrico de cadeiras industriais de biomassa. Contudo, como todos os derivados da madeira, os OSB respeitam os conceitos de sustentabilidade e ecoeficiência. [5].

III.6 DURABILIDADE DOS PAINÉIS OSB

As empresas que trabalham com este material recorrem aos Eurocódigos para calcular o tipo de placa para se utilizar no projeto, nomeadamente a classe, espessura, juntas, montagem e fixação dos perfis metálicos. Se medidas de precaução forem tomadas ao nível do projeto, através de corretas disposições construtivas e de produtos preservadores adequados à classe de risco em que os elementos estruturais de madeira se encontram, a sua durabilidade será teoricamente infinita. Os Eurocódigos são os responsáveis pela determinação dos condicionantes e estabelecem um limite mínimo a vida útil possível dos elementos estruturais. [7].

IV PLACAS OSB NA CIDADE DE MANAUS

Tendo em vista o crescimento da utilização das placas OSB na substituição da alvenaria convencional, este método se torna mais frequente na cidade de Manaus, com obras finalizadas com esse material, pode-se citar os condomínios Residencial Renaissance situado na avenida Dr. Theomario Pinto da Costa, Nº: 136, bairro Chapada; Residencial Passaredo situado na avenida Carlota Bomfim, Nº: 3269 bairro Ponta Negra; Shopping Ponta Negra situado na avenida Coronel Teixeira, Nº: 5705 no bairro Ponta Negra, Shopping Via Norte situado na avenida Arquiteto José Henrique Bento Rodrigues, Nº: 3760, bairro Monte das Oliveiras; Loja Predial situada na avenida André Araújo.

Não tendo ainda sua fabricação na capital do estado do Amazonas, mas apresentando grande interesse por parte de algumas construtoras, estas placas têm sua fabricação na cidade de Ponta Grossa estado do Paraná e chegam na cidade através de navios, sendo armazenados em contêineres durante todo o seu percurso, e chegando ao seu destino sem nenhuma avaria. Os painéis OSB que são utilizados nas obras em Manaus, são fabricados através da madeira de reflorestamento Eucalipto, cultivadas no Paraná, está madeira apresenta um rápido crescimento. No Amazonas são utilizados dois tipos de espessuras

de painéis OSB, as chapas de 11.1 mm e as de 18.3 mm. Estas placas chegam na cidade de Manaus com um tratamento anticupim de 20 anos.

V PROCESSO DE FABRICAÇÃO

As primorosas características do OSB resultam diretamente do seu processo de fabricação. Depois do abate das árvores, os troncos sem ramos e folhas são transportados e descascados, a casca é utilizada como combustível para a fábrica. Logo em seguida, os troncos passam pela ação de diversas lâminas que os cortam em pequenas lamelas de até cerca de 10 cm de comprimento. Estas pequenas partes são secas e misturadas com resina e cera. [7]. A geometria das tiras, e a sua orientação e formação em três camadas cruzadas (face-centro-face), conferem aos painéis de OSB uma maior resistência mecânica (flexão estática) e uma melhor estabilidade dimensional [8].

Assim, as placas OSB adquirem uma excelente resistência à humidade devido a uma colagem efetuadas com as mais modernas resinas de sínteses. As lamelas de madeira são colocadas em camadas e cada camada é direcionada de forma diferente, de modo a aumentar a resistência e a estabilidade do painel. Este painel é submetido a elevada temperatura e altas condições de pressão. Depois disso, as placas passam por uma triagem para a eliminação das mais finas, a prensagem e a cozadura dos painéis numa prensa em contínuo conferem as placas de alta resistência mecânica. Após sair da prensa, as placas de grandes dimensões são cortadas nas medidas standard, transformando-se em um painel estrutural denso, muito resistente, com um dimensionamento resistente e muito durável. [7]. As indústrias canadenses utilizam temperatura de prensagem de 200°C a 220°C, e tempo de 3 a 6 minutos, dependendo da espessura do painel [4].

O efeito do processo de prensagem com alta temperatura remete as placas a uma alta resistência que se torna perceptível ao toca-las. Esse tipo de painel é tipicamente formado por três camadas, sendo, nas externa, as partículas de madeira orientadas paralelamente à direção de formação de painel; na camada interna a orientação é perpendicular [15].

VI VANTAGENS E DESVANTAGENS

As placas OSB apresentam a seguintes vantagens para quem opta pelo seu uso: Garantia de economia e simplicidade na estrutura; Contraventa a estrutura dispensando o uso de fitas e barras; apresenta alta resistência a impactos; elevado conforto térmico devido à baixa condutibilidade do OSB; conforto acústico; resistente a umidade. [3].

Garantia estrutural por 20 e contra cupins por 20 anos; Versátil: aceita diversos tipos de acabamento; Rapidez na sua instalação; Produto ecologicamente correto; Assistência técnica garantida; Preço diferenciado em relação a MDF, MDP entre outros. Aproximadamente 40% mais barato; Obra limpa; Construção à seco; Redução de prazos (se comparar a alvenaria); Facilidade de passagens e manutenção de instalações elétricas, hidrossanitária, cftv, gás, ar condicionado entre outras; Leveza e redução no custo das fundações (se comparar com a alvenaria; Menor número de etapas nas construções; Apresenta um ganho de área de 4% a 5% (se comparar com uma mesma planta de uma construção em alvenaria), pelo fato de as paredes em Steel Frame terem menor espessura de paredes feitas com tijolos; Tem-se uma maior redução no desperdício. Devendo-se isso ao processo industrializado, as etapas das obras são feitas através de montagem. Diferentemente das obras com alvenaria, pois há atividades moldadas “in loco”, com rebocos, chapisco, corte de tijolos/blocos para pagnar uma parede de vedação [6].

A geração de resíduos das construções em Steel Frame é mínima, normalmente o restante de perfis e parafusos, podem ser reciclados, o cimento utilizado na obra é destinado unicamente para concretagem do radier. [1]. Isto comprova que a utilização das placas OSB se torna uma ótima opção, sendo uma construção inteligente e que tem como principal objetivo ajudar na sustentabilidade do planeta. Este material apresenta como desvantagens as seguintes características:

- a) Por ser de madeira, não pode ser utilizado em área externa aparente, pois estraga;
- b) Após 20 anos corre um pequeno risco de sofrer ataques de cupim.

É aparente que este material apresenta mais vantagens do que desvantagens, sendo assim, sua utilização torna-se tão eficiente quanto a utilização de alvenaria convencional.

VII COMPARAÇÃO ENTRE A CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL E CONSTRUÇÃO UTILIZANDO PLACAS OSB

É de extrema importância, quando se pretende construir, levar em consideração orçamentos para que se tenha um menor custo, uma obra de qualidade e de construção rápida. A seguir, seja apresentado um comparativo entre a construção convencional e a construção utilizando a tecnologia de construção a seco, o Steel Frame. A comparação entre esses dois métodos de construção está se tornando cada vez mais comum na atualidade, tudo disso pelo fato de existir uma cobrança em relação às técnicas de construção sustentável, o que o sistema Steel Frame desenvolve com louvor, além de obras mais rápidas quando comparadas com a construção convencional [9].

VIII RESULTADOS

Com base no estudo realizado é possível notar a grande diferença entre uma construção convencional e uma construção em Steel Frame utilizando placas OSB, os gráficos apresentados abaixo, mostraram uma melhoria vantajosa na utilização das placas OSB: obras utilizando placas OSB são 100% Sustentável, pois são fabricadas 100% com madeiras de reflorestamento, os painéis OSB utilizados na cidade de Manaus são fabricados com a espécie Eucalyptos; As placas OSB oferecem mais vantagens em sua utilização, tais como, durabilidade, resistência de até 200 kg por ponto, sustentabilidade, rapidez em sua construção, ótimo isolamento de temperatura; Obras construídas 60% mais rapidamente. Em média, uma construção convencional leva em torno de 30 a 40 dias, enquanto que a construção utilizando o sistema Steel Frame leva em torno de 10 a 15 dias; alta resistência mecânica. As placas OSB apresentam uma resistência de 200 kg por ponto; Preço menor que a construção convencional.

IX CONCLUSÃO

Portanto, conclui-se que obras que utilizam placas OSB na construção convencional apresentam sim alta resistência mecânica de 200 kg por ponto. Não ficando atrás da construção de alvenaria convencional; as placas OSB apresentam grandes vantagens na sua utilização na substituição da construção convencional, tais como: menor preço, durabilidade, construção rápida, resistente a contraventamentos, excelência em isolamento térmico, obras sem sujeira e sem entulhos; as placas OSB tem como garantia uma construção mais rápida que a construção convencional. Uma construção convencional demora em torno de 30 a 40 dias, uma construção utilizando o sistema Steel Frame leva em torno de 10 a 15 dias, isso comprova que as placas OSB

são uma boa opção de substituição para a alvenaria convencional; os painéis OSB apresentam alto índice de sustentabilidade. Sendo produzida com madeira de reflorestamento, as placas OSB são a solução para que se tenha uma construção sustentável, ajudando assim o meio ambiente; As placas OSB apresentam uma ótima precisão nos orçamentos, com estudos realizados detalhadamente sobre os projetos, evitando assim surpresas no decorrer da obra; as placas OSB apresentam durabilidade, contendo um tratamento anticupim de 20 anos, ao utiliza-las não será necessário preocupação com este sentido por pelo menos 20 anos.

X REFERÊNCIAS

- [1] AU. 2018. Disponível em: <<http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/210/conheca-as-caracteristicas-do-steel-frame-sistema-que-garante-obra-235178-1.aspx>>. Acesso em: Agosto de 2018.
- [2] CANADIAN FOREST INDUSTRIES. **Wood-Based Panel Products Technology**. 2006. Disponível em: <http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.ic.gc.ca/Content/Pages/5685312.pdf>
- [3] Catálogo Técnico LP OSB, Disponível em: <www.lpbrasil.com.br/wp-content/uploads/2014/08/Catalogo_Tecnico_LP-OSB-Home.pdf>.
- [4] Cloutier, A. 1998. Oriented Strand board (OSB): raw material ,manufacturing process properties and uses. In : INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLID WOOD
- [5] CONSTRUTORA ECO VERDE, 2018. Disponível em: <http://construtoraecoverde.com.br/site/placa-osb/>.
- [6] EXAME. 2018, Disponível em:<<http://exame.abril.com.br/negocios/dino/vantagens-e-desvantagens-devem-ser-levadas-em-conta-antes-de-se-investir-em-casas-de-steel-frame/>>.
- [7] FUTURENG 2018. Disponível em: <<http://www.futureng.pt/osb>>
- [8] Mendes, L.M. 2001. **Pinus spp. na Produção painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2001 .156f. Tese (Doutorado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.)
- [9] O BLOG DO SISTEMA STEEL FRAME, 2018. Disponível em: <<http://lightsteelframe.eng.br/placa-osb-onde-pode-ser-usada/>>
- [10] Okino, E. Y. A., Alves, M. V. S., Teixeira, D. E., SOUZA., M. R., Santana, M. A. E. **Biodegradação de chapas de partículas orientadas de pinus, eucalipto e cipreste expostas a quatro fungos apodrecedores**. Scientia forestalis. n. 74, p. 67-74, 2007.
- [11] REMADE, revista da madeira – Edição Nº: 97 – Julho de 2006. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=916&subject=Pain%C3%A>.
- [12] REVISTA SCIELO, artigo publicado em 05.04.2006 <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n4/31688.pdf>>

[13] Ribeiro, G.O. 1986. **Determinação de Propriedades Elásticas e de Resistência dos Compensados Estruturais.** 1986.214 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos,1986).

[14] Valverde, Sebastião R. **Características do Mercado da Madeira de Reflorestamento no Brasil.** 2008. Texto técnico. Centro de Inteligência em Florestas. Disponível em <http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc_caracteristicas_brasil_4558.pdf>.

[15] Tsoumis, G. . 1991. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization.** New York : chapman & Hall , 1991 . p . 309 – 339.



Analysis of management of waste from civil construction: case study

Danielle Reis Bezerra¹, Vanise dos Santos Rodrigues², Fabiola Tavares Bento¹, Greyce dos Santos Rodrigues³

¹Centro Universitario do Norte – UNINORTE - Laureate Universites, Brasil, Rua Igarapé de Manaus, 211. Centro, Manaus-AM.

²Secretária Estadual de Educação do Estado do Amazonas- SEDUC.

³Associação para o Desenvolvimento Coesivo da Amazônia-ADCAM.

Email: dany_rike@hotmail.com, vanise_santosrodrigues@hotmail.com, fabiola.bento@uninorte.com

ABSTRACT

Received: October 25th, 2018

Accepted: November 18th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Civil construction is considered an important indicator of development, being responsible for socio-economic benefits, generating employment and injecting money into the economy of Amazonas. However, the execution of works is responsible for large consumption of resources and generation of a huge amount of waste that usually causes environmental damages. This study proposes to evaluate a construction site located in the city of Manaus - AM, based on the adaptation of a waste management manual, to elaborate a diagnosis that explains the situation of construction materials and the waste generated by the production processes. Two methods were used for the data collection, the qualitative data were obtained by questionnaires applied only to the personnel involved in the execution of the project, and the quantitative data were collected by the direct observation of the construction processes. The results show that the main causes of waste generation have as main reasons, the lack of planning at the time of project execution, the lack of quality and lack of quality of the workforce and the need to accelerate activities to meet the goals. The study shows that although the methods used in the execution cause a great generation of waste, the disposal of these is made in a way that does not generate great impact to the environment.

Keywords: Waste Management, Construction Industry, Impact on the Environment.

Análise de gerenciamento de resíduos da construção civil: estudo de caso

RESUMO

A construção civil é considerada um importante indicador de desenvolvimento, sendo responsável por benefícios socioeconômicos, gerando emprego e injetando dinheiro na economia do Amazonas. No entanto, a execução das obras é responsável pelo grande consumo de recursos e geração de uma enorme quantidade de resíduos que costuma causar danos ambientais. Este estudo propõe avaliar um canteiro de obras localizado na cidade de Manaus - AM, com base na adaptação de um manual de gestão de resíduos, para elaborar um diagnóstico que explique a situação dos materiais de construção e os resíduos gerados pelos processos de produção. Dois métodos foram utilizados para a coleta de dados, os dados qualitativos foram obtidos por meio de questionários aplicados apenas ao pessoal envolvido na execução do projeto, e os dados quantitativos foram coletados pela observação direta dos processos construtivos. Os resultados mostram que as principais causas da geração de resíduos têm como principais motivos a falta de planejamento no momento da execução do projeto, a falta de qualidade e falta de qualidade da força de trabalho e a necessidade de acelerar as atividades para atingir os objetivos. O estudo mostra que, embora os métodos utilizados na execução causem uma grande geração de resíduos, o descarte destes é feito de forma a não gerar grande impacto ao meio ambiente.

Palavras-chave: Gerenciamento de Resíduos, Indústria da Construção Civil, Impacto ao meio Ambiente.

I INTRODUÇÃO

A construção civil tem grande importância para o desenvolvimento econômico, porém, possui forte responsabilidade na geração de resíduos sólidos na área urbana. Ultimamente, tem ocorrido o aumento de investimentos em diversos tipos de obras, desde a melhoria da infraestrutura pública a casas habitacionais, possivelmente devido ao fornecimento de crédito aos investidores [1]. Com o aumento das construções, a geração de resíduos se torna ainda maior, especialmente pelos fatores desperdício de materiais e má segregação de resíduos serem ações típicas nesse ambiente [2].

A elevada procura de materiais da construção civil acarreta vários impactos ao meio ambiente. Um deles é o alto consumo de matéria prima, que provoca o desgaste dos recursos naturais podendo comprometer gerações futuras. Em todo o processo de construção civil há consumo de energia, que segundo inclui etapas como extrair, transformar, fabricar, transportar e aplicar. Outro aspecto é a quantidade de resíduos gerada, que podem facilitar a proliferação de vetores, oferecendo risco à saúde humana, modificar a paisagem do local e até mesmo o carreamento de resíduos perigosos, quando utilizados inadequadamente, até o solo, que pode ser contaminado [3].

É possível observar os restos de demolição serem depositados em terrenos abandonados sem nenhum cuidado em relação aos riscos oferecidos, mas, atualmente parte das construtoras vem apresentando uma conduta mais responsável em relação ao meio ambiente buscando certificações como a ISO 14.001 que é dada a edificações construídas por empresas que estabelecem um Sistema de Gerenciamento Ambiental-SGA, equilibrando manutenção rentabilidade e a redução do impacto ambiental.

A construção sustentável é uma boa alternativa quando se fala sobre o meio ambiente, além disso, vem sendo apresentados benefícios financeiros como de isenções fiscais ou juros menores para financiamentos, incentivando a prática. Órgãos públicos e governantes vêm tratando o assunto de resíduos com bastante cuidado, criando legislações prevendo punições mais rígidas para infratores.

A existência de resíduos de construção e demolição é inevitável, em praticamente todos os processos ocorre sua geração. Na atividade de construção praticamente todos resíduos podem ser reciclados, porém a atividade não traz benefícios econômicos.

A situação dos resíduos da Indústria da Construção Civil (ICC) já pode ser considerada crítica, mas existem projetos de gerenciamentos como é o caso do Manual de Gerenciamento de Resíduos para Cidades Brasileiras que facilita a gestão dos entulhos gerados [4].

Avaliando esse manual buscou-se métodos para tratar corretamente os resíduos de uma obra com grande porte com o objetivo de diminuir a quantidade de entulho. Para isso, é necessária uma política mais severa para com os grandes geradores e também uma melhor fiscalização para garantir qualidade de vida de gerações futuras.

II DESENVOLVIMENTO

II.1 CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A ICC é considerada como um grande gerador de riquezas. Em 2011 esse setor arrecadou 255,2 bilhões de reais, atingindo 5.8% do Produto Interno Bruto-PIB atual brasileiro.

Sobre sua importância social, destaca-se a grande quantidade de empregos gerados.

Segundo dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED), no primeiro trimestre de 2008 a indústria de construção empregava 18% da mão de obra formal do país estando entre os oito maiores setores que geram emprego formal. Em 2011 a Pesquisa Anual da Indústria de Construção - PAIC indicou que foram empregadas 2,7 milhões de pessoas que somaram salário no valor de 49,9 bilhões de reais [5].

Em relação à quantidade de estabelecimentos no ramo, em 2011 a PAIC aponta a existência de 109.144 empresas. Sendo que 73% destas possuindo até 04 colaboradores, 20% tinham 05 a 29 funcionários e os últimos 7% empregava mais de 30 pessoas, essas empresas com mais de 30 ocupantes é responsável por 77% do valor total bruto de produção enquanto que as de 5 a 29 colaboradores e as com até 04 correspondem a 14 e 09 % do valor bruto de produção respectivamente [5].

Uma característica interessante é que este tipo de indústria é nômade, pois sempre que a obra é concluída todo o processo produtivo muda de local, esse é um fator dificultador porque as variáveis que interferem na eficiência do processo produtivo mudam constantemente. Regiões próximas ao mar necessitam de um maior cuidado quando se trata do solo ou de estruturas metálicas e isso interfere no andamento da obra, o mesmo acontece para regiões com grande índice pluviométrico.

A qualidade da mão de obra nunca é constante se considerarmos as diferentes características de cada região de nosso país, até mesmo diferentes legislações e barreiras burocráticas podem levar a um grande adiamento na conclusão do projeto ou sua inviabilidade, em locais de algumas cidades, por exemplo, não é permitida a construção de edificações com vários pavimentos.

A construção civil é um sistema de produção: pode-se considerar que ela transforma insumos em bens através de serviços, caracterizando a possibilidade do uso de ensinamentos e técnicas da Engenharia de Produção e da administração da produção no melhoramento de suas atividades [6]. Estratégias de produção, planejamento e controle da produção e o controle da qualidade podem ser usados em projetos para melhorar o desempenho das construtoras aumentando sua eficiência na execução de obras e diminuindo desperdícios de materiais que ocasiona em uma maior quantidade de entulho.

II.2 MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O ICC define matéria prima sendo todo material utilizado na confecção de uma edificação, desde a etapa de locação até a fase de acabamento. Os principais materiais utilizados na construção civil podem ser classificados em: materiais cerâmicos, madeiras, agregados, aglomerantes e metais.

Agregados na construção civil são os materiais granulares, que podem ser encontrados naturalmente particulados como é o caso da areia, do cascalho e pedregulho, ou produzidos artificialmente por processos industriais como a pedra britada, as areias artificiais e outros, os agregados são classificados entre miúdos ou graúdos conforme seu diâmetro específico [7].

Outro material amplamente usado no setor é a madeira que apresenta como características o baixo custo de processamento, bom isolamento térmico e trabalhabilidade a tornam mais atraente se comparada a outros materiais como metais e materiais cerâmicos.

No setor a maior porcentagem de uso é feita de modo temporário em canteiros de obra na fabricação de andaimes, escoramento ou formas para o concreto armado, mas também de

maneira definitiva em esquadrias, estruturas de cobertura, forros e pisos. De acordo com JHON (2000), dois terços do total de madeira extraída são direcionados para a construção civil e grande parte dessa madeira vem de florestas desprovidas de reflorestamento ou manejo adequado [8].

Segundo BAHUER (2001) aglomerante é o material ligante em forma de pasta, com o objetivo de ligar os grãos do agregado. Essa união pode formar pastas, argamassas ou concreto dependendo do tipo de ligante e/ou agregado usado. Os aglomerantes são classificados quanto ao seu endurecimento podendo ser ativos quando endurecem através de reações químicas ou inertes quando simplesmente secam. Também podem ser classificados quanto a sua composição em orgânicos e inorgânicos.

Os inorgânicos se subdividem em aéreos, cujo endurecimento é através da presença do ar e hidráulicos, que endurecem na presença do ar e da água. O cimento sem sobra de dúvidas é o aglomerante mais importante, sua utilização é feita na fabricação de concretos e argamassas que representam grande parte dos resíduos [9].

O metal na construção pode ser utilizado em estruturas, como condutores elétricos, na forma de pregos usados na carpintaria, no acabamento através de fachadas feitas com chapas de alumínio e principalmente como estrutura do concreto armado.

Os metais mais utilizados são o alumínio e os aços, o primeiro é empregado em esquadrias, coberturas e fachadas, o segundo pode estar presente nas estruturas na forma de esqueleto dentro do concreto armado, ou em forma de pilares e vigas maciças.

Outros minérios como, por exemplo, o cobre e o zinco são utilizados em calhas e tubos por apresentarem melhor resistência a corrosões. Estes representam preocupação já que estudos apontam que podem estar exauridos em até 50 anos [10].

Denomina-se cerâmica todo material inorgânico, não metal, obtido por tratamento térmico sob elevadas temperaturas. Seu setor é muito amplo por isso é dividido em sub-setores em função de sua matéria prima, propriedades ou áreas em que é utilizada. Os materiais cerâmicos mais comuns no setor de construção são os que possuem cor avermelhada, classificados no sub setor de cerâmica vermelha, são os tijolos, telhas e lajes, por ser frágil o material cerâmico representa uma grande porcentagem nos resíduos de construção [11].

II.3 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO EM FASE CONSTRUTIVA OU EM DEMOLIÇÃO

O resíduo proveniente da ICC pode ser considerado o mais heterogêneo de todos os tipos de indústria, visto que, toda matéria prima ou atividade decorre em sua geração, a maior fração de sua massa é formada por materiais não minerais e se apresenta quase sempre na forma sólida, podendo ter características físicas variadas dependendo de seu processo gerador.

A figura 1 mostra a estimativa da quantidade de resíduos da construção civil em diferentes regiões do Brasil, apresentado pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

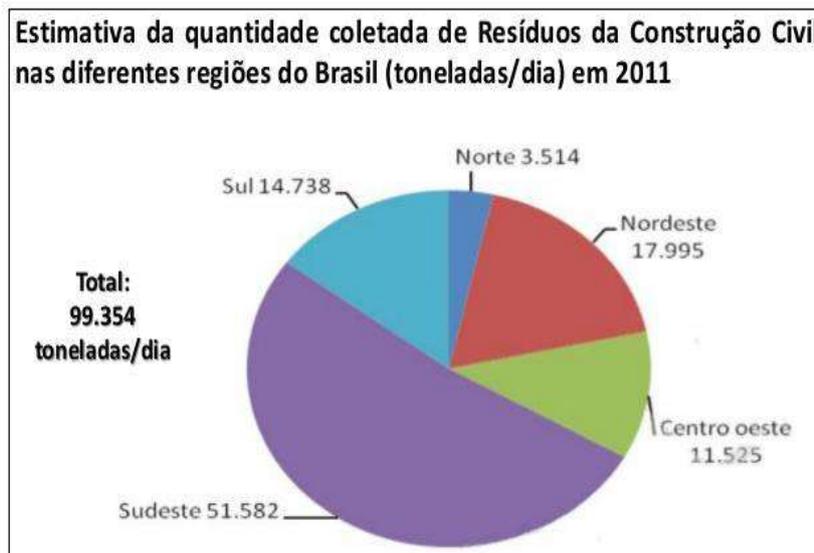


Figura 1: Estimativa da coleta de Resíduos da construção Civil.

Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos, (2011).

Resíduos de construção são aqueles oriundos de novas construções, reformas, demolições ou atividades relacionadas à obra de arte e limpeza com presença de solos ou vegetação [12].

É considerado resíduo da construção e/ou demolição, todo material que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semi-sólido, gasoso, e líquido que tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água [13].

Outras definições importantes sobre os resíduos são fornecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, dentre as quais citam-se:

1) Geradores: Pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem resíduos;

2) Transportadores: Pessoas físicas ou jurídicas encarregados da coleta e transporte dos resíduos entre as fontes e as áreas de destinação;

3) Agregado Reciclado: Material granular resultante do beneficiamento de resíduos de construção que apresentam características técnicas em obras de edificação, infraestrutura, em aterros ou outras obras de engenharia;

4) Gerenciamento de Resíduos: Sistema de gestão que visa a redução, reutilização ou reciclagem de resíduos, incluindo o planejamento, a responsabilidade, as práticas, procedimentos e

recurso para desenvolver e implementar ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;

5) Reutilização: Reaplicação do resíduo sem a transformação do mesmo

6) Reciclagem: Reaproveitamento do resíduo após submeter ele a um processo de transformação;

7) Beneficiamento: Submeter um resíduo a operações ou processos com o objetivo dotá-lo de condições para que sejam utilizados como matéria prima ou produto;

8) Aterro de Resíduos da Construção Civil: Áreas aonde são empregadas técnicas de disposição de resíduos da ICC reservando materiais segregados de forma a possibilitar seu uso e/ou futura utilização da área, utiliza-se princípios da engenharia para confiná-lo em menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;

9) Áreas de Destinação dos Resíduos: Locais destinados ao beneficiamento ou à disposição final dos resíduos.

II.4 IMPACTOS OCACIONADOS PELOS RESÍDUOS

Os Resíduos de Construções e/ou Demolições (RCDs) representam um grande problema na maioria das cidades brasileiras, pois estas apresentam um ineficaz programa de gerenciamento e disposição irregular destes resíduos. Os problemas podem ter características estéticas, até mesmo, ambientais e de saúde pública. O entulho, como é denominado o resíduo gerado pela construção, gera uma grande sobrecarga sobre o sistema de limpeza pública, visto que seu volume é tão grande que pode variar de 50 a 70% da massa total de resíduo sólido urbano [13].

Alguns impactos ocasionados por resíduos decorrem da sua disposição irregular em vias e logradouros públicos ou córregos próximos de onde são gerados, com o intuito de reduzir custos pelas empresas transportadoras. Assim surgem problemas como mau cheiro, enchentes ocasionadas pelo entupimento de canais de escoamento, comprometimento de vias, geração de ruídos e queimadas. A disposição de entulho em locais indevidos atrai outros tipos de resíduos sólidos urbanos como restos de podas de árvore e sacos de lixo.

A figura 2 mostra a disposição indevida dos resíduos.



Figura 2: Não conformidade de resíduos.
Fonte: CMB Consultoria LTDA, (2018).

Os problemas relacionados à geração de resíduos derivam da grande quantidade gerada, contudo, nesse tipo de resíduo também pode ser encontrada uma pequena parcela de materiais orgânicos, produtos tóxicos e embalagens que podem ajudar na proliferação de doenças, é comum em locais de disposição irregular encontrar roedores, insetos peçonhentos e/ou transmissores de doenças como a dengue [3].

II.5 GERAÇÃO DE RESÍDUOS

É inevitável que ocorra um volume mínimo de perdas na atividade de construção, demolição ou reforma. As perdas de materiais nos processos produtivos são associados de três maneiras distintas [14], [15] e [16].

A primeira por meio de furto e/ou extravio, que pode ser pequena ou grande dependendo do método de controle dos materiais nos empreendimentos.

A segunda é pela incorporação de materiais à edificação que ocorre na fabricação de moldes para concreto armado e revestimentos argamassados.

E a última perda é causada pelo lixo que sai da obra (entulho). O alto índice de perda pode ser decorrente da utilização de processos tradicionais praticados por empresas de pequeno porte as quais não possuem recursos para investir em desenvolvimento tecnológico ou capacitação [17].

É na etapa de construção que ocorrem as maiores perdas. Os desperdícios são visíveis pois é nesta etapa que as decisões do projeto ganham dimensão física e as fases que mais geram resíduos são: a produção de materiais e componentes assim como as atividades de canteiro, a manutenção, modernização e demolição. Verifica-se a porcentagem de perda dos materiais utilizados em edificações [18].

III. ESTUDO DE CASO

III.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA

Para que se possam atingir os objetivos específicos a pesquisa é exploratória com caráter descritivo, sendo necessária a realização de trabalho de campo e entrevistas com pessoas que tiveram experiência prática com o problema analisado.

Quanto à abordagem, a pesquisa se caracteriza como qualitativa e quantitativa em função dos dados obtidos pelos questionários e pela análise de campo, em que foi possível levantar a quantidade de materiais que seriam utilizados para a execução dos processos e também estimar a geração de resíduos produzidos por eles.

III.2 AMOSTRA DO CANTEIRO EM ESTUDO

A escolha da empresa para estudo levou em consideração o fácil acesso à obra, a liberdade para elaboração da pesquisa e também por proporcionar uma visão prática das atividades de engenharia de produção relacionadas ao setor de construção. A empresa que autorizou a execução do projeto de pesquisa em seu canteiro de obras foi uma Construtora situada em Manaus – AM. A figura 3 mostra a placa de licença da obra em estudo.

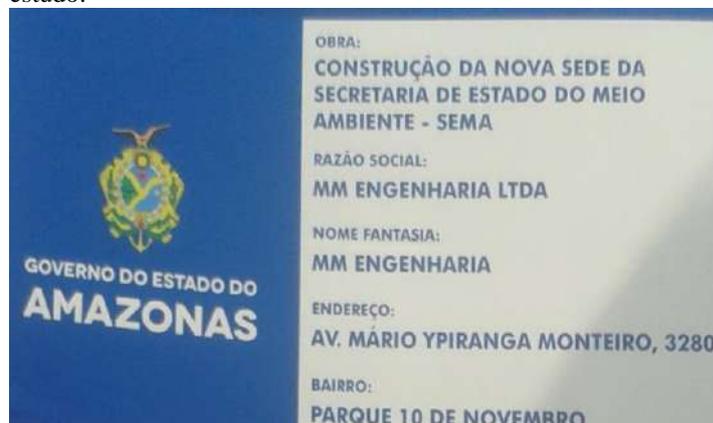


Figura 3: Placa de licença da obra.
Fonte: Autores, (2018).

Essa construtora é responsável pela elaboração de obras no estado do Amazonas, na execução desde pequenas casas até grandes edifícios.

O estudo e levantamento de dados foram feitos na obra de construção da nova Sede da Secretaria de Meio Ambiente-SEMA.

III.3 ANÁLISE DE EVIDÊNCIAS

Foi realizado o registro de evidências de conformidades e não conformidades em relação ao que foi estabelecido na legislação. Normalmente, as não-conformidades foram registradas por meio de fotos, quando as evidências encontradas não eram claras foram feitas perguntas informais para os funcionários, buscando saber o que ocorre no ambiente. Perguntas como:

O que é o resíduo? Em que situações o produto, que origina o resíduo, é utilizado? Como o produto é utilizado? Qual a destinação do resíduo?

Essas perguntas ajudaram a identificar o resíduo gerado e se há alguma não conformidade na maneira em que o material é utilizado, acondicionado e se sua destinação é adequada. Além de esclarecer que os funcionários não tinham conhecimento adequado sobre a destinação dos resíduos.

III.4 PLANO DE AÇÃO

O Plano de Ação foi realizado para relatar aos administradores da obra o que está sendo executado de maneira errada, a causa do problema, como solucioná-lo, quem ficará responsável por tal tarefa, a data em que o problema foi apresentado e até quando deverá estar solucionado.

O Plano de Ação mostra tudo o que ocorreu na obra, isto é, funciona como um histórico. Se ao longo da implantação houver, por exemplo, dez não conformidades e oito tiverem sido solucionadas, o Plano de Ação continuará com dez itens. E se uma ação tiver sido solucionada e se repetir no futuro, contabilizará mais uma não conformidade.

III.5 EFICIÊNCIA DO PLANO DE AÇÃO

A eficiência do Plano de Ação é analisada por meio de dados que apresentam a quantidade de não conformidades identificadas em uma obra e das ações tomadas para solucioná-las. A razão entre as ações realizadas e as não conformidades demonstra qual a eficiência do Plano de Ação, dada pela relação 1 a seguir:

$$ePL = \frac{NC}{AT} \quad (1)$$

Onde:

ePA é a Eficiência do Plano de Ação.

NC é a Não Conformidade.

AT é as Ações Tomadas.

Quanto maior a quantidade de ações concluídas para resolver as não conformidades, maior será a eficiência na implantação. Esse controle no Plano de Ação auxilia na tomada de decisões em relação à gestão dos resíduos, analisando se as soluções têm dado o resultado esperado

IV RESULTADOS E DISCUSSÕES

IV.1 IDENTIFICAÇÕES DA PESQUISA

A obra possuiu responsáveis, práticas e dinâmicas diferentes, conseqüentemente, os problemas relacionados aos resíduos foram gerenciados separadamente. Como era início de obra foram encontrados várias não conformidades e materiais

diversos sem os cuidados necessários contribuindo com a desorganização e acúmulo de resíduos.

A figura 4 exhibe o canteiro de obras em estudo e os materiais da construção civil utilizados.



Figura 4: Materiais Espalhados.
Fonte: Autores, (2018).

IV.2 MATERIAIS DIVERSOS

A forma como os resíduos eram descartados pela obra, também, ocasionaram problemas, pois ficavam espalhados pela obra, e as vezes, ficava difícil a locomoção, podendo causar um acidente, até a logística de retirada dos resíduos.

As figuras 5 e 6 mostram os acúmulos de resíduos na obra.



Figura 5: Acúmulo de resíduos na obra.
Fonte: Autores, (2018).

A figura 6 exibe mais registros de acúmulo na obra.



Figura 6: Resíduos na construção Civil.

Fonte: Autores, (2018).

IV.3 RESÍDUOS ORGÂNICOS E RECICLÁVEIS NOS PAVIMENTOS

Foi possível perceber que havia com frequência resíduos recicláveis e orgânicos. Esses resíduos eram misturados com resíduos Classe A e muitas vezes eram colocados na caçamba e a empresa responsável pela coleta os levava, sem exigir que resíduos Classe B e orgânicos fossem separados dos de Classe A.

A figura 7 mostra os resíduos sólidos orgânicos e recicláveis encontrados na obra.



Figura 7: Resíduos orgânicos e recicláveis misturados com resíduos Classe A.

Fonte: Autores, (2018).

O isopor é classificado como reciclável (Classe B). No entanto, os funcionários não limpavam a marmita após fazer a refeição, por isso era considerado um resíduo orgânico.

Como sugestão a alternativa para segregar esses resíduos corretamente foi confeccionar coletores, um para resíduo orgânico e rejeito e outro para recicláveis, pois observou-se que não haviam coletores no local.

Para segregar e dispor corretamente, como descrito na ação, o ideal é a segregação na fonte, assim foi proposta a construção de coletores, que estariam dispostos nos pavimentos.

Além disso, foram sugeridas baias no térreo, onde seria feita a segregação e disposição de resíduos.

A figura 8 mostra os coletores dispostos e fixados na obra para coleta seletiva dos resíduos sólidos.



Figura 8: Conjunto de coletor seletivo.

Fonte: Autores, (2018).

IV.4 MODELOS DE FORMULÁRIOS DE CONTROLE DE RESÍDUOS

O formulário de Cadastro dos Destinatários de Resíduos (FOR-PDZ-001-0) deverá ser preenchido antes da primeira retirada do resíduo, onde constará os dados do fornecedor que fará a retirada de cada tipo de resíduo, devendo ser renovado a cada fornecedor ou resíduo novo que surgir.

É necessário fazer o cadastro somente uma vez para cada fornecedor e o formulário deverá ficar arquivado na obra até o término. Os dados deste formulário serão utilizados para preencher o Controle de Transporte de Resíduos.

A figura 9 mostra o modelo de planilha usada para cadastro dos resíduos sólidos.

Formulários		CODIGO:	FOR-PDZ-001-0
		REVISÃO Nº:	0
		DATA REVISÃO:	
		PÁGINA:	1 / 1
TÍTULO: CADASTRO DOS DESTINATÁRIOS DE RESÍDUOS			
INFORMAÇÕES DO GERADOR			
OBRA:			
ENDEREÇO:			
RESÍDUOS PASSÍVEIS DE DESTINAÇÃO			
ENTULHO			
GESSO			
MADEIRA			
METAL			
PAPEL/PAPELÃO/PLÁSTICO			
SOLO			
OUTROS			
INFORMAÇÕES DO DESTINATÁRIO			
RAZÃO SOCIAL:			
CNPJ:			
ENDEREÇO:			
NOME DO RESPONSÁVEL:			
TELEFONE:			
ATIVIDADE PRINCIPAL DO DESTINATÁRIO:			
TIPO DE TRATAMENTO:			
OUTRAS INFORMAÇÕES:			

Figura 9: Formulário de cadastro dos destinatários de resíduos

Fonte: MM Engenharia, (2018).

O formulário de Controle de Transporte de Resíduos (FOR-PDZ-002-0) deverá ser preenchido no momento de descarte de qualquer resíduo, e no caso de retirada de materiais leves, onde há utilização de “bag’s” não deixar de preencher o termo de responsabilidade para devolução dos mesmos.

A figura 10 mostra a planilha de controle e transporte dos resíduos sólidos.

Formulários		CODIGO:	FOR-PDZ-002-0
		REVISÃO N°:	0
		DATA REVISÃO:	
		PÁGINA:	1 / 1
TÍTULO: CTR - CONTROLE DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS			
INFORMAÇÕES DO GERADOR			
OBRA:		DATA:	
ENDEREÇO RETIRADA:			
1ª VIA – GERADOR			
TIPO DE RESÍDUO		QUANTIDADE	UNIDADE
Entulho (demolição de alvenaria, argamassa e concreto)			
Gesso			
Madeira			
Papel/Papelão/Plástico			
Metal			
Solo			
Caçamba misturada			
Outros			
INFORMAÇÕES DO TRANSPORTADOR			
RAZÃO SOCIAL/NOME:			
CNPJ/CPF:		PLACA VEÍCULO:	
INFORMAÇÕES DO DESTINATÁRIO			
RAZÃO SOCIAL/NOME:			
CNPJ/CPF:		ENDEREÇO DESTINAÇÃO:	
TERMO DE RESPONSABILIDADE – RETIRADA DOS BAGS			
Assumo a responsabilidade pela devolução dos _____ (quantidade retirada) Bags retirados da obra _____, comprometendo-me a ressarcir o prejuízo decorrente da sua não devolução ou extravio.			
Nome por extenso do responsável pela retirada e devolução:		Assinatura:	
PROTOCOLO DE RECEBIMENTO			
EMPRESA:			
NOME DO RESPONSÁVEL:			
ASSINATURA:		DATA:	

OBS: O protocolo de recebimento deverá ser devolvido preenchido e assinado para o gerador/obra juntamente com a nota fiscal do serviço prestado.

Figura 10: Formulário de cadastro dos destinatários de resíduos
Fonte: MM Engenharia, (2018).

IV.5 PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MANAUS (PMGIRS)

O Decreto Municipal de Manaus Nº 1.349 de 09 de novembro de 2011, determina em consonância com o que estabelece à Política Nacional de Resíduos Sólidos a Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, que a atualização do Plano deve ser realizada a cada quatro anos. Portanto, os municípios devem elaborar o plano de gestão integrada de resíduos sólidos, e realizar sua respectiva atualização no prazo supracitado observando prioritariamente o período de vigência do Plano Plurianual.

O entendimento é de que esses planos têm que ser compatíveis com a realidade local e com a capacidade de gerenciamento dos responsáveis por sua implementação. Assim, é necessário promover a capacitação específica dos técnicos municipais para que possam tanto participar da elaboração/atualização dos planos quanto tenham capacidade de colocá-los em prática, assegurando que os grupos envolvidos em sua implementação realmente se apropriem do mesmo, de maneira que além da competência técnica tenham também a motivação para executá-los.

V CONCLUSÃO

O estudo mostra que o problema em relação aos resíduos da construção civil envolve muitas variáveis. Desde o

planejamento da execução, dos materiais de construção, o clima e até a mão de obra envolvida, todos esses fatores estão relacionados à quantidade de entulho que é gerada em uma obra.

A maioria dos profissionais que trabalham na ampliação conhecem as práticas para diminuir a geração dos resíduos, porém a busca pelo melhor desempenho, alcance das metas e o cumprimento de cronogramas ocasionam o não uso das destas.

Todos os participantes envolvidos em qualquer uma das fases que compõem um processo construtivo tem responsabilidades de prevenir e reduzir a geração de resíduos para evitar futuros problemas ambientais. Portanto, buscar a minimização na geração dos resíduos sólidos na construção civil é um caminho fundamental a ser percorrido. Outro aspecto relevante a esse estudo é a manutenção do envolvimento e inclusão social e econômica dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, atores fundamentais no beneficiamento e encaminhamento para a reciclagem desses materiais. A Prefeitura Municipal de Manaus, por meio de sua Secretaria Municipal de Limpeza Urbana-SEMULSP, já demonstra a preocupação com a criação de programas de coleta seletiva, do apoio às organizações dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, sobretudo àquelas ativas.

VI AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Universitário do Norte-UNINORTE por incentivar a pesquisa no município de Manaus- AM.

VII REFERÊNCIAS

- [1] P. A. Scalone, "Gerenciamento de resíduos de construção civil: estudo de caso em empreendimentos comercial e residencial em Londrina/PR," Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.
- [2] P. J. Dalla Corte, "Gerenciamento dos resíduos da construção civil no canteiro de obras," 2017.
- [3] L. A. Karpinsk, **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental:** Edipucrs, 2009.
- [4] R. R. Junior, "Proposta de um Manual para Gestão de Resíduos da Construção Civil em Cidades Brasileiras," UNESP, Bauru, 2009.
- [5] C. G. de Empregados, "Desempregados (CAGED)," Brasília: MTE. Disponível em: www.mte.gov.br. Acesso em, vol. 10, 2008.
- [6] N. Gaither and G. Frazier, **Administração da produção e operações:** Pioneira Thomson Learning, 2001.
- [7] H. D. La Serna and M. M. Rezende, "Agregados para a construção civil," DNPM–Departamento Nacional de Produção Mineral: acessível em: https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp, 2009.
- [8] V. M. John, "Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento," São Paulo, vol. 102, 2000.

- [9] B. L. Falcão,, "Materiais de construção civil," vol. 5 ed., 2008.
- [10] A. Nagalli, *Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil*: Oficina de Textos, 2016.
- [11] W. R. d. Costa, "Autoconstrução," 2013.
- [12] S. C. Angulo, "**Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**," Universidade de São Paulo, 2001.
- [13] BRASIL e D.D. D. M. Ambiente, "**Resolução CONAMA No. 307, de 5 de julho de 2002, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil.**", 2002.
- [14] U. E. L. de Souza, J. C. Paliari, E. A. C. de Andrade, e V. Agopyan, "**Perdas de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito**," 1998.
- [15] P. V. Guimarães Junior, "**Antecipações gerenciais para integração da gestão de resíduos da construção ao planejamento e controle da produção.**", 2016.
- [16] G. M. D. d. Morais, "**Diagnóstico da deposição clandestina de Resíduos de Construção e Demolição em bairros periféricos de Uberlândia: Subsídios para uma gestão sustentável**," 2006.
- [17] C. C. FRANCHI, L. SOIBELMAN, and C. T. FORMOSO, "**As perdas de materiais na indústria da construção civil**," *Seminário da qualidade na construção civil*, vol. 2, pp. 133-198, 1993.
- [18] G. S. R. d. Almeida, "**Gerenciamento de resíduos no setor da construção civil: um estudo de caso**," Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

The traffic in the Gilberto Mestrinho complex road in Manaus city: a case study

Alexandre de Pina Braga¹, Adelaneide Gomes de Lima², Murilo Ferreira dos Santos³,
Thiago Manuel Gonçalves dos Santos⁴, David Barbosa de Alencar⁵, Antonio Estanislau
Sanches⁶

^{1,2,3,4}Laureate International Universities (UNINORTE). Manaus – AM, Brasil.

⁵Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia (ITEGAM) - Manaus – AM, Brasil.

⁶Curso Superior Tecnológico em Agrimensura da Universidade do Estado do Amazonas – UEA. Manaus-AM, Brasil.

Email: ale_pbraga@yahoo.com.br, tiagotmgs@gmail.com, mullasantos@gmail.com, della_lima@yahoo.com, david002870@hotmail.com,
novo.sanches@gmail.com

ABSTRACT

Traffic engineering is responsible for planning new routes and assessing existing infrastructure. The public agencies responsible for traffic management in any state or municipality has as one of its tasks, is the collection of traffic data that aims to provide information for conducting traffic studies necessary for proper planning. The present study consists of a quantitative and qualitative analysis of the automotive vehicles traffic in Gilberto Mestrinho Road Complex in Manaus, better known as Rotatória do Coroadó, and its adjacencies. The data were collected with the municipal agencies responsible for the traffic of vehicles in the complex under study to characterize and know how the traffic in the place works, beyond the factors that affect the transit of vehicles. Finally, some recommendations were made so that the disorders in the local traffic minimizes and has a satisfactory fluidity.

Keywords: Traffic Engineering, Traffic, Traffic Studies.

Received: September 21th, 2018

Accepted: November 16th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



O Tráfego no Complexo Viário Gilberto Mestrinho na Cidade de Manaus: estudo de caso

RESUMO

A engenharia de tráfego é responsável pelo planejamento de novas vias e da avaliação da infraestrutura existente. Os órgãos públicos responsáveis pelo gerenciamento de trânsito em qualquer estado ou município, tem como uma de suas tarefas realizar a coleta de dados de tráfego que tem por objetivo fornecer informações para a realização dos estudos de tráfego necessários para um planejamento adequado. O presente estudo consiste em uma análise quantitativa e qualitativa do trânsito de veículos automotores no Complexo Viário Gilberto Mestrinho, em Manaus, mais conhecido como Rotatória do Coroadó, e suas adjacências. Foram coletados dados com o órgão municipal responsável referente ao trânsito de veículos no complexo viário em estudo afim de caracterizar e conhecer como funciona o trânsito no local além dos fatores que afetam o trânsito de veículos. Por fim foram feitas algumas recomendações para que os transtornos no trânsito local ao minimizem e tenham uma fluidez satisfatória.

Palavras-chave: Engenharia de tráfego, Trânsito, Estudos de Tráfego.

I INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios enfrentados pela sociedade nas grandes capitais brasileiras é o trânsito. De acordo com [1] o crescimento desordenado das cidades, o mau planejamento, a

insuficiência de investimentos em infraestrutura e transporte público colabora com a péssima qualidade do trânsito e transporte. O deslocamento do homem a fim de satisfazer suas atividades (trabalho, estudos, lazer, compras, etc.) do dia a dia é necessário e comum em seu cotidiano. Diante dos referidos

problemas, faz-se necessário a utilização da engenharia de tráfego com o objetivo de otimizar o sistema viário garantindo o acesso das pessoas aos locais. Esta situação tem obrigado os órgãos gestores de trânsito a um constante monitoramento do comportamento do trânsito na cidade, objetivando a implantação de medidas para adequação do sistema viário à nova realidade e a uma participação efetiva no planejamento urbano.

O presente trabalho busca analisar a questão da mobilidade urbana na cidade de Manaus em geral, delimitando-se a descrever os problemas de trânsito no Complexo Viário Gilberto Mestrinho, mais conhecido como rotatória do Coroadó, e suas adjacências. Utilizando o estudo consiste em uma análise de tráfego deste perímetro apontando os usuais problemas enfrentados pelos condutores que transitam pelo local bem como buscar soluções para esses problemas.

II METODOLOGIA

Esta pesquisa classifica-se como estudo de caso no complexo viário Gilberto Mestrinho. Serão feitas análises de mobilidade observando os conceitos da engenharia de tráfego. Serão coletados dados acerca do número de veículos que circulam naquela região, bem como qualquer outro dado que seja necessário para o estudo em questão, nos órgãos gestores do trânsito em Manaus, tanto na esfera municipal quanto na estadual. Serão analisados os possíveis gargalos encontrados nas adjacências do complexo viário que contribuem para os congestionamentos em horários de pico bem como possíveis sugestões e recomendações para que esses problemas sejam solucionados.

III REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A engenharia de tráfego com o processo de urbanização causado pela industrialização dos centros urbanos, particularmente da indústria automobilística, a Engenharia de Tráfego evoluiu como um ramo da engenharia. Conforme o [2] a Engenharia de Trânsito é o conjunto de estudos e projetos de segurança, fluidez, sinalização e operação de trânsito executados nas vias públicas caracterizado pelas ações de engenharia de trânsito previstas como de responsabilidade do município. Consoante [3] e [4], nos municípios brasileiros, essas atividades já são executadas pelas prefeituras ou, no mínimo, são financiadas por elas mesmas quando os DETRANS as vinham executando.

A engenharia de tráfego tem como objetivo, o planejamento do tráfego e a operação de novas vias públicas e da avaliação da infraestrutura viária existente, fazendo com que o trânsito de veículos e pessoas seja realizado com segurança e eficiência. Conforme [5], a engenharia de tráfego, como representante das ciências exatas, é responsável pela segurança, fluidez do tráfego e evolução tecnológica dos veículos. O setor de engenharia de forma geral engloba a infraestrutura (vias, traçado e pavimentação, e obras de arte, viadutos e pontes); a gestão do trânsito (estratégias de gerência e operação); a circulação e o estacionamento (sentidos de percurso e estacionamentos) conforme reiterado pelo [6]; e a sinalização (vertical horizontal e semaforizada). Para [7], a engenharia de tráfego está presente no cotidiano de qualquer espaço urbano (cidade, estado ou país), uma vez que assegura aos modos de transportes a infraestrutura necessária a realização de suas funções. É de suma importância, segundo [8], em médias e grandes cidades do Brasil, a existência de corpo técnico capaz de organizar e racionalizar o trânsito visto que isto tem reflexo direto na qualidade de vida da população.

A Frota da cidade de Manaus, de acordo com [9], a frota de veículos cadastradas até o final do ano de 2017 na cidade de Manaus era próximo de 750.000 veículos.



Figura 1: Evolução da frota veicular da cidade de Manaus.

Fonte: [10].

Um estudo realizado pelo PRODAM, demonstrou a evolução da frota de veículos no município de Manaus, de acordo com a Figura 1. No ano de 1995, Manaus possuía uma frota de 152.493 veículos; e no ano de 2017, a frota foi contabilizada em 710.586 veículos, demonstrando um aumento de veículos de quase 366% no período de 21 anos.

Antes da sua inauguração, no ano de 2010, o que existia era somente a Rotatória, conforme a Figura 2, nas suas interseções havia a existência de semáforos, como medida de melhoria no fluxo de veículos, com exceção da Avenida Efigênio Sales.



Figura 2: Rotatória do Coroadó sem as alças superiores e a passagem subterrânea.

Fonte: [11].

A inauguração do Complexo Viário Gilberto Mestrinho Figura 3, ocorreu no ano de 2010. Foram construídos acessos subterrâneos da Avenida General Rodrigo Otávio para Avenida Efigênio Sales e Avenida André Araújo, além de viadutos, da Avenida Efigênio Sales para a Avenida General Rodrigo Otávio e Alameda Cosme e Ferreira, todas construções e intervenções no então complexo, teve como objetivo a melhoria da fluidez de veículos naquele local, que apresentava um trânsito com fluidez comprometida em horários de pico, devido à grande demanda na área de acesso a rotatória.



Figura 3. Complexo Viário Gilberto Mestrinho
Fonte: [11].

O complexo viário, no entanto, conforme [12], não atendeu as expectativas de ser uma grande obra que acabaria com os conflitos de tráfego naquele local. Logo após a obra percebeu-se que o trânsito continuou com os mesmos problemas de antes. Um grande fluxo de veículos utilizando o complexo viário, e um congestionamento que se forma, nas vias de acesso. Com isso, a presença de agentes de Trânsito municipais, visando dar maior fluidez ao complexo, é necessário desde a sua inauguração e continua rotineiramente todos os dias até os dias atuais.

IV ANÁLISE DE TRÁFEGO NO COMPLEXO VIÁRIO GILBERTO MESTRINHO

Análise por horário de pico, grande parte dos veículos que chegam no Complexo Viário Gilberto Mestrinho no horário entre 06:00 e 08:30 horas da manhã vem da Alameda Cosme Ferreira no sentido Bairro/Centro, enquanto que nas outras vias adjacentes ao complexo o fluxo de veículos é menor.

Esse problema foi agravado ainda mais após a liberação da Avenida Governador José Lindoso, popularmente conhecida como Avenida das Torres, em junho de 2010. Essa avenida é o principal eixo de ligação da zona norte da cidade com as outras zonas, e o seu trajeto final termina na Alameda Cosme Ferreira, nas proximidades do Complexo Viário em estudo, sobrecarregando ainda mais a via nos horários de pico.

As Figuras 4 e 5, detalham uma contagem volumétrica realizada pelo Manaustans após a inauguração. A contagem detalha a quantidade de veículos que trafegam nos principais corredores adjacentes ao Complexo Viário Gilberto Mestrinho nos períodos da manhã e tarde. Na Figura pode-se visualizar os principais movimentos dos veículos, bem como suas origens e destinos.



Figura 4. Demanda veicular no período matutino
Fonte: [13].

Conforme demonstra a figura 4, o movimento 7 representa os veículos que saem da Alameda Cosme Ferreira, sentido bairro/Centro. No horário compreendido entre 07:15 e 8:15, o número de veículos que adentram a Rotatória pela Alameda é de 3327 veículos, que corresponde a 11,26% do total que utiliza o complexo viário. Esse é o horário de pico da via.

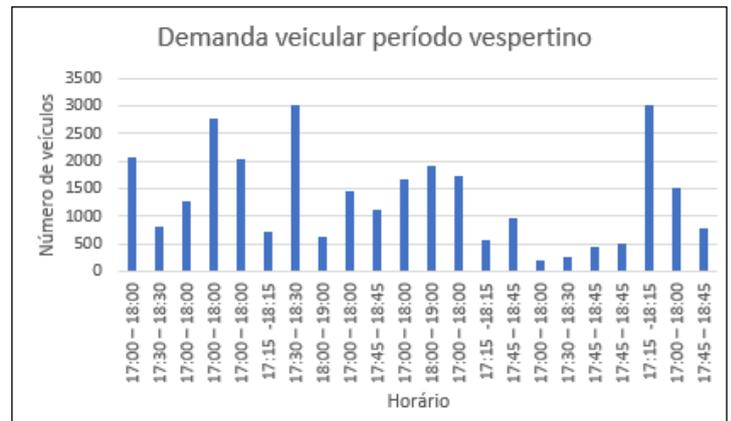


Figura 5. Demanda veicular no período vespertino
Fonte: [13].

Observa-se que o horário de pico no período da tarde que está compreendido entre 17:30 a 18:30 onde transitam 3025 veículos com origem da Alameda Cosme Ferreira ocasionando, assim como no período da manhã, uma considerável retenção na referida via. Percebe-se após a análise desses movimentos, que a quantidade de veículos originados da Alameda Cosme Ferreira no sentido Bairro/Centro é superior aos de todos os outros movimentos independentemente da hora definida na contagem.

Conforme demonstra a Figura 5, o movimento 7 representa os veículos que saem da Alameda Cosme Ferreira, sentido bairro/Centro. No horário compreendido entre 17:15 e 18:15, o número de veículos que adentram a Rotatória pela Alameda é de 3029 veículos, que corresponde a 10,24% do total que utiliza o complexo viário. Esse é o horário de pico da via. O fato é que atualmente o complexo viário necessita de alguma intervenção viária em suas adjacências para que os problemas de congestionamento na via cessem ou minimizem.

IV.1 GARGALOS NAS ADJACÊNCIAS DO COMPLEXO VIÁRIO GILBERTO MESTRINHO

Um grande fator para que o Complexo Viário em estudo fique com a fluidez bastante comprometida é o grande número de veículos que se deslocam em direção à Avenida Rodrigo Otávio, bairro Japiim. Os veículos que transitam pela Rotatória e acessam a avenida Rodrigo Otávio em horários de pico, enfrentam um grande transtorno logo no início da via. A avenida em questão apresenta um afunilamento que causa lentidão em horários de pico como demonstra a Figura na página a seguir.

Os fluxos de veículos que saem da alça superior do complexo viário conflitam com outros veículos que saem da Rotatória. Mais à frente os veículos passam pelo afunilamento da via, o que eram 4 faixas de circulação passa a ser 2 faixas, causando lentidão no local e por muitas vezes esse congestionamento reflete até na fluidez da rotatória.

Outro ponto crítico nesse trecho é o ponto de ônibus que fica em frente ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Nesse ponto, em horários de pico há uma grande quantidade de pessoas aguardando os ônibus. A grande maioria

desses passageiros são estudantes de uma universidade pública localizada na Avenida Rodrigo Otávio. Existe um ônibus integração que faz o percurso saindo da universidade, transita pela Av. Rodrigo Otávio até a Rotatória e retorna à universidade pela mesma via fazendo o transporte desses estudantes. O embarque desses passageiros demora de 2 a 5 minutos causando grandes filas de ônibus no local e consequentemente congestionamentos que afetam a Rotatória do Coroadó.

Na avenida André Araújo, também existe afunilamento logo no início de sua extensão, porém o principal problema fica por conta da má operacionalização dos semáforos. Existem na via dois conjuntos semafóricos distantes 600 metros um do outro que não trabalham com sincronismo. É evidente que a sincronia de semáforos em uma via pode parecer a princípio uma questão, que necessita basicamente de cálculos matemáticos, mas na prática se torna uma questão complexa devido à quantidade de variáveis envolvidas.

Vale ressaltar que a falta de semáforos inteligentes não é um problema exclusivo da Avenida em questão mas sim da cidade de Manaus como um todo que carece desse tipo de tecnologia.

V RECOMENDAÇÕES

Percebe-se após essa análise que a maior quantidade de veículos que o complexo recebe origina-se da Alameda Cosme Ferreira seja no horário de pico da manhã, da tarde ou da noite. Contudo, o que se vê é um complexo viário que prioriza a preferência das alças superiores e a alça subterrânea para vias com fluxo de veículos inferior a Alameda.

É evidente que seria oneroso ao poder público uma intervenção na estrutura do complexo viário visto que se trata de uma obra de grandes proporções e que com certeza geraria mais transtornos na vida dos usuários da via. Apesar desse entrave, é possível que se faça ajustes de menores custos ao poder público se comparado à uma alteração estrutural, nas adjacências do complexo visando uma melhor fluidez dos veículos.

Outra alternativa que esbarra na questão de gastos altos para o poder público, seria a ampliação de ao menos uma faixa de circulação principalmente nas Avenidas Rodrigo Otávio e André Araújo, vias que recebem grande quantidade de veículos nos horários de pico.

A seguir serão apresentados um plano de ações com possíveis melhorias no Complexo Viário Gilberto Mestrinho e suas adjacências.

Atualização das contagens volumétricas e pesquisas de origem/destino feitas pelo Manaustans, visto que as pesquisas encontram-se desatualizadas dificultando qualquer tipo de Análise de Tráfego atual. Utilização de semáforos inteligentes colocados na via principal a certa distância da rotatória (algo entre 15 e 30 metros), com prioridade de passagem na rotatória para os fluxos da via principal. Vale lembrar que esta ideia foi proposta pelo Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Claramente que esse tipo de operação teria que ser primeiramente estudada após análise de dados, e se fosse viável proceder com a implantação no complexo viário Gilberto Mestrinho.

Com relação a demora no ponto de embarque localizado na Avenida Rodrigo Otávio, em frente ao INPA, sentido Bairro/Centro, o remanejamento do ponto de embarque de passageiros para o outro sentido da via resolveria o problema da demora dos ônibus coletivos, ou seja, o embarque dos universitários seria feito obrigatoriamente no sentido Centro/Bairro da via. Para assegurar a segurança de alguns

passageiros que necessitam fazer a travessia seria necessário uma passarela de pedestres.

Levando em consideração os estudos de [17] e o que consta no [13], é de suma importância a implantação de semáforos inteligentes na Avenida André Araújo visando uma melhor sincronia dos mesmos garantindo desta forma melhor fluidez no trânsito e mais segurança aos usuários. Investimento em transporte público de qualidade com o objetivo de reduzir a utilização de veículos de uso individual reduzindo desta forma congestionamentos e acidentes.

VI CONCLUSÕES

O presente estudo buscou analisar e conhecer como funciona a dinâmica do Trânsito no Complexo Viário Gilberto Mestrinho. O trabalho buscou detectar os pontos considerados críticos do complexo viário e suas adjacências propondo melhorias para os problemas identificados.

Através dos dados coletados no órgão municipal responsável pela gerência do Trânsito constatou-se que os grandes fluxos de veículos em horários de pico transitam pela Alameda Cosme Ferreira em direção ao complexo viário em estudo.

Os dados indicam que a quantidade de veículos na cidade de Manaus em 2010, de acordo com [9], era de um pouco mais que 483.000 veículos e atualmente a frota já passa de mais de 725.000 veículos, que também foram reiterados pela autarquia Manaustans. Assim constata-se um aumento significativo de veículos e nenhum planejamento à longo prazo.

Atualmente existem dados defasados relacionados ao tráfego de veículos no complexo, por isso houve dificuldade para análises do fluxo, impedindo que o estudo fosse mais aprofundado. É necessária e importante a preocupação com os estudos de tráfego pois através destes é possível realizar medidas imediatas e futuras para que o trânsito ocorra de forma tranquila e segura.

VII AGRADECIMENTOS

A todos que colaboraram com esta pesquisa para confecção deste artigo, em especial a Profa. Msc. Adelaneide Gomes Lima, ao Engenheiro Civil Thiago Manuel dos Santos, Prof. Dr. David Barbosa Alencar, ao Manaustans, pela cortesia na disponibilidade dos dados. Universidade do Estado do Amazonas – UEA.

VIII REFERENCIAS

[1]* DNIT. **Manual de Estudos de Tráfego**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, Ministério dos Transportes. Brasília – DF, 2006. Disponível em: <www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_estudos_trafego.p df>. Acessado em 20 de junho de 2017.

[2]* DENATRAN, **Departamento Nacional de Transito**. Disponível em <http://www.denatran.gov.br/> Acessado em Setembro de 2017.

[3]* BRASIL. **Estatuto da cidade**: Lei n. 10257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana – Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenações de Publicações, 2001. 35 p. – (Série fontes de referência. Legislação; n.40).

[4]* BRASIL. Ministério das Cidades. **Trânsito, questão de cidadania**. In: BRASIL. Ministério das Cidades. **Cadernos Cidades**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2004.

[5]* Honorato, Cássio Mattos. **O Trânsito em Condições Seguras**. Campinas; Ed. Millennium, 2009.

[6]* CTB - **Código de Trânsito Brasileiro**. Lei federal nº9.503 de 23 de setembro de 1997.

[7]* Silva, M.G. (1998). **Engenharia de Tráfego I – curso de gerenciamento de sistema de transportes / Curso Ministrado pelo GEIPOT na CBTU**. Natal –RN.

[8]* IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População da cidade de Manaus**. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/am/manaus/panorama>>. Acessado em Outubro de 2017.

[9]* DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO AMAZONAS – DETRAN. **Relatório 2016**. Disponível em <<http://www.detrان.am.gov.br/aceso-ainformacao/acoes-e-programas>> Acesso em:12 de setembro de 2017.

[10]* CVMT - **Sistema de Controle de Veículos. Evolução da frota veicular da cidade de Manaus**. Disponível em: <<http://www.prodam.am.gov.br/portifolio/cvmt/>> Acesso em: 12 de setembro de 2017.

[11]* MANAUSTRANS. **Instituto Municipal de Engenharia e Fiscalização de Trânsito**. Disponível <<http://transito.manaus.am.gov.br/>> Acesso: Novembro de 2017.

[12]* PLANMOB, **Plano de Mobilidade da cidade de Manaus. Prefeitura Municipal de Manaus**, 2013.

[13]* IDD - Instituto Durango Duarte. **Rotatória do Coroado sem as alças superiores e a passagem subterrânea**. Disponível em: < <http://idd.org.br/acervo/complexo-viario-gilberto-mestrinho/>> Acesso em: 12 de setembro de 2017.

[14] DETRAN, **Departamento Estadual de Transito do Amazonas**. Disponível em< <http://www.detrان.am.gov.br/>> Acessado em Outubro de 2017.

[15] ESTADO DA MOTORIZAÇÃO INDIVIDUAL NO BRASIL–RELATÓRIO 2015. OBSERVATÓRIO DAS METROPOLES (UFRJ/IPPUR). FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Roundabouts: An Information Guide**. Turner-Fairbank Highway Research Center, McLean, Mar. 2000. Disponível em <<http://fhwa.dot.gov/publications/research/safety/00068/00068.pdf>> Acesso em abril de 2017.

[16] CET – COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DE SÃO PAULO. **Manual de Sinalização Urbana**. 11 volumes. Prefeitura do município de São Paulo, 1978.

[17] Soares, L.R. **Engenharia de Tráfego**. Almeida Neves Editores LTDA, Rio de Janeiro, 1975.



The Importance of quality management in civil construction projects

Bruna Caroline da Silva Rocha¹, Charles Ribeiro de Brito Jorge², Jorge Luis Melo de Freitas³

¹Graduanda – Centro Universitário do Norte (UNINORTE) - Manaus - AM.

²Mestre – Universidade Federal do Amazonas (UFAM) - Manaus-AM.

³Bacharel em Engenharia Civil – Centro Universitário do Norte (UNINORTE) - Manaus-AM.

Email: Email: brunacaroline.sr@gmail.com, jorgefreitas879@gmail.com, charles.brito@uninorte.com.br

ABSTRACT

Received: October 01th, 2018

Accepted: November 12th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The research had as objective to investigate the quality management in the civil construction through a case study. It is assumed that quality management in construction is important so that processes are optimized, and deadlines are met. The methodology used involves citations of books and articles by renowned authors within the themes of Quality Management and Project Management in Civil Construction, as well as data extracted from researches made by competent and recognized bodies in the sector through their Internet sites, as well as through of documentation within organizations. It is important that the impacts of total quality management that contribute to increasing the profitability of construction companies are clarified so that this tool becomes interesting to entrepreneurs. The stimulus to establish a quality management system is also interesting for the consumer, since a product that is submitted to constant evaluations tends to have a final result of more quality, besides the fact that the quality management contributes with the reduction of production stages, and may also reduce the final cost of the product.

Keywords: Construction, Quality management, Project management.

A importância da gestão da qualidade em projetos de construção civil

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo investigar a gestão da qualidade na construção civil por meio de um estudo de caso. Pressupõe-se que a gestão de qualidade na construção civil é importante para que processos sejam otimizados e prazos sejam cumpridos. A metodologia empregada envolve citações de livros e artigos de autores consagrados dentro dos temas Gestão da Qualidade e Gerenciamento de Projetos na Construção Civil, bem como dados extraídos de pesquisas feitas por órgãos competentes e reconhecidos no setor através de seus *sites* na Internet, bem como através de documentação dentro de organizações. É importante que os impactos da gestão da qualidade total que contribuem com o aumento da lucratividade das empresas da construção civil sejam esclarecidos, para que esta ferramenta se torne interessante aos empreendedores. O estímulo ao estabelecimento de um sistema de gestão da qualidade também é interessante para o consumidor, haja vista que um produto que é submetido a constantes avaliações tende a ter um resultado final de mais qualidade, além de o fato de a gestão de qualidade contribuir com a redução de etapas produtivas, podendo reduzir também o custo final do produto.

Palavras-chave: Construção civil; Gestão da qualidade; Gestão de projetos.

I INTRODUÇÃO

As empresas de todos os setores precisam se manter atualizadas e flexíveis diante dos desafios econômicos e estruturais enfrentados nos mercados brasileiro e internacional do século XXI.

Inovações tecnológicas surgem diariamente, permitindo a otimização dos processos de produção e a consequente redução de prazos e custos. Empresas que ainda acreditam que prazos são inimigos da qualidade podem perder seus clientes para aquelas que asseguram uma produção rápida com produtos de qualidade.

A ideia taylorista-fordista de produção em massa já foi superada pela teoria da produção enxuta [1]. Em um mercado competitivo, sobrevivem as empresas capazes de oferecer o maior número de benefícios aos seus clientes, aliando baixos custos à agilidade e qualidade. As empresas do século XXI também possuem um número de concorrentes muito superiores às das décadas anteriores. No âmbito da construção civil, houve um aumento expressivo do número de construtoras atuando no Brasil, que verificou na década de 2000 o auge do crescimento do mercado imobiliário.

O período farto vivido pelo mercado imobiliário brasileiro a partir da segunda metade da década de 2000, fez com que emergissem inúmeros sistemas de gestão da qualidade, atendendo também a uma demanda do mercado pela adaptação a algumas demandas da sociedade voltadas para a responsabilidade social e ambiental.

Nesse contexto, foram criados sistemas de gestão da qualidade cujos objetivos eram padronizar, controlar e indicar possibilidades de melhoria nos processos, com ações desenvolvidas pelos departamentos de recursos humanos, compra, controle e pela administração geral.

A gestão da qualidade, assim definida por agregar um conjunto de ações cujo resultado é a qualidade do produto final e do processo produtivo, permite que as empresas dominem tecnicamente o processo de produção e adquira, deste modo, um controle efetivo sobre os prazos e os custos de uma obra.

A gestão da qualidade não se refere somente ao controle e fiscalização do respeito às normas externas. Ela também propõe a realização de uma análise crítica dos limites e das possibilidades do negócio, situação que permite que os gestores do projeto estejam sempre cientes das oportunidades do negócio e do desempenho de seus contratos. É uma situação importante para um cenário de crise, por exemplo, no qual a construtora pode ficar com o ônus de unidades não vendidas ou avaliar a necessidade de interrupção de um empreendimento ainda em sua fase inicial, para que ele não gere mais custos que não serão ressarcidos em um curto prazo.

O fato de existir um sistema de gestão da qualidade em uma empresa não significa necessariamente que exista a gestão da qualidade sendo exercida por algum profissional ou departamento. O sistema por si só também não assegura a qualidade do empreendimento. A gestão da qualidade em um empreendimento da construção civil só se efetiva na atuação conjunta de todos os profissionais envolvidos no processo de produção.

Haja vista a importância estratégica da gestão da qualidade na gestão de projetos em construção civil, a presente pesquisa pretende investigar o processo de gestão da qualidade na construção civil por meio do estudo de caso realizado em um empreendimento.

A pesquisa se justifica pela necessidade de que os sistemas e métodos de gestão da qualidade sejam sempre objeto da pesquisa acadêmica na medida em que essa reflexão sobre tais objetos permite que eles sejam avaliados e aprimorados, além de, sob o ponto de vista sociológico, a investigação científica permitir uma análise dos processos produtivos desenvolvidos no setor da construção civil brasileira.

A relevância da pesquisa está no fato de ela permitir que sejam indicados novos horizontes para a otimização dos processos e para a gestão da qualidade na construção civil em momentos nos quais o mercado vivencia um retrocesso uma estagnação.

Além da realização do estudo de caso, será feita uma revisão bibliográfica da literatura mais recente produzida sobre o tema gestão da qualidade na construção civil e de artigos e textos científicos disponíveis nas principais plataformas de indexação brasileiras.

Desta forma, o objetivo geral deste trabalho é analisar a importância da gestão da qualidade na construção civil.

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1 O MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O mercado brasileiro da construção civil acompanhou um intenso crescimento entre as décadas de 2000 e 2010, pausado no ano de 2015 pelas dificuldades da economia brasileira e internacional em manter o crescimento [2].

Grandes e pequenas empresas experimentaram um crescimento significativo na última década. As empresas do setor constituem um grupo heterogêneo, ao qual pertencem instituições de pequeno, médio e grande portes, algumas com capital aberto, outras de origem familiar que preservam até hoje a administração patriarcal. O IBGE [2] classifica as empresas do ramo de construção civil atuantes no Brasil de acordo com o seu porte. Aquelas que possuem até 19 funcionários são chamadas de microempresas, as que possuem de vinte a noventa e nove funcionários são classificadas como pequenas empresas, as que empregam de cem a quatrocentos e noventa e nove funcionários são consideradas grandes empresas e as que oferecem emprego para mais de quinhentos empregados são as grandes empresas.

O Brasil possui mais de 150.000 mil empresas de construção civil, que contam com um total de aproximadamente um milhão e meio de profissionais. A maioria dos empregadores são micro e pequenas empresas, que correspondem a 99% das empresas construtoras brasileiras.

Pereira, Fillipe e Cardoso [3] afirmam que essas empresas não são as líderes do mercado, em geral são administradas pelos proprietários e não possuem vínculos com outras instituições ou *holdings*.

Os autores destacam que estas empresas, embora possuam origens distintas, apresentam em comum as características de ausência de administração qualificada, não produzem em escala, utilizam equipamentos ultrapassados e atenderem ao mercado da classe média.

II.2 A GESTÃO DE PROJETOS

O termo “gestão de projetos” tem origem na expressão inglesa *project management* e consiste em um conjunto de ações voltadas para o planejamento, a organização, a direção e o controle dos processos de um projeto. Implica na elaboração de ações estratégicas voltadas para o estudo do mercado, a avaliação de terrenos, captação de recursos, a delimitação das características físicas do produto e do público-alvo, a contratação de equipe técnica qualificada para a construção, a negociação com fornecedores e a elaboração do cronograma.

Gestão e coordenação de projetos são conceitos distintos. Em algumas empresas a gestão está relacionada ao desenvolvimento de um projeto e a coordenação à aplicação dele em um empreendimento específico. Deste modo, a gestão de projetos define os procedimentos e a coordenação os executa.

Como indica Loen (1974), a coordenação é o cuidado “para que as atividades sejam executadas com respeito à sua importância e com um mínimo de conflito”.

O mesmo autor defende que a eficiência da coordenação está em sua capacidade de assegurar o trabalho harmônico de toda a equipe; o cumprimento de prazos e o atendimento às demandas de curto, médio e longo prazos.

Os projetos de construção civil envolvem um grande número de profissionais, fornecedores dos mais distintos segmentos e equipamentos de pequeno e grande porte. É importante que exista uma gestão de projetos voltada para a unificação dos procedimentos, da sequência e do controle da obra, bem como do acompanhamento dos problemas e controle dos detalhes. Uma gestão de projetos integradora reduz a necessidade de revisão dos processos, contribuindo com a otimização do tempo e dos recursos.

Investir em ferramentas de gestão de projetos tem sido uma estratégia cada vez mais comum entre as empresas de construção civil. O projeto contribui, também, para estabelecer um relacionamento entre as diferentes etapas na produção, na medida em que o cumprimento do cronograma precisa contar com a cooperação de todos os departamentos e profissionais envolvidos no projeto. A redução de prazos de produção proporcionada por uma gestão de projetos eficiente também reduz custos, pois os custos de uma obra estão estreitamente associados ao seu tempo de produção, incluindo despesas com deslocamento, redução nas vendas, custos homem/hora, entre outros [5].

As considerações acima se referem a projetos cuja eficiência é positiva. Muitos projetos são elaborados por profissional ou por líderes que não estabelecem uma relação horizontal com aqueles que executarão o projeto. É importante que o projeto seja elaborado a partir de dados reais, inclusive aqueles referentes a capacidade de produção da sua equipe. A articulação entre as equipes deve ocorrer desde o início do projeto, em sua elaboração, para que o projeto seja um projeto possível e não uma idealização [5].

Melhado [6] defende que o projeto deve considerar as necessidades de todos os clientes: os clientes contratantes dos serviços (a empresa responsável pela construção), os usuários (os compradores finais do empreendimento) e os clientes internos (as equipes envolvidas). Todos esses clientes possuem necessidades específicas relacionadas aos prazos e a qualidade do produto.

Para que um projeto tenha um resultado de qualidade, cabe a elaboração de uma proposta voltada para a construção de um produto. Essa construção precisa ter um processo bem definido, executado de acordo com padrões e normas e qualidades estabelecidas e regulamentadas pela legislação vigente. Também é necessária a padronização da qualidade do produto que será oferecido ao cliente, como, no caso da construção civil, imóveis com estruturas adaptadas às necessidades de consumo e conforto dos usuários para os quais foram construídos. Melhado [5] destaca que o projeto tem dois enfoques distintos: no processo e no produto.

Melhado [6] defende projetos como sendo um processo que reúne um conjunto de dados de entrada relacionados às necessidades dos clientes e que são a base para a produção de um conjunto de dados de saída que ofereça a solução para tais necessidades. Os dados de saída são validados pelo cliente,

As validações são antecedidas pela elaboração de um processo, que inclui a análise crítica sobre as soluções apresentadas, por meio de uma comparação entre as soluções e as

demandas do cliente. Uma vez validado, o conjunto de dados de saída é encaminhado para a produção e arquivado.

O autor enfatiza a importância da elaboração de projetos alinhados às necessidades dos clientes. O projeto não é um fim em si mesmo. A sua finalidade é a solução de problemas trazidos pelo cliente. Não se trata de vender um produto, mas de prestar um serviço. No caso da construção civil, trata-se de um projeto que deve integrar o desejo do cliente contratante com as demandas também dos clientes que serão usuários da edificação e dos clientes internos [5].

Melhado [5] estabeleceu uma comparação entre a elaboração de um projeto de construção civil e a prestação de serviços, estabelecendo conexões entre ambas as atividades, como a dificuldade em identificar todas as especificidades do cliente, os diversos fatores internos e externos que alteram os resultados do projeto, as falhas na produção e a importância da participação constante do cliente. A participação do cliente somente no momento de elaboração do projeto e na sua finalização não pareceu profícua, na medida em que em muitos casos, o próprio cliente não é capaz de supor quais serão os resultados de suas próprias solicitações.

Para Andery [1], o projeto é um serviço relacionado a um produto que será construído. O objetivo do projeto, na opinião do autor, é prestar apoio ao processo de produção e oferecer ferramentas de análise de todas as suas etapas, inclusive a finalização e a prestação de suporte a possíveis problemas após a ocupação do edifício, no caso da construção civil.

Andery [1] aponta duas vertentes para o projeto: o processo e o resultado. Melhado [5] acredita que o que os profissionais denominam projeto é o resultado da atividade, o produto, que não é a edificação em si, mas o esboço, o conjunto de papéis, procedimentos técnicos e processos descritos. O autor acha uma consideração ainda vaga, uma vez que papéis podem ser modificados durante o projeto, na medida em que a execução verifica a necessidade de alteração de alguma etapa para otimizar o trabalho e essa alteração pode fugir às anotações.

II.3 SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE

A qualidade tem sido cada vez mais objeto de interesse por parte dos profissionais da construção civil. Mas nem todas as empresas da área que afirmam utilizar a gestão da qualidade em suas atividades entendem a sua importância. O conceito de qualidade só pode ser compreendido dentro de uma contextualização histórica, pois ele é modificado ao longo do tempo [7].

Faria e Arantes [8] define a qualidade a partir de cinco diferentes abordagens. A primeira dela é a transcendental e defende a qualidade como excelência na oferta de um produto com o melhor dentro das suas possibilidades de especificações.

A segunda é a abordagem com base na manufatura, para a qual a qualidade de um produto está na sua capacidade de oferecer um resultado o mais próximo possível das suas especificações.

A terceira é a abordagem com base no usuário, que oferece um produto que, além de atender às especificações de seu projeto, também atende às necessidades do consumidor.

A quarta é a abordagem com base no produto, para a qual a qualidade é um conjunto exato das características de um projeto que convergem para um bom resultado dado ao cliente.

A última é a abordagem com base no valor. Essa qualidade diz respeito ao custo do produto. Nesse conceito de qualidade, a qualidade de um produto está na sua capacidade de oferecer um preço que atenda às expectativas do consumidor [8].

Fraga [9] subsidia a discussão sobre o uso da qualidade na construção civil. Concebem essa aplicação do conceito como a “satisfação total dos clientes externos e internos da empresa”.

O modo com a gestão da qualidade é concebido foi modificado ao longo do tempo, adaptando-se às demandas do mercado e ao contexto no qual se inseria.

A primeira fase da gestão da qualidade foi na produção artesanal pré-industrial, entre os séculos XVII e XVIII. Nesse período o artesão era o responsável por todo o processo produtivo. Cabia a ele conceber, produzir e vender o produto. O controle de qualidade era feito por ele mesmo e todas as etapas da produção estavam interligadas, visto que a execução de todas elas cabia a uma única pessoa.

Na segunda fase, a gestão da qualidade estava sob responsabilidade do supervisor, a quem cabia também a coordenação do trabalho dos operários e a definição dos padrões de qualidade.

Na terceira fase, a gestão da qualidade cabia a um inspetor nomeado para este fim. O planejamento e a realização do trabalho eram divididos. Alguns eram pagos para pensar e outros para executar. Isso significa, por exemplo, que em uma linha de fábrica os operadores das máquinas não deviam parar o trabalho quando um produto saísse defeituoso. O trabalho de avaliar quais produtos deviam ou não ser descartados da venda era realizado posteriormente pelo inspetor de qualidade.

Atualmente, o conceito de qualidade utilizado na maioria das empresas é o de Controle Total da Qualidade (Total Quality Control - TQC), que se preocupa não só com a qualidade do produto final, mas com a qualidade de todo o processo de produção e, além de focar no atendimento às exigências das normas e especificações, também se preocupa com a usabilidade do produto. Antes a gestão da qualidade era corretiva, agora ela é preventiva. Existe uma tendência iniciada pela cultura japonesa em se dedicar a questões subjetivas como motivação e clima organizacional como ação voltada para a promoção da qualidade [7].

As empresas de construção civil costumam utilizar sistemas de gestão da qualidade. Souza [10] considera a norma insuficiente para atender a todas as necessidades do setor. O autor também admite que não existe uma clareza do sentido da gestão da qualidade por parte dos gestores da área.

O interesse pela implantação de sistemas de gestão da qualidade total por parte dos empresários de construção civil emerge somente da necessidade de atendimento às exigências da legislação e das empresas de financiamento. Outras motivações são a necessidade de melhorar a gestão e tornar a empresa competitiva. No entanto, a gestão da qualidade na construção civil traz grandes benefícios também para os consumidores, na medida em que permite o cumprimento de cronogramas, evitando circunstâncias nas quais os atrasos na entrega de imóveis causam grandes danos financeiros e afetam severamente a qualidade de vida das famílias.

III METODOLOGIA

A metodologia empregada envolve citações de livros e artigos de autores consagrados dentro dos temas Gestão da

Qualidade e Gerenciamento de Projetos na Construção Civil, bem como dados extraídos de pesquisas feitas por órgãos competentes e reconhecidos no setor através de seus *sites* na Internet, bem como através de documentação dentro de organizações. Também foi levada em consideração a experiência de estágio do autor dentro de instituições.

A pesquisa se caracteriza como bibliográfica de natureza aplicada e qualitativa, com base na definição de Lakatos e Marconi [11], segundo a qual a pesquisa bibliográfica é o levantamento de toda a bibliografia já publicada em forma de livros, revistas, publicações avulsas em imprensa escrita [documentos eletrônicos]. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo aquilo que foi escrito sobre determinado assunto, com o objetivo de permitir ao cientista o reforço paralelo na análise de suas pesquisas ou manipulação de suas informações [11].

Silva e Andrade [12] corroboram, ao defenderem que a “pesquisa bibliográfica é a possibilidade de analisar diversos fenômenos sob diversos pontos de vista em curtos períodos de tempo.”

A pesquisa também se caracteriza como descritiva na medida em que procurar descrever um processo [13].

IV RESULTADOS E DISCUSSÕES.

IV.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

A obra objeto da presente pesquisa é realizada por uma grande construtora da região. A pesquisa foi realizada entre os meses de maio e agosto e contou com o apoio do engenheiro civil responsável pela operação. O objeto foi escolhido devido a disponibilidade do profissional em atender a pesquisa.

Trata-se de um projeto de condomínio residencial com duas torres, divididas em 9 pavimentos com oito apartamentos por andar.



Figura 1: Imagem de Divulgação.

Fonte: A empresa, (2016).

A área externa prevê bicicletário, estacionamento para 150 veículos, área baby, piscina, churrasqueiras e portarias 24h. As vendas das unidades também são feitas pela própria empresa e por corretores de imóveis associados.



Figura 2: Projeção do Produto.
Fonte: A instituição, (2016).

A obra tem previsão de 24 meses para ser concluída, a partir do mês de setembro de 2015. No entanto, foram realizados alguns ajustes no projeto, resultantes das baixas vendas das unidades. Essa circunstância implicou na mudança da previsão de entrega das chaves para 12 meses após a data prevista inicialmente.

O terreno ocupado pelo empreendimento tem 4087.97 m² e fica próximo da região central da cidade e de áreas de comércio e escola.

A Estrutura organizacional pode ser resumida no organograma abaixo:



Figura 3: Organograma.
Fonte: Autores, (2018).

Existe um programa de gerenciamento do projeto elaborado pela empresa. Tal programa determina que, já na aquisição do terreno, sejam elaborados e compartilhados documentos gerenciais que nortearão o projeto, como o cronograma, o orçamento, o detalhamento do produto, os documentos de formalização do projeto e o modelo de projeto final, que inclui a planta e a imagem em 3D do resultado do empreendimento.

Inicialmente é elaborado um escopo do projeto para em seguida ser apresentada a planta e a imagem em 3D do projeto final. Também é elaborada uma Estrutura Analítica do Projeto (EAP), na qual é registrado todo o ciclo da obra. A EAP inclui um sistema de gestão integrada (SGI), que contempla a gestão da qualidade, da regulamentação ambiental, da segurança do trabalho, saúde e responsabilidade social. A EAP permanece na obra do início ao fim.

O ciclo da referida obra segue as seguintes etapas: estudo preliminar do terreno; aquisição, adequação ambiental; elaboração do projeto da construção; drenagens, remoções e demolições;

limpeza do terreno e perfurações mecânicas; aterramento e execução.

O início do projeto prioriza a elaboração de um contrato que possa atender a todos os envolvidos: construtora, vendedores, operários e clientes. É importante a construção de um contrato com todas as especificações necessárias para a garantia da qualidade do produto e do processo. Na empresa objeto desse estudo, foram realizadas inúmeras reuniões entre as gerências financeira, de produção e administrativa para que a construção de um projeto de qualidade fosse possível, de acordo com informações do gerente de projetos.

A partir da conceituação de qualidade como um conjunto de ações voltadas para assegurar um determinado padrão de produto e/ou processo, a pesquisa procurou identificar, dentro da organização da obra objeto do estudo, as ações voltadas para a garantia da qualidade da obra em diferentes etapas e aspectos. As informações foram fornecidas pelo engenheiro responsável pela produção, e registradas em áudio em 4 diferentes encontros presenciais.

IV.2 GESTÃO DO TEMPO

A gestão do tempo de uma obra é elaborada pelo gerente de projeto, por meio de um cronograma, mas também é de responsabilidade da gerência financeira, pois o alargamento do período de construção também impacta nos custos do projeto e pode inviabilizá-lo.

O cronograma costuma ser elaborado no software MS Project, que, por meio da inserção de fórmulas, é capaz de mantê-lo atualizado de modo automático.

O acompanhamento da referida obra foi iniciado no mês de maio de 2016. Houve dificuldades na venda e na divulgação do produto, o que contribuiu com a construção de expectativas incertas em torno do empreendimento. Deste modo, a contratação de operários e serviços foi postergada, implicando no atraso do cronograma da obra. Destacam-se softwares de registros que permitem realizar comparações entre custos e prazos previstos e realizados. Nas próximas subseções serão apresentadas as principais ações voltadas para a garantia da qualidade em diferentes processos. Ao final, foi elaborada uma comparação entre os dados da obra estudada e as recomendações da bibliografia.

IV.3 GESTÃO DE CUSTOS E DE PESSOAS

A gestão de custos está diretamente associada à gestão de prazos no projeto. Um cronograma formulado a partir de previsões dissociadas do tempo que é realmente necessário para a execução de uma etapa do projeto pode trazer grandes consequências para o orçamento de uma obra.

Na referida obra, a gerência de custos é realizada pelo gerente financeiro em parceria com o gerente de produção, encarregado por otimizar processos e solicitar a aquisição de suprimentos.

O gerente de produção também tem a responsabilidade de assegurar o cumprimento dos prazos do projeto. De acordo com a opinião do gerente da obra objeto do presente estudo, o prazo impacta nos custos não somente quando implica na necessidade de aquisição de mais suprimentos ou na manutenção de funcionários.

Os prazos impactam na percepção do cliente final sobre a obra e a empresa responsável por ela. No caso de edifícios residenciais, o não cumprimento no prazo de execução de uma obra afeta a credibilidade do cliente em relação a empresa e cliente. Deste modo, a mudança ocorrida no cronograma aumentou os custos em aproximadamente 20%. De acordo com o engenheiro de produção responsável pela obra, o aumento do desemprego da região e o atraso no começo da obra também estimularam a solicitação de rompimento de contrato por parte de alguns clientes.

A gestão de pessoas na referida obra é realizada por meio das ações do departamento de recursos humanos, que fica localizado na sede da construtora. Esse departamento é responsável pelo atendimento às necessidades dos trabalhadores, e pelo planejamento da quantidade de funcionários necessários para o projeto, adequação às leis trabalhistas e pela folha de pagamento.

IV.4 SEGURANÇA, SAÚDE E MEIO AMBIENTE

Na obra estudada, existem profissionais técnicos de segurança e saúde responsáveis pela adequação às normas brasileiras para projetos de construção civil. No período de pesquisa não ocorreram acidentes de trabalho. No entanto, a obra ainda estava na fase de aterramento quando a pesquisa foi encerrada.

IV.5 GESTÃO DA QUALIDADE

O Engenheiro responsável pela produção defende a qualidade como um conjunto de ações, técnicas e materiais que contribuem como a construção de um padrão de produto. Deste modo, a qualidade, em sua opinião, perpassa todos os processos de planejamento e execução da obra.

Para assegurar que a obra estará em conformidade com as normas legais e com os padrões definidos, existe um profissional técnico responsável pelo controle da qualidade. Uma das principais atribuições desse profissional é a construção e o acompanhamento do Plano de Gestão. Cabe também ao gerente de qualidade a oferta de documentos que esclareçam aos profissionais sobre os procedimentos que devem ser praticados em diferentes serviços.

A qualidade é acompanhada sistematicamente, dia a dia, por meio de ações de acompanhamento, fiscalização e elaboração de relatórios. Os gerentes possuem outro indicador de qualidade, que é a análise de BSC (Balanced Score Card), que em tradução literal significa indicadores balanceados de desempenho, cujo objetivo é analisar a obra por meio de indicadores gráficos, segundo informação fornecida pelo gerente da produção.

Trata-se de uma ferramenta de análise da qualidade do processo, que entende a qualidade como a integração de inúmeros processos para a produção de um produto dentro de um mesmo padrão.

IV.6 RESPONSABILIDADE AMBIENTAL

A obra pesquisada prevê a contrapartida de sua interferência no meio ambiente por meio de ações de replantio da vegetação removida em outras áreas, como o Horto Botânico localizado próximo do empreendimento, a construção de uma praça para a comunidade na área externa do terreno e ações de

reaproveitamento da água e coleta seletiva. Estas definições são resultado de um levantamento de impacto ambiental elaborado por um profissional técnico em meio ambiente devidamente registrado e qualificado para a atividade.

O levantamento de impactos ambientais é revisado periodicamente, para verificar a necessidade de readequação devido ao aumento do impacto ambiental causado pelo empreendimento tanto ao terreno quanto ao seu entorno. Também é necessária a revisão periódica no sentido de se verificar se ocorreu a necessidade de modificação em face da mudança na legislação.

Antes de se começar a construção, a empresa elabora um plano ambiental, constituído por um detalhamento minucioso do modo com que cada estrutura será erguida. Esse plano tem o objetivo de garantir que a obra terá a capacidade de atender a todas as exigências de licenciamento ambiental. O planejamento ambiental é necessário para que sejam identificadas todas as possíveis interferências da obra no meio ambiente.

De acordo com o responsável pela produção, o planejamento ambiental inclui a gestão de resíduos, a gestão de efluentes o controle de ruídos e de manipulação e uso de produtos perigosos.

IV.7 SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO

De acordo com o engenheiro responsável pela produção, a segurança do trabalho está associada a necessidade de evitar e conter os riscos pertinentes a atividade profissional da construção civil.

O trabalho da equipe de segurança no trabalho é coordenado por um engenheiro especializado. Todo serviço precisa a autorização prévia do engenheiro de segurança do trabalho para ser executado. Nesta obra, existem dois técnicos de segurança do trabalho que monitoram a execução dos serviços.

Também é um procedimento de segurança avaliar os riscos aos quais cada profissional está submetido, bem com as suas condições físicas e psicológicas de executar a tarefa. É uma necessidade técnica capaz de evitar acidentes, licenças e multas. Protege o trabalhador e o empregado.

Todos os profissionais envolvidos com a obra, independentemente de sua posição hierárquica, precisam se submeter a avaliações de saúde. Profissionais de medicina do trabalho elabora um perfil profissiográfico individual de cada funcionário da obra.

Com questões relacionadas à saúde do trabalhador, esse perfil é utilizado também para que sejam traçadas estratégias para a preservação da audição e a proteção respiratória. Caso algo não esteja adequado, redigem um relatório de não conformidade.

IV.8 AQUISIÇÃO E SUPRIMENTOS

Os materiais utilizados na obra são adquiridos por um profissional subordinado ao supervisor de produção. Esse profissional também precisa se relacionar com o departamento financeiro e é responsável pelas contratações, compras e destinação de todos os suprimentos necessários para o trabalho.

A aquisição possui padrões para cada elemento da obra, que devem ser atendidos pelo fornecedor. Uma vez adquirido, o produto precisa ser analisado em conformidade com as normas de qualidade e segurança estabelecidas. A empresa construtora é

certificada pelo PMBOK, portanto, possui um rígido padrão de qualidade em relação a matéria prima.

IV.9 ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES COLETADAS

As informações coletadas sobre o processo de construção do projeto do condomínio residencial foram fornecidas pelo engenheiro responsável pela produção da obra. Ele possui acesso a todas as informações sobre os processos e é responsável por acompanhar a gestão da qualidade em atendimento às normas do PMBOK, às quais a empresa construtora se submete.

Periodicamente, ele apresenta um programa de resultados, cujo objetivo é apresentar para as equipes envolvidas no projeto uma síntese do que foi executado em relação ao que havia sido planejado e ao cronograma. O programa de resultados também obedece às recomendações da certificação PMBOK, de acordo com o engenheiro. [13]

Comparando os processos adotados nessa obra com aqueles discutidos na revisão de literatura, é possível identificar uma consonância entre tais processos e aqueles recomendados pelo PMBOK®. [13]

Tabela 1: Comparação entre os processos da obra e a literatura.

Etapa	Processo	Prática da Literatura	Práticas da obra
Planejamento	Escopo	Planejamento do Escopo Definição do Escopo	Conforme a literatura
		Criação do EAP	Modelo PMBOK
	Tempo	Definição das Atividades	Segue a definição da construtora, pois deve se adequar a legislação nacional
		Sequenciamento das Etapas	Modelo PMBOK
	Custo	Previsão de Duração das Etapas	Modelo PMBOK
Encerramento		Modelo PMBOK	
Controle	Escopo	Previsão de Custos	Uso de softwares
		Verificação do Escopo	Segue padrões nacionais
	Tempo Custo Qualidade	Gestão do Escopo Gestão de Custos Gestão de Qualidade	Segue padrões nacionais conforme a literatura Conforme a Literatura
Acompanhamento	Integração	Encerramento	Sistema integrado da empresa

Fonte: Autores, (2018).

A administração da obra objeto da pesquisa procura manter os processos alinhados às recomendações do PMBOK®. A articulação entre a teoria e a prática profissional é importante na medida em que traz a contribuição de ações e experiências já validadas e não se restringe ao senso comum. Do mesmo modo o uso de *softwares* gerenciais é fundamental para a integração de todas as etapas do projeto e para a produção de relatórios analíticos.

A metodologia PMBOK® oferece subsídios importantes para a gestão da qualidade, embora não atenda a todas as especificidades do mercado brasileiro. No entanto, ela se constitui em uma ferramenta para que os processos de construção não sejam baseados somente na experiência dos profissionais envolvidos. A articulação dessa experiência com metodologias já validadas contribui com a eficiência do processo e com a qualidade do produto. [13]

Em relação a qualidade da obra, do mesmo modo que a literatura, foi identificada pela administração a necessidade de um acompanhamento periódico de todos os processos. Em todas as etapas existem profissionais dedicados a identificar e registrar possíveis desvios dos padrões e elaborar relatórios de conformidade, indicando medidas que devem ser tomadas para que os erros sejam evitados.

Trata-se de um procedimento considerado tanto na literatura, quanto na prática, fundamental para que a obra tenha fluidez. No que diz respeito a gestão de riscos e ao trabalho da segurança do trabalho, esse acompanhamento é ainda mais importante, na medida em que um pequeno descuido na segurança pode provocar graves problemas em todo o processo, comprometendo todas as suas fases e causando danos aos trabalhadores.

Apesar de a obra estar em conformidade com a literatura e com as exigências legais, existe uma dificuldade de cumprimento do cronograma consequente dos problemas de integração entre a gestão administrativa e a gestão comercial.

V CONCLUSÃO

O objetivo da pesquisa foi analisar a importância da gestão da qualidade na construção civil por meio de um estudo de caso. Inicialmente, foi elaborada uma revisão da literatura disponível sobre o tema com o objetivo de estabelecer uma relação entre os conceitos apresentados pela literatura e aqueles identificados na prática profissional, relacionados a gestão da qualidade na construção civil.

A revisão apresentou alguns importantes processos de certificação em sistemas de gestão da qualidade disponíveis no Brasil e no mundo e a importância dos selos de certificação emitidos por essas instituições para a competitividade e a melhoria dos processos das empresas. Foram destacadas, entre essas certificações, a ISO 9001, o PMBOK e o PBQP.

Todas essas certificações contribuem com o aperfeiçoamento de processos e a consequente melhoria do produto final, por meio do acompanhamento sistemático do processo de produção e da adequação aos requisitos exigidos pelas instituições certificadoras. São requisitos que pretendem criar um padrão internacional de qualidade para o produto da construção civil. No entanto, não são fáceis de se adquirir haja vista grande burocracia pertinente ao processo e aos custos para que o selo de qualidade seja obtido.

O estudo de caso realizado acompanhou uma obra de um condomínio residencial em sua fase inicial. Especificamente no que se refere a obra estudada, a gestão da qualidade é entendida como um processo que propõe um padrão de qualidade para a obra, que deve estar presente em todas as suas etapas.

Ações voltadas para a gestão eficiente, de custos, acompanhamento das adequações às normas de segurança do trabalho e saúde, aquisição de matéria prima que atenda aos padrões de qualidade estabelecidos pela administração, elaboração de um cronograma que integre todas as fases do processo, uso de ferramentas de gestão e elaborações de relatórios periódicos de conformidades são tomadas no sentido de assegurar um processo e um produto de qualidade. Não significa que tais ações impeçam a ocorrência de problemas e não conformidade, mas representa o esforço da empresa em assegurar um produto de qualidade para o consumidor.

A aplicação de sistemas de gestão da qualidade no setor da construção civil é uma importante ferramenta na otimização dos processos produtivos do setor. No entanto, tais ações não impediram um atraso no cumprimento do cronograma em aproximadamente 12 meses, impactando diretamente nos custos, nos processos e nas vendas do empreendimento.

Embora a gestão da qualidade contribua com a redução de custos na medida em que ela propõe uma avaliação de todas as

etapas do processo, evitando a recorrência de erros e perdas e os possíveis problemas no produto final, ainda não parece ser de interesse das empresas do setor dedicar seus investimentos em um sistema de gestão da qualidade que não seja somente para atender às exigências legais ou das normas regulamentadoras.

Por este motivo, é importante que os impactos da gestão da qualidade total que contribuem com o aumento da lucratividade das empresas da construção civil sejam esclarecidos, para que esta ferramenta se torne interessante aos empreendedores.

O estímulo ao estabelecimento de um sistema de gestão da qualidade também é interessante para o consumidor, haja vista que um produto que é submetido a constantes avaliações tende a ter um resultado final de mais qualidade, além de o fato de a gestão de qualidade contribuir com a redução de etapas produtivas, podendo reduzir também o custo final do produto.

No que se refere a gestão de prazos no projeto, conclui-se que ela é imprescindível para o sucesso do produto. Obras entregues com atraso costumam não contar com a credibilidade do consumidor, representando uma dificuldade para as vendas antes da conclusão. Essa dificuldade causa problemas orçamentários para a construtora, como a necessidade de manutenção do empreendimento por um longo período até que as vendas se estabilizem.

A investigação conduziu à identificação da gestão de prazos como um problema na obra objeto da pesquisa. O atraso no cronograma interferiu em todas as etapas da produção, com impacto direto nas vendas. Tal circunstância fez emergir o interesse pelo desenvolvimento de estudos voltados para o impacto da gestão de prazos na qualidade dos projetos. Nesse sentido, recomenda-se a realização de pesquisas voltadas para a importância da gestão de prazos em projetos da construção civil.

VI AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu coordenador que sempre esteve disponível para me dar suporte e a esclarecer dúvidas.

VII REFERÊNCIAS

[1] Andery, P.R.P. **Análise do impacto da implementação da ISO 9001 em empresas de projeto**: um estudo de caso. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE Gestão e Economia da Construção – SIBRAGEC, 3, 2003, São Carlos, SP. Anais... UFSCar, São Carlos, SP – 16 a 19 set. 2003.

[2] Perdigão, J. G. De L.; Perdigão, M. L. P. B. **A certificação da qualidade ISO 9001 na construção civil**: um estudo de caso na construtora Cipresa na cidade de Campina Grande – PB. VII Seprone. Mossoró, 2012.

[3] Pereira, S.R.; Filippi, G.A.; Cardoso, F.F. Micro e pequena empresa fornecedoras de mão de obra da construção civil: caracterização, organização e estratégias. In: **II Congresso internacional de tecnologia e gestão da qualidade na construção civil**, Universidade de Pernambuco, 2000.

[4] Loen, R.O. **Administração Eficaz**. 2.ed. Rio de Janeiro: Zahar. 1974.

[5] Melhado, S. B. **Proposição Alternativa Para Qualificações de Empresas de Projeto**. USP, São Paulo, 2006.

[6] Melhado, S.B. **O plano da qualidade dos empreendimentos e a engenharia simultânea na construção de edifícios**. In: Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 1999, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: UFRJ/ABEPRO, 1999.

[7] Picchi, F.A.; Agopyan, V. **Sistemas da qualidade na construção de edifícios**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/104. 24p. São Paulo, EPUSP, 1993.

[8] Faria, C. A.; Arantes, D. **Análise da implantação do sistema de gestão de qualidade na construção civil**. 2012. 91 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2012.

[9] Fraga, S. V. **A Qualidade na Construção Civil: Uma Breve Revisão Bibliográfica do Tema e a Implementação da ISO 9001 em Construtoras de Belo Horizonte**. 2011. 77 f. Monografia apresentada ao curso de especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

[10] Souza, R.; Abiko, A. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/190). São Paulo, 1997.

[11] Lakatos, E.M., Marconi, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1991.

[12] Silva, E.; Menezes, E. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

[13] PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Disponível em www.pmi.org.br. Acesso em 15/9/2018.



Waste management in civil construction

Elzimara Lima Cordeiro¹, Charles Ribeiro de Brito²

^{1,2} Centro Universitário do Norte (UNINORTE) – Manaus – AM

Email: elzimara.lcordeiro@gmail.com, charles.brito@uninorte.com.br

ABSTRACT

Received: October 22th, 2018

Accepted: November 30th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The solid waste from the construction industry has a huge impact on the environment and has a large volume. Often this residue is not disposed of properly. The objective of this work was to address several stages of waste management in construction and its implications for the environment. The generation, classification, management and recycling were described with regard to construction waste, the technical, economic and legal instruments and propositions for integrated solid waste management were identified. The research was bibliographical and descriptive. The contact with articles published in scientific journals on the subject, dissertations in the area and authors that approach the theme chosen in this work, provided a basis for the academic reflection and to discover answers to the questions that were raised. All sectors involved in any phase of the construction process are responsible for preventing and reducing the amount of waste generated in order to avoid environmental problems in the future. In this way, it is necessary to seek to reduce the generation of solid waste in civil construction, which is the main route to be carried out.

Keywords: Solid Waste. Waste management. Waste in Construction.

Gerenciamento de Resíduos na Construção Civil

RESUMO

O resíduo sólido da construção civil ocasiona um enorme impacto ao meio ambiente além de possuir um grande volume. Muitas vezes, este resíduo não é descartado da forma correta. O objetivo deste trabalho foi abordar diversas etapas de gestão de resíduos da construção civil e suas implicações ao meio ambiente. foram descritas a geração, classificação, gestão e reciclagem no que concerne os resíduos da construção civil, foram identificados os instrumentos e proposições técnicas, econômicas e legais para o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos. A pesquisa foi bibliográfica e descritiva. O contato com artigos publicados em revistas de caráter científico sobre o assunto, dissertações na área e autores que abordam o tema escolhido neste trabalho, forneceu embasamento para a reflexão acadêmica e para descobrir respostas para as questões que foram levantadas. Todos os setores envolvidos em qualquer fase do processo de construção são responsáveis pela prevenção e redução da quantidade de resíduos gerados de forma que se evitem problemas ambientais futuramente. Dessa forma, é preciso procurar diminuir a geração dos resíduos sólidos na construção civil, sendo este o percurso primordial a ser realizado.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Gerenciamento de Resíduos. Resíduos na Construção Civil.

I INTRODUÇÃO

Os problemas resultantes do aumento da ocupação humana sobre o meio ambiente nas grandes cidades fazem emergir a necessidade de ações que ofereçam uma boa infraestrutura para a população, aliando as obras públicas com a preservação ambiental.

O crescimento exponencial e desordenado das cidades gera numerosos problemas, sendo considerado um dos mais

significativos, a destinação do enorme volume dos resíduos produzidos pelas atividades humanas. Construir casas para todas as pessoas tem sido um enorme desafio para as grandes metrópoles. Somada a essa necessidade, a cultura do desperdício, do descartável, fez com que o setor da construção civil se tornasse o maior gerador de resíduos urbanos. Um dos grandes desafios da engenharia civil atualmente é conseguir fazer com que as gestões dos seus resíduos estejam vinculadas a um projeto de sustentabilidade e responsabilidade ambiental. É um desafio

porque essas obras geralmente são financiadas e planejadas com recursos de diferentes investidores, para os quais a preservação ambiental não interessa aos gestores, principalmente porque não traz lucros, embora possua grande valor publicitário.

O setor da construção civil “além de ser um dos maiores da economia ele produz os bens de maiores dimensões físicas do planeta, sendo consequentemente o maior consumidor de recursos naturais de qualquer economia” [1]. Ainda segundo o mesmo autor, ocorre uma variação na utilização de recursos naturais na construção civil de acordo com cada região, isso obedecendo fatores como: • taxa de resíduos produzidos; • vida útil ou taxa de reposição das estruturas construídas; • necessidades de manutenção, inclusive as que visam corrigir falhas construtivas; • perdas incorporadas nos edifícios; e • tecnologia empregada.

O resíduo sólido da construção civil ocasiona um enorme impacto ao meio ambiente além de possuir um grande volume. Muitas vezes, este resíduo não é descartado da forma correta, inclusive sendo feito de forma clandestina, em terrenos abandonados, áreas públicas ou aterros. Através do aumento da fiscalização com leis cada vez mais severas e do avanço das políticas de gerenciamento de resíduos sólidos esta prática está diminuindo consideravelmente nos grandes centros.

A prática de desenvolvimento sustentável foi conceitualmente incorporada ao processo de construção civil de forma a dar ênfase à preocupação com a diminuição da exploração de recursos naturais, com a reutilização e a reciclagem dos materiais e com o desenvolvimento de pesquisas de novos materiais ecologicamente mais benignos.

Nos dias atuais, resíduos sólidos como entulho, apesar de serem geradores de problemas, vem sendo usados como fonte de insumos para a construção civil. Desta forma a gestão de resíduos sólidos tem sido transformada em negócios, a cada dia mais lucrativos e atraentes.

A composição dos resíduos de construção civil varia, sendo caracterizada conforme sua localização geográfica.

A distribuição inadequada de resíduos é um dos principais fatores de degradação do meio ambiente, podendo interferir negativamente na qualidade de vida da população, nos serviços dos ecossistemas e na disponibilidade de recursos naturais. Os resíduos vindos da construção civil não são exceção, e caso não seja feito seu gerenciamento de forma correta irão se tornar parte deste problema. A gestão desses resíduos de forma inadequada representa um grande desperdício econômico, pois estes formam a maior fração em massa dos resíduos produzidos nas cidades na maioria dos casos tem uma composição de materiais com possibilidade de reciclagem ou reaproveitamento.

O poder público municipal possui uma parte importante das ações de regulação e fiscalização da gestão de resíduos da construção civil. Para direcionar estas ações, a Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para um correto gerenciamento. Dentre estes, no que diz respeito às responsabilidades, estabelece que os grandes geradores, como empresas privadas de construção, deverão elaborar projetos próprios especificando o gerenciamento dos resíduos, enquanto convém aos municípios a elaboração de procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, na forma de um Programa Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil. No entanto, a implementação destas determinações ainda deixa a desejar em muitas cidades do país. [2]

Segundo Dias [3] o descarte inadequado dos resíduos sólidos nas cidades estimula a destruição de mata ciliar nas margens de rios e córregos, poluição visual, proliferação de

vetores causadores de doenças, como também possíveis contaminações de lençóis freáticos.

Nesse contexto, a pesquisa acadêmica tem a importante função de acompanhar a recorrência de danos causados ao meio ambiente e à qualidade de vida da população em decorrência da falta de uma estrutura de gestão de resíduos sustentável na cidade e apontar as possíveis soluções para redução deste tipo de problema.

Como objetivo geral deste trabalho pretende-se abordar diversas etapas de gestão de resíduos da construção civil e suas implicações ao meio ambiente.

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1 CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS

A classificação de resíduos pode ser realizada de diversa formas. A Norma brasileira os classifica relacionando-os ao seu grau de perigo e em relação à sua origem. A resolução CONAMA faz a divisão dos resíduos da construção civil em quatro classes. Essas classificações serão apresentadas nas próximas seções.

II.1.1 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À PERICULOSIDADE

A classificação do resíduo pode ser Classe I – Perigoso, de forma que oferecem riscos à saúde pública, e em virtude de ocasionar graves danos ao meio ambiente, o que pode acontecer em virtude de uma má gestão do mesmo. Um resíduo também pode ser perigoso se ocorrer no Anexo A ou B da NBR 10.004 ou se possuem algum dos atributos a seguir: inflamável, corrosivo, reativo, tóxico ou patogênico. Tinta, solvente e óleo são exemplos de resíduos perigosos na construção civil [4].

Os resíduos Classe II A – Não perigosos e Não inertes tem particularidades como a biodegradação, são combustíveis ou solúveis em água. A classificação na Classe II B – Não perigosos e Inertes, engloba resíduos que quando entram em contato com água destilada na temperatura local não se solubilizam a concentrações maiores que os padrões potáveis da água [4].

Segundo Degani [5], o entulho (argamassa, tijolo, telha, cerâmica, concreto e solo de escavação) é englobado na Classe II B. Porém, no Brasil é frequente o descarte de forma inadequada de detritos domiciliares em caçambas paradas no ambiente público. Assim, frequentemente o material a ser retirado não possui apenas por resíduo Classe II B. Isto pode ser exemplificado através da Figura 1, em que resíduos domiciliares estão marcados por círculos brancos.



Figura 1: Resíduos orgânicos na caçamba de resíduos de construção civil.

Fonte: [9].

II.1.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL QUANTO À RESOLUÇÃO CONAMA NO 307

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 307, resolução de âmbito Nacional, homologada em 5 de julho de 2002, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção e demolição, para que sejam disciplinadas as ações necessárias, de maneira a diminuir o impacto ambiental. Esta Resolução estabeleceu prazos para o enquadramento de municípios e de geradores de RCD (CONAMA, 2002). Dessa forma, é possível classificar os resíduos da construção civil segundo esta resolução:

Classe A: resíduos onde há a possibilidade de reciclagem ou reutilização. Ex.: concreto, argamassa, blocos pré-moldados, tijolos, telhas, solos onde foi realizado terraplanagem, entre outros [2].

Classe B: resíduos que possibilitam a reciclagem para outros fins. Ex.: plástico, metal, vidro, papel, madeira e gesso [2].

Classe C: resíduos não recicláveis ou recuperáveis por não ser economicamente viável ou por não existir tecnologia desenvolvida [2]. Em algumas cidades com produção de resíduos de gesso e isopor, é possível que não seja economicamente viável enviá-los para o local de reciclagem, assim mesmo esses materiais sendo recicláveis, serão classificados como Classe C.

A Resolução CONAMA No 448 [6] modifica artigos da Resolução CONAMA No 307 [2]. No artigo 8 fica especificado que os PGRCC's devem ter sua elaboração e implementação realizada pelos seus maiores geradores e ter como foco principal a correta destinação e manejo, com sua utilização ambientalmente adequada.

Classe D: resíduos perigosos de origem da construção civil. Ex.: tintas, óleos, materiais que contenham amianto, substância que foi adicionada nessa classificação pela Resolução CONAMA 348 [2].

II.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Com a crescente geração de resíduo na construção civil, há um preocupante aumento no impacto ao meio ambiente. A cadeia de consumo de determinado produto consiste normalmente na extração de matéria prima, produção e no transporte até o fornecedor. Ocorre utilização de energia durante o processo, gasto de água e além do combustível utilizado no transporte. Dessa forma, em ocasiões em que ocorrem desperdícios em construções, o consumo de materiais é amplificado, é necessária maior quantidade de matéria-prima, ocorrem despesas com energia, água e combustível, amplificação dos poluidores e da geração de resíduo. O gerenciamento inadequado de resíduo pode causar problemas em relação à drenagem superficial, entupindo bueiros, gerando enchentes e com isso causando danificações públicas e particulares. É possível também que obstrua córregos, assoreie lagos e rios devido ao carregamento de sedimentos, por exemplo areia e solo. Por este motivo, é preciso que o poder público controle a geração de resíduos [7].

Segundo, Pinto [7], a grande quantidade de resíduos de construção civil ocasiona o esgotamento de aterros. Está se tornando muito mais complicado achar lugares apropriados para que os RCC's sejam aterrados, pois além das características técnicas é preciso achar um local com tamanho grande. Pois comumente ocorre muito desperdícios de material na construção, e nem sempre são segregados corretamente, causando um

aumento na quantidade de resíduo levado para os aterros. Outra questão negativa é que a forma como se dispõe esses resíduos faz com que ocorra uma modificação na paisagem do ambiente.

Para Castro [8], os principais motivos para produzir resíduo são: alguma falha no projeto, projetos com incompatibilidade, a não padronização de serviços e armazenar e transportar de maneira inapropriada os materiais no canteiro. Em caso de reformas, o déficit de conhecimento para a reutilização e reciclagem dos materiais e o desconhecimento do potencial que um resíduo reciclado tem para ser usado como material de construção são consideradas os principais motivos para gerar resíduos [9].

II.3 GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O termo "gestão" significa, planejamento, organização, liderança e controle dos indivíduos que fazem parte de uma organização e, como consequência, as atividades feitas pelas mesmas. Considerando resíduos de construção e demolição (RCD), a gestão em geral tem tido seu início conforme um processo de aprendizagem, e a indústria da construção civil no Brasil já está iniciando sua caminhada. Normalmente, existem organizações que tem destaque, geralmente as localizadas nos grandes centros e que possuem maior condição de alcançar a gestão plena de RCD.

Baseado em informações de Pinto [7], a gestão dos RCD é iniciada no canteiro de obras, por meio de confinar grande parte dos resíduos no lugar em que se originou, o que evitara que o processo de retirada para fora gere problemas e gasto público. O autor ainda fala que o uso da reciclagem pelo gestor de construção demonstra sua responsabilidade ambiental e atua corretamente como gerador, além de ter vantagem econômica, pois se torna possível um aumento na qualidade de seus processos e produtos.

Com a intenção de reduzir a produção de resíduos de construção civil, a Resolução CONAMA nº 307 de 2002, diz que os agentes que os geram necessitam primeiramente focar na não geração de RCC e, prioritariamente, reduzir, reutilizar, reciclar, tratar e dispor os rejeitos de forma ambientalmente adequada. Desta forma, está proibida a disposição de resíduos da construção civil em aterros de resíduos sólidos urbanos, em encostas, em áreas de vazadouros, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por lei.

Vários fatores causam a grande geração de RCC, como por exemplo mão de obra não qualificada, tecnologia de construção inadequada e baixa não empregando princípios de racionalização, transporte dos materiais dos canteiros de obra realizado de forma inadequada, produção excessiva de materiais e embalagens, entre outros.

Segundo a Resolução CONAMA nº 307 de 2002, é necessário que o gerenciamento de resíduos da construção civil englobe o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos.

Com a intenção de desenvolver e aplicar um gerenciamento adequado dos RCC é preciso realizar primeiramente, a caracterização dos resíduos a serem produzidos. Esse conhecimento norteia a definição das demais etapas do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), como segregação, acondicionamento, transporte, incluindo o tratamento dos resíduos e a disposição final dos rejeitos, sendo a necessária apresentação deste plano para adequação à legislação vigente.

III MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi bibliográfica e descritiva. FONSECA [10] reforça o caráter da pesquisa descritiva, dizendo que seus dados devem ocorrer em seu Habitat natural, coletados e registrados para estudo, para que o pesquisador possa descobrir uma nova percepção sobre um determinado fenômeno.

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, definida por Kirk e Miller como: uma tradição específica dentro das ciências sociais que depende essencialmente da observação de pessoas em seus próprios territórios e da interação com estas pessoas através de sua própria linguagem e em seus termos. [11]

Fonseca [10] reforça o caráter da pesquisa descritiva, dizendo que seus dados devem ocorrer em seu Habitat natural, coletados e registrados para estudo, para que o pesquisador possa descobrir uma nova percepção sobre um determinado fenômeno. O contato com artigos publicados em revistas de caráter científico sobre o assunto, dissertações na área e autores que abordam o tema escolhido neste trabalho, forneceu embasamento para a reflexão acadêmica e para descobrir respostas para as questões que foram levantadas.

A base bibliográfica ajuda na conceituação dos termos a serem explicitados no trabalho, bem como basear-se em teóricos, artigos e livros que abordam o assunto a ser discutido neste trabalho. Segundo Gil [12], uma das vantagens da pesquisa bibliográfica está em permitir que o pesquisador um alcance um significativo número de informações maior do que sua pesquisa descritiva.

IV RESULTADOS E DISCUSSÕES.

IV.1 DIRETRIZES PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Como já mencionado, é de extrema importância que sejam implantadas ações para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos gerados pela construção civil. O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, preocupado com o aumento da disposição de resíduos da construção em locais inadequados, como já falado anteriormente, publicou em 5 de julho de 2002 uma Resolução que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para o gerenciamento de resíduo da construção civil, além gerar ações para disciplinar de maneira a diminuir os impactos no meio ambiente: a Resolução nº307 [13].

Esta Resolução, que entrou em vigor em 02 de janeiro de 2003, define como resíduos da construção civil aqueles oriundos da atividade de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos.

Os órgãos municipais de gestão ambiental têm a responsabilidade de elaborar e implementar a política local de meio ambiente, atuando de forma compartilhada com a esfera estadual e nacional, conforme preceitua o artigo 23 da Constituição Federal de 1988. No entanto, poucos são os municípios brasileiros que dispõe de secretarias ou departamentos específicos para esta área. Lidar com questões como recursos hídricos, resíduos sólidos, fauna, flora, entre outros, requer a existência de equipe técnica apta a executar a política ambiental e infraestrutura compatível, o que não acontece na maioria dos municípios.

Neste capítulo são abordadas as diretrizes para o gerenciamento de resíduos na construção civil.

IV.1.1 PROJETO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL (PGRCC)

A Resolução CONAMA 307 também faz o estabelecimento, além das diretrizes relacionadas em caracterizar e dispor o descarte final de resíduos, como deve ser estruturado e quais as responsabilidades de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PGRCC), obrigatório em todos os municípios do país e no Distrito Federal.

Estes projetos de gerenciamento devem ter sua elaboração realizadas pelos grandes geradores para cada novo empreendimento e encaminhado para análise do órgão municipal competente. Em caso de empreendimentos que precisam de licenciamento ambiental, o PGRCC terá sua análise realizada em conjunto com o processo de licenciamento, junto ao órgão ambiental.

O projeto tem como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para manejar e destinar de forma ambientalmente adequada os resíduos, e seguir as seguintes fases: (SEBRAE, 2017)

- caracterização: nesta fase é necessário que o gerador identifique e quantifique os resíduos;
- triagem: tem que ser feita, de maneira preferencial, pelo gerador em sua origem, ou ser realizada nos locais de destino com licenciamento para este fim, respeitando as classes do resíduo;
- acondicionamento: o gerador precisa se responsabilizar por confinar os resíduos depois de serem gerados até a fase do transporte, garantindo em todas as situações em que haja a possibilidade, de condição para reutilizar e reciclar;
- transporte: deverá ocorrer em conformidade com as fases anteriores e respeitando as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;
- destinação: deverá ter sua previsão conforme seja classificado cada resíduo, como visto anteriormente neste trabalho.

Já para os municípios e para o Distrito Federal, conforme falado anteriormente, esta Resolução faz a determinação de que seja implantada a gestão dos resíduos da construção civil por meio da criação do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Este plano precisar ter: (SEBRAE, 2017)

- as diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil têm que ser elaborados pelos grandes geradores, de forma a possibilitar o exercício das responsabilidades de todos os geradores;
- cadastrar áreas, públicas ou privadas, que podem receber, fazer a triagem e armazenar temporariamente pequenas quantidades, em conformidade com o tamanho da área urbana municipal, de maneira a possibilitar o destino seguinte dos resíduos provenientes de pequenos geradores aos locais de beneficiamento;
- estabelecer processos de licenciamento para as regiões de beneficiamento e de disposição final dos resíduos;
- proibir a colocação de resíduo de construção em locais sem licenciamento;
- incentivar à reinserção dos resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados no ciclo de produção;
- definir os critérios para fazer o cadastro das transportadoras;
- criar ações para orientar, fiscalizar e controlar os agentes envolvidos;

- promover ações para educar com o intuito de diminuir a geração de resíduo e tornar possível a sua segregação.

IV.1.2 POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS – PNRS

Outro instrumento legal para o gerenciamento de resíduo de construção e demolição é a Lei Federal Nº 12.305, que entrou em vigor em 02 de agosto de 2010, fez a instituição da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS).

A Lei tem em sua disposição os princípios, objetivos e instrumentos, assim como inclui as diretrizes relacionadas ao gerenciamento integrado e à gestão de resíduos sólidos (englobados também os resíduos da construção civil), além das responsabilidades dos geradores e do poder público.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos dispõe dos seguintes instrumentos:

- a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, ou seja, a responsabilidade dos resíduos é do fabricante, do importador, do distribuidor, do comerciante, do consumidor e do titular do serviço de limpeza urbana ou manejo;
- o sistema de logística reversa, que se caracteriza por um conjunto de ações, procedimentos e meios com a intenção de torna viável a coleta e a restituição dos resíduos sólidos as empresas, para reaproveitar, em seu ciclo ou em outros ciclos de produção, ou outro destino final de maneira apropriada ambientalmente;
- a partir de quatro anos depois da data de sua publicação, então a partir de 02 de agosto de 2014, a prefeitura e os geradores de resíduos só poderão fazer a disposição nos aterros sanitários dos rejeitos e não mais os resíduos que podem ser reciclados;
- as empresas de construção civil estão precisam elaborar o plano de gerenciamento de resíduos sólidos, nos termos do regulamento ou das normas sancionadas pelos órgãos do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA. Esse plano para gerenciar precisa seguir a disposição do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos do Município em questão;
- a não geração de resíduos, seguida da redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos mesmos, bem como a sua disposição final ambientalmente adequada.

IV.1.3 NORMAS BRASILEIRAS PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas é o órgão responsável pela normalização técnica no Brasil. Portanto, ela é responsável pela criação das normas brasileiras sobre os mais diversos assuntos.

A criação de uma Norma ocorrer conforme a necessidade manifestada pela sociedade brasileira, de maneira que cria uma Comissão de Estudo (CE), com a participação voluntariamente de vários segmentos sociais, para discutir o assunto e, por fim, o Projeto de Norma tem sua aprovação e encaminhamento para a Gerência do Processo de Normalização da ABNT de forma a ser homologado e publicado como Norma Brasileira.

Relacionadas ao assunto Gestão de Resíduos existem cinco normas brasileiras, mencionadas abaixo:

- NBR 15112:2004: Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – Áreas de Transbordo e Triagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação;
- NBR 15113:2004: Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes – Aterros – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação;

• NBR 15114:2004: Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de Reciclagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação;

• NBR 15115:2004: Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Execução de Camadas de Pavimentação – Procedimentos; e

• NBR 15116:2004: Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em Pavimentação e Preparo de Concreto sem Função Estrutural – Requisitos.

Estas normas podem ser consideradas com fundamentais para respaldar tecnicamente e legalmente a estimulação da separação, de maneira a reciclar e destinar responsavelmente os resíduos.

Abaixo são apresentadas estas normas de forma mais específica:

NBR 15112 – Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – Áreas de Transbordo e Triagem

Esta norma faz a fixação das condições exigidas para elaborar o projeto, implantar e operacionalizar os locais de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e grandes volumes. (SEBRAE, 2017)

Segundo a NBR 15112, área para transbordar e fazer a triagem dos rejeitos da construção civil e matérias com grande volume (ATT) é um local destinado a receber os resíduos da construção civil e matérias de grandes volumes, para triagem, armazenar temporariamente o material segregado, eventualmente transformar e remover posteriormente para o destino adequado, sem provocar problemas à saúde pública e ambientais.

A norma ainda faz a definição de questões com relevância ao tema, a classificação dos resíduos da construção civil seguindo as classes já estabelecidas pela Resolução 307 do CONAMA falada na seção anterior, a condição para implementação da ATT, os meios gerais para elaborar o projeto e os meios e diretrizes para operacionalizar. Para conseguirem o licenciamento as ATT's precisam cumprir as diretrizes estabelecidas nessa norma.

NBR 15113 – Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes – Aterros - Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação

A NBR 15113 faz a fixação das requisições exigidas para o projeto, implementar e operar os aterros de resíduos sólidos da construção civil classe A e os de resíduos inertes. Procura também que os rejeitos sejam armazenados de maneira segregada, de forma a possibilitar futuramente sua utilização ou, mesmo, o correto dispor desses materiais, com a intenção de uso da área futuramente, além de também procurar proteger os conjuntos hídricos ou subterrâneos próximos, de forma que melhore a condição de trabalho de quem opera esse tipo de instalação e a qualidade de vida da população no entorno.

Nesta norma, o aterro de resíduos da construção civil e de resíduos inertes tem sua definição como sendo um local no qual não existe o emprego de técnicas para dispor os materiais classe A e resíduos inertes no solo, procurando reduzir a menor quantidade possível os resíduos segregados de forma a reservar esses materiais para uma provável utilização futura ou um futuro uso do local, sem que cause prejuízos à saúde pública e ambientais.

A NBR 15113 ainda dispõe:

- em relação a condição de implementação dos aterros (critério para localizar, acessar, isolar e sinalizar, iluminar e gerar energia, comunicar, analisar os materiais, treinar e proteger as águas no subsolo e na superfície);
- em relação aos princípios gerais para projeto (responsáveis e autores do projeto, partes que constituem o projeto e maneira de apresentar, memorial descritivo, memorial

técnico, estimar o custo e o cronograma, fazer desenhos e plantas); e

- em relação a condição de operacionalização (receber os materiais no aterro, fazer a triagem dos materiais recebidos, dispor de maneira segregada os materiais, equipamentos de segurança, inspecionar e manter os procedimentos para registrar a operação).

NBR 15114 – Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de Reciclagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação.

Nesta norma são estabelecidos os requisitos mínimos exigidos para projeto, implantar e operacionalizar locais que reciclem resíduos sólidos da construção civil classe A. Ela se aplica à reciclagem de materiais já triados para a produção de agregados com características para a aplicação em obras de infraestrutura e edificações, de forma segura, sem comprometimento das questões ambientais, da condição de trabalho dos indivíduos que operas esses locais e da qualidade de vida das populações no entorno.

Em conformidade com a NBR 15114, área de reciclagem de resíduos da construção civil é definida como sendo uma “área destinada ao recebimento e transformação de resíduos da construção civil classe A, já triados, para produção de agregados reciclados”. Nela são estabelecidas:

- as condições gerais de implantação das áreas de reciclagem (definições para localizar, isolar e sinalizar, acessibilidade, iluminação e energia, proteção das águas superficiais e preparo da área de operação);

- em relação aos princípios gerais para projeto (memorial descritivo, projeto básico, responsabilidade e autoria do projeto);

- em relação a condição de operacionalização (receber, fazer a triagem e processar os resíduos, treinar e utilizar equipamento de segurança, inspecionar e manter os procedimentos para controlar e registrar a operação).

NBR 15115 – Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos

A NBR 15115 objetiva estabelecer as definições para executar camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, assim como camada de revestimento primário, com agregado vindo da reciclagem resíduo sólido da construção civil, chamado de agregado reciclado, em projetos de pavimentação. E estabelecido por esta norma:

- as requisições necessárias dos materiais que são utilizados para executar as camadas de reforço,

- os equipamentos básicos necessários para executar as camadas,

- como deverá ocorrer a execução das camadas, e

- quais os ensaios e averiguações serão precisos depois de executar.

NBR 15116 – Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em Pavimentação e Preparo de Concreto sem Função Estrutural – Requisitos.

A norma faz o estabelecimento das requisições para a utilização de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. (SEBRAE, 2017). Os agregados reciclados de que a norma trata se destinam:

- a obras para pavimentar vias (camada de reforço de subleito, sub-base e base de pavimentação ou revestimento primário de vias não pavimentadas) e

- preparar concreto sem utilização na estrutura.

Estabelece ainda:

- requisições gerais e específicas para agregado reciclado que tem como destino a preparação de concreto sem utilização na estrutura; e

- controlar a qualidade e caracterizar o agregado reciclado.

A NBR 15116 contempla em seus anexos instruções de como fazer para determinação da composição dos agregados maiores vindos da reciclagem por meio de analisar visualmente e para determinar o percentual de materiais não-minerais dos agregados reciclados pequenos por líquidos densos.

IV.2 IMPACTOS AMBIENTAIS E ECONOMICOS DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO

O entulho de construção reciclado pode substituir em grande parte os agregados naturais empregados na produção de concreto, blocos e base de pavimentação. Os resíduos não reciclados são depositados em aterros sanitários. Estes aterros ocupam espaços cada vez mais valorizados, especialmente aqueles próximos aos grandes centros urbanos. Aterros sanitários concentram resíduos, muitos deles nocivos e significam risco de acidentes ambientais, mesmo que tomadas todas as medidas de técnicas de segurança.

Resíduo reciclado é produtivo e não ocupa espaço em aterros sanitários. Resíduos nocivos podem ser "encapsulados" no processo de reciclagem. A reciclagem pode auxiliar na produção de materiais de menor custo, colaborando na redução do custo das habitações, um dos mais caros e inacessíveis bens que produzimos e da infraestrutura - rodovias, estradas de ferro, barragens, etc.

Nas próximas seções é abordada a importância da reciclagem na construção civil e as principais aplicações dos resíduos de construção civil.

IV.2.1 IMPORTÂNCIA DA RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)

A melhor maneira de reduzir o impacto no ambiente e diminuir o custo na obra - como ainda não é possível eliminar todos os tipos de resíduos - é reciclar e reutilizar os resíduos, já que são os gerados pela construção e demolição, que representam mais de 50% do volume de resíduos sólidos nas cidades. [7]

A reciclagem de RCD tem demonstrado trazer vantagens ao meio ambiente e econômicas e tem mostrado seu aumento por causa da instalação de centros de reciclagem em grandes e médias cidades do Brasil. Empresas tem feito a análise das possibilidades de reciclagem dos rejeitos tendo como parceira a prefeitura ou de forma individual. Existem muitos estudos a respeito da utilização do entulho em centros de pesquisa e universidades.

Independentemente de como serão utilizados os resíduos, existem vantagens no âmbito social, ambiental econômico:

- a) economia para adquirir matéria-prima, substituindo materiais convencionais por resíduos;

- b) diminuição da poluição produzida pelo entulho e das suas consequências negativas, como provocar enchente ou assorear rios e córregos;

- c) preservar as reservas minerais não renováveis;

- d) preservar e diminuir os locais de aterros de inertes, reduzindo os impactos advindos do depósito maciço de RCD;

- e) criar alternativas para as mineradoras, que tem a operação cada vez mais restrita em relação às normas do meio ambiente;

- f) reduzir a utilização de energia e diminuir co2 gerado para produzir e transportar os materiais.

A reutilização dos resíduos e materiais pode ser adotada nos períodos de construção e de demolição de uma obra. Nos dias atuais, o reuso possui importância primordial pelo motivo de que as matérias-primas no mundo estão cada dia mais escassas.

A reutilização de resíduos, elementos e componentes está conectada com o projeto e com as definições que vão nortear para tomar decisões a respeito dos sistemas de construção e tecnologias utilizadas. Na busca de racionalizar de forma mais eficiente, na etapa de projeto é necessário fazer a especificação do material e equipamento que durarão mais e utiliza-los o maior número de vezes possível.

IV.2.2 PRINCIPAIS APLICAÇÕES DE RCC RECICLADOS

As principais aplicações de RCC Reciclados são: [3]

Uso para pavimentar: A forma mais simples de reciclagem de entulhos é em pavimentação. Como brita corrida ou misturado com solo em bases, sub-bases e revestimentos primários de pavimentação. Algumas vantagens dessa aplicação são: a) Menor utilização de tecnologia e com menor custo operacional; b) Utilização de todos os componentes minerais do entulho, sem necessidade de separação; c) Economia de energia na moagem do entulho, por manter a granulometria gráuda; d) Maior utilização de resíduos oriundos de pequenas obras e demolições que não reciclam seus resíduos no próprio canteiro; e) Maior eficiência dos RCD em relação às britas na da adição com solos saprolíticos.

Uso como agregado para o concreto: RCC reciclados podem substituir agregados convencionais que compõem o concreto, o que possibilita a melhoria do desempenho do mesmo pelo baixo consumo de cimento. Porém, muitas das vezes, RCD reciclados são impedidos de serem utilizados sem função estrutural por conterem teores de argamassas, de contaminantes e de materiais pulverulentos, de acordo com estudos feitos na usina de Reciclagem de Santo André. A substituição de 20% de agregados de concreto e ou alvenaria por reciclados, desde que livres de contaminantes e impurezas, não interfere na durabilidade e resistência mecânica do concreto.

Uso como agregado para argamassa: Os reciclados podem ser utilizados em argamassas de assentamento de tijolos e blocos ou revestimentos. As vantagens da utilização de agregados provenientes da reciclagem de RCD podem ser observadas no próprio canteiro de obras, são elas: redução dos custos de transporte, do consumo de cimento e cal e ganho na resistência à compressão do material reciclado em relação às argamassas convencionais.

Uso na produção de material de construção: alguns rejeitos industriais podem ter aplicações na construção civil. Por exemplo: cinza de fundo, cinza volante, escória e resíduos combinados oriundos de incineração de rejeitos sólidos municipais, cinza volante proveniente de termoeletricas, escória de alto-forno, escória de aciaria e magnésio, escória de fosfato, resíduos de chumbo e de zinco proveniente de atividades de mineração, areia industrial é utilizada como material grosso básico e granulados e materiais betuminosos. Alguns rejeitos podem ser utilizados como agregado para cimento com aditivos polimerizados, como cimento composto, adição em concreto, concreto com escória ativada com álcalis e materiais de construção autoclavados, pode ser aplicado em camada de armadura em engenharia hidráulica, pavimentação de estradas, dentre outras funções.

V CONCLUSÃO

Os objetivos da pesquisa foram alcançados de forma foram descritas a geração, classificação, gestão e reciclagem no que concerne os resíduos da construção civil, foram identificados os instrumentos e proposições técnicas, econômicas e legais para o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos e por fim foi realizada uma revisão bibliográfica dos impactos que a geração e tratamento de resíduos da construção civil podem acarretar ao meio ambiente e a economia.

No Brasil, as questões ambientais tomaram relevo a partir dos anos 1980, sobretudo com o advento da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). A partir de então uma série de leis e outros instrumentos normativos passaram a orientar e a disciplinar o uso dos recursos naturais e a proteção ambiental em diversos setores, inclusive o da construção civil.

A percepção pelos Estados e sociedades dos problemas ambientais levou a que começassem a discutir meios de redução, gestão e controle desses riscos, resultando na inclusão do bem ambiental nas constituições e normatizações, que impõe deveres de proteção do meio ambiente e dever de controle e gestão de riscos.

Na Administração Pública brasileira, os impactos ambientais provocados pelo empreendimento são aferidos e levados em consideração, com a profundidade devida, em momento posterior ao planejamento de ações, à realização de estudos específicos e mesmo à formulação dos projetos básicos.

O setor da construção civil “além de ser um dos maiores da economia ele produz os bens de maiores dimensões físicas do planeta, sendo consequentemente o maior consumidor de recursos naturais de qualquer economia” [1]

Todos os setores envolvidos em qualquer fase do processo de construção são responsáveis pela prevenção e redução da quantidade de resíduos gerados de forma que se evitem problemas ambientais futuramente. Dessa forma, é preciso procurar diminuir a geração dos resíduos sólidos na construção civil, sendo este o percurso primordial a ser realizado.

VI AGRADECIMENTOS

Ao coordenador que sempre esteve disponível para me dar suporte.

VII REFERÊNCIAS

[1] John VM. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

[2] BRASIL. **Resolução CONAMA no 307**, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critério e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 03 de set. 2018.

[3] Dias ECM. **Gerenciamento de Resíduos na Construção Civil**. Projeto de Graduação. São Paulo. Universidade Anhembi Morumbi. 2007

[4] ABNT - **Associação Brasileira De Normas Técnicas**. NBR 10004: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

[5] Degani, CM. **Sistemas de Gestão Ambiental em Empresas Construtoras de Edifícios**, 2003. 263 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

[6] BRASIL. **Resolução CONAMA No 448**, de 18 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2o, 4o, 5o, 6o, 8o, 9o, 10 e 11. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jan. 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672>>. Acesso em: 03 de set. 2017.

[7] Pinto, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189f. Tese (Doutorado em Engenharia). Departamento de Engenharia de Construção Civil Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

[8] Castro, CX. **Gestão de Resíduos na Construção Civil**, 2012. 54 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

[9] Karpinsk, LA. et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem**. Porto Alegre: Edipucrs, 2009.

[10] Fonseca, JJS. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

[11] Kirk, J.; Miller, J. **Reliability and validity in qualitative research**. Beverly Hills, Califórnia: Sage, 1986.

[12] Gil, AC. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

[13] CONAMA - **Conselho Nacional Do Meio Ambiente**. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Presidente: Jose Carlos Carvalho. Brasília, 2002.



Feasibility of using the light steel frame system in civil construction works in the city of Manaus-Amazonas

Arliane dos Santos Farias¹, Charles Ribeiro de Brito², David Barbosa de Alencar³, Manoel Henrique Nascimento Reis⁴, Jorge Almeida Brito Junior⁵, Antônio Estanislau Sanches⁶

^{1,2} Centro Universitário do Norte (UNINORTE) - Manaus - AM.

^{3,4,5} Research Department, Education Institute of Technology and Galileo of Amazon (ITEGAM)

⁶ Coordenação tecnológica de Agrimensura da Universidade do Estado do Amazonas – EST/UEA. Manaus-AM, Brasil.

Email: arlianesantos.t@gmail.com, charles.brito@uninorte.com.br, david002870@hotmail.com, hreys@itegam.com.br, jorge.brito@itegam.com.br, novo.sanches@gmail.com,

Received: October 06th, 2018

Accepted: November 12th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

A civil construction has sought the most efficient building systems and Light Steel Frame (LSF) system. The LSF is a constructive system of rational industrial and industrial, which uses light profiles of cold-formed galvanized steel with closures in thin sheets. However, the LSF system still presents market barriers in Brazil, since the use of this system requires an industry that provides necessary material and skilled labor. In this sense, the objective is to evaluate the feasibility of using the Light Steel Frame system in the construction of the city of Manaus, Amazonas. For this, a methodology of bibliographic review was used without research of this research. In considering the characteristics of the city of Manaus, evidently the same as that which is important to implement the LSF system in the construction industry, once Manaus is a city with industrial functionality capable of implementing a new industrial system such as the LSF, being necessary to qualify the and install factories that produce LSF system components.

Keywords: light steel frame, construction system, Manaus.

Viabilidade do uso do sistema light steel frame em obras de construção civil na cidade de Manaus-Amazonas

RESUMO

A construção civil tem buscado sistemas mais eficientes de construção e o sistema Light Steel Frame (LSF) tem ganhado espaço no mercado de construção nacional como solução eficiente. O LSF é um sistema construtivo de concepção racional e industrial, que utiliza-se de perfis leves de aço galvanizado conformados a frio com fechamentos em chapas delgadas. No entanto, o sistema LSF ainda enfrenta barreiras mercadológicas no Brasil, uma vez que o uso deste sistema necessita de uma indústria que forneça material necessário e mão de obra qualificada. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade do uso do sistema Light Steel Frame na construção civil da cidade de Manaus, Amazonas. Para tanto, utilizou-se de uma metodologia de revisão bibliográfica no desenvolvimento desta pesquisa. Ao considerar as atuais características da cidade de Manaus, evidenciou-se que a mesma possui grande potencial para implementar o sistema LSF na indústria da construção civil, uma vez Manaus é uma cidade de característica industrial capaz de efetivar um novo sistema industrial como o LSF, sendo necessário qualificar a mão de obra e instalar fábricas que produzam componentes construtivos do sistema LSF.

Palavras-chave: Light Steel Frame, Sistema Construtivo, Manaus

I INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil tem buscado sistemas mais eficientes de construção no intuito de aumentar a produtividade, diminuir o desperdício e atender a uma demanda crescente. Entre as opções, o sistema estrutural de aço tem se destacado.

O sistema estrutural de aço tem sido cada vez mais empregado por projetistas que buscam por inovação tecnológica. Tal que nos últimos anos, o emprego de estrutura de aço na construção civil tornou-se uma alternativa tecnológica padrão nos projetos brasileiros. Estruturas metálicas têm sido utilizadas desde para construção de superestruturas, como pontes, até para construção de edifícios e residências. O emprego de estruturas metálicas, combinadas com a eficiência dos processos de construção gerou uma série de vantagens, que inclui a conclusão mais precisa e mais rápida do projeto.

Entre as soluções construtivas em estrutura metálica, as que utilizam perfis de aço formados a frio como elemento estrutural, o sistema Light Steel Frame (LSF) tem ganhado espaço no mercado de construção nacional por se utilizar de uma estrutura metálica bastante leve e econômica. O LSF é um sistema construtivo de concepção racional caracterizado pelo uso de perfis leves de aço galvanizado conformados a frio com fechamentos em chapas delgadas e por subsistemas que proporcionam uma construção industrializada e a seco.

O uso do LSF apresenta uma infinidade de vantagens, como elevada resistência, baixo peso (tanto da estrutura como dos demais componentes), exatidão dimensional e resistência ao ataque de pragas. Bem como também, quase todos os componentes utilizados são recicláveis, o que influencia para a sustentabilidade da construção [1].

Ressalata-se ainda que a adoção do LSF como sistema construtivo reflete em melhores condições para o gerenciamento de insumos e de operações no canteiro de obra, tal que promove redução no consumo de mão de obra, menor quantitativo na geração de resíduos de construção civil, menor quantitativo de consumo de água e redução do prazo de construção, quando comparada com o sistema construtivo convencional [2].

O LSF apresenta-se do ponto de vista técnico bastante vantajoso, entretanto, comercialmente, ainda enfrenta barreiras no Brasil. Uma vez que o uso do sistema Light Steel Frame requer uma indústria que forneça material necessário e mão de obra qualificada.

Embora o LSF se mostre tecnicamente viável, é preciso realizar estudos mercadológicos para implementação do sistema como alternativa competitiva e de agregação de valor, tal que seja economicamente viáveis e compatíveis com os condicionantes regionais [3].

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade do uso do sistema Light Steel Frame na construção civil da cidade de Manaus, Amazonas. Para tanto, avalia-se dois aspectos: disponibilidade de materiais e mão de obra qualificada.

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Sistema Light Steel Framing (LSF). O termo Light Steel Framing (LSF) é devido da união das seguintes conceitos básicos: i) Frame: faz referência ao esqueleto estrutural projetado para dar forma e suportar a edificação, sendo constituído por elementos leves (os perfis formados a frio); e ii) Framing: processo pelo qual se unem e vinculam os perfis da estrutura. Na literatura internacional encontram-se geralmente duas expressões: Light

Steel Framing House na Europa e Residencial Cold-Formed Steel Framing nos Estados Unidos), ambas referem-se às edificações residenciais construídas com painéis estruturados sobre perfis de aço com revestimento metálico galvanizados por imersão a quente [4].

Ressalta-se que o sistema LSF não se limita apenas a sua estrutura em perfil de aço galvanizado. Trata-se de um sistema construtivo composto por vários componentes e subsistemas, que são, além do estrutural, de fundação, de isolamento, de fechamento interno e externo, e instalações elétricas e hidráulicas [5].

O sistema LSF possui grande flexibilidade e versatilidade no projeto arquitetônico, e conseqüentemente as aplicações do sistema são bastante variadas podendo ser aplicada para construção de residências unifamiliares, edifícios residenciais e comerciais até quatro pavimentos, hotéis, hospitais, clínicas, estabelecimentos de ensino e até unidades modulares.

Atualmente o LSF possui grande versatilidade, adaptável a qualquer projeto arquitetônico. Um exemplo de utilização do Sistema LSF é a casa flutuante construídos em Manaus, AM, em setembro de 2015, conforme mostra as figuras 1 e 2. Trata-se de um casa flutuante cuja estrutura pode ser montada em balsas, cascos de barcos e navios, sendo que a concepção e desenvolvimento dos projetos foi coordenado pela empresa Planalto Industrial localizada no Polo Industrial de Manaus, Amazonas.



Figura 1: Estrutura metálica em perfil de aço galvanizado da casa flutuante construída pelo sistema Light Steel Frame. Fonte: Planalto Industrial Ltda. Fonte: Autores, (2018).



Figura 2: Casa flutuante construída pelo sistema Light Steel Frame na cidade de Manaus, AM. Fonte: Planalto Industrial Ltda. Fonte: Autores, (2018).

A edificação flutuante é comumente utilizado no Estado do Amazonas, quando feita pelo LSF possui reduzido peso, qualidade superior de acabamento, fácil transporte e rápida montagem, e representa a solução para restaurantes, pousadas e qualquer outro projeto que demande flutuabilidade.

Contexto histórico

A origem do LSF é oriunda do século XIX nos Estados Unidos devido à grande demanda habitacional no período, no qual recorreu a madeira, um material disponível na época. Para construção das habitações foram utilizados conceitos oriundo da revolução industrial como de praticidade, velocidade e produtividade, que foram adaptados às construções habitacionais industrializadas. O método consistia no uso de estrutura constituída por peças de madeira serrada de pequena seção transversal conhecidos por “Ballon Framing” e fechados por peças de madeira, originando o sistema construtivo “Wood Frame” que se tornou a tipologia residencial comum nos Estados Unidos [4].

Em 1950 surgiram as primeiras construções com perfil em aço formado a frio. No entanto, estas possuíam caráter experimental e limitado, até que em 1930 foram feitos catálogos de casas, o que promoveu maior aceitação no mercado, tal que iniciou-se um aumento considerável em sua aplicação, com o surgimento de empresas especializadas no processo [6].

Em 1933 foi lançado na Feira Mundial de Chicago nos Estados Unidos o protótipo de uma residência em Light Steel Framing, utilizando perfis de aço em substituição à madeira. Após a Segunda Guerra Mundial no Japão ocorreu a necessidade de se reconstruir cerca de quatro milhões de casas destruídas pelos bombardeios e para tanto foram feitas construção em perfis formados a frio, o que promoveu o desenvolvimento industrial no país na área da construção [7].

Em 1998 apareceram no Brasil as primeiras construções em LSF, que estrategicamente teve seus primeiros grandes projetos focados na construção residencial de médio e alto padrão. Em 2005 se iniciou as primeiras experiências na utilização do LSF para habitações populares, nos quais foram desenvolvidos estudos patrocinados pela Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais (USIMINAS) em busca de novos mercados para o aço galvanizado [8].

Entretanto, no Brasil o sistema LSF ainda enfrenta algumas dificuldades para se consolidar no mercado da construção civil, principalmente por questões culturais, e conseguinte falta de mão de obra especializada, uma vez que exige projetos bem definidos e compatibilizados, devido à necessidade de precisão por conta de sua característica industrial [9].

Elementos construtivos básicos para o sistema LSF: O sistema construtivo LSF possui como conceito construtivo fundamental o uso de componentes industrializados na construção civil, incorporado a uma metodologia executiva desses componentes que promovem um controle do processo do produto final mais refinado. O volume de aço no sistema é significativo, uma vez que a superestrutura, desde as paredes até a estrutura de telhado, da obra é composta de perfis de aço galvanizado formados a frio [10].

Os demais componentes utilizados pelo sistema LSF é bastante variado, existindo uma variedade grande de produtos e materiais [10], conforme pode ser visto na figura 3, entretanto não é objetivo deste artigo detalhar.

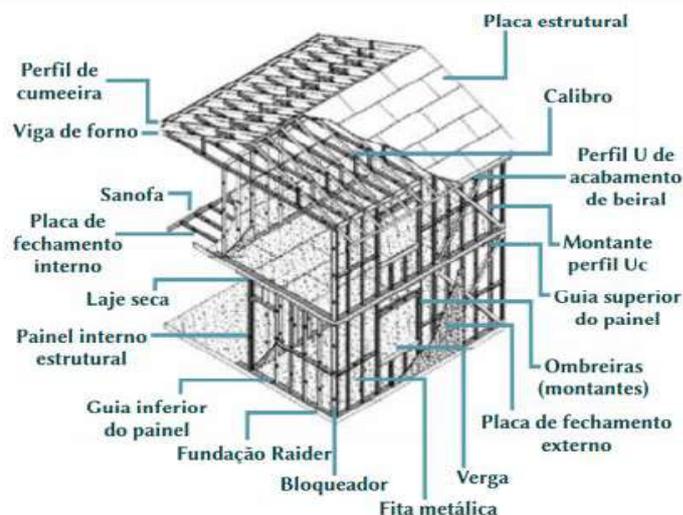


Figura 3: Composição dos elementos construtivos utilizados no sistema Light Steel Frame.

Fonte: [4].

A estrutura básica é composta por perfis formados a frio de aço galvanizado denominados montantes e guias que formam os painéis autoportantes das paredes e estrutura de telhado, constituindo um conjunto monolítico. Para tanto, ainda são utilizados elementos de ligação e fechamento.

As estruturas metálicas utilizado pelo sistema LSF são compostas por duas famílias de elementos estruturais: i) perfis laminados e soldados; e ii) perfis formados a frio. Os perfis estruturais de aço formados a frio são obtidos a partir do dobramento, em prensa dobradeira, ou por perfilagem em conjunto de matrizes rotativas, de tiras de aço cortadas de chapas ou bobinas laminadas a frio ou à quente, revestidas ou não [11].

Todavia o perfil mais comum é o obtido à frio feito por perfiladeira alimentada por bobinas. Este equipamento necessita ser programado e configurado de acordo com o tipo de aço da bobina e o tipo de perfil a ser dobrado e cortado. Assim, a produtividade varia conforme o perfil a ser produzido, que pode já sair identificado conforme o projeto. O programador é responsável por lançar no software do equipamento as informações conforme uma planilha espelho do projeto [12].

A galvanização ou zincagem é um dos processos mais efetivos e econômicos empregados para proteger o aço da corrosão atmosférica. Dessa forma, o aço continua protegido, mesmo com o corte das chapas ou riscos no revestimento de zinco. As seções mais comuns na construção civil são as com formato em “C” ou “U” enrijecido para montantes e vigas e o “U” que é usado como guia na base e no topo dos painéis. As guias geralmente não transmitem nem absorvem os esforços, sendo isto feito pelos montantes, vigas e eventualmente pilares presentes na estrutura [5].

Os elementos de ligação dos perfis devem ser dimensionados de forma que sua resistência de cálculo seja igual ou superior aos máximos esforços solicitantes de cálculo, determinados com base nas combinações de ações para os estados limites últimos.

Os elementos de ligação dos perfis são parafuso metálicos dimensionados de forma que sua resistência de cálculo seja igual ou superior aos máximos esforços solicitantes de cálculo, determinados com base nas combinações de ações para os estados limites últimos [4].

Diversos fatores influenciam na escolha do tipo de componente de ligação ou fixação, sendo eles: i) condições de carregamento; ii) tipo e espessura dos materiais ligados; iii) resistência necessária da conexão; iv) configuração do material; v) disponibilidade de ferramentas e fixações; vi) local de montagem; vii) custo e experiência de mão de obra; e viii) normalização [13].

No Brasil os parafusos usados pelo sistema LSF são geralmente auto-atarraxantes e auto perfurantes, fabricados com pontas do tipo broca e do tipo agulha. Devido à importância das ligações para o funcionamento geral do sistema, cada um tem seu diâmetro, comprimento e tipo de ponta e cabeça recomendados conforme o fabricante [4].

O fechamento refere-se aos elementos fechamento das paredes, o isolamento entre o meio externo e o interno e o limiar entre os cômodos. Entre os tipos de fechamentos utilizados pelo sistema LSF, os mais comuns são: Oriented Strand Board (OSB), plywood, placa cimentícia e argamassa projetada. O OSB é composto por pequenas lascas de madeira, comumente utilizado em tapumes de madeira e é tradicionalmente mais utilizado após receber tratamentos para impermeabilização da madeira e proteção contra cupins [9].

III METODOLOGIA

Neste trabalho foi utilizado a técnicas de pesquisa de documentação indireta, de modo a facilitar a coleta de dados e organizar os arquivos, a maneira que facilite a compreensão por parte dos leitores. Com este propósito foi efetuada uma revisão das publicações na área engenharia civil, construção, orçamento e gestão de obras em periódicos, artigos, revistas, livros disponíveis no ambiente eletrônico.

O referencial da pesquisa bibliográfica, entendida como o ato de indagar e de buscar informações sobre determinado assunto, através de um levantamento realizado em base de dados nacionais e estrangeiros, representa uma pesquisa classificada como exploratória com caráter qualitativo, no qual o foco não é a quantificação, mas a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados, pois o pesquisador considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito que não pode ser quantificável. Não há emprego de métodos e técnicas estatísticas, mas utiliza-se da estatística descritiva para organização das informações.

Nesse sentido o delineamento da pesquisa (um levantamento bibliográfico) foi realizado por meio de busca de artigos e trabalhos científicos sobre o sistema construtivo Light Steel Frame. Por fim, buscou-se relacionar a viabilidade da adoção do LSF na construção civil da cidade de Manaus baseando-se em dois critérios: disponibilidade de materiais e mão de obra qualificada.

IV DISCUSSÃO

IV.1 O SISTEMA LST

No sistema LSF a racionalização e a industrialização são inseparáveis ao processo de execução, cuja racionalização é focada no custo, enquanto que a industrialização foca na padronização e normalização de materiais e processos.

O sistema LSF visa uma produção orientada pelo processo de conversão de entradas (recursos) e uma saída (produtos). No qual, o valor de um produto é associado, em essência, ao custo

dos seus insumos e do processo de transformação (processo produtivo), resultando em esforços de minimização de custos dos processos envolvidos, focados na minimização de cada subprocesso separadamente [3].

Dessa forma, o custo final de uma edificação construída pelo sistema LSF é resultante do custo da matéria prima e matérias utilizados mais o valor agregado devido ao processo de transformação feito pela mão de obra qualificada para tanto.

Em outra perspectiva, é importante ressaltar que para o sistema LSF cumprir com as funções para o qual foi projetado e construído se faz necessário que os subsistemas estejam corretamente inter-relacionados e que os materiais utilizados sejam adequados.

Dessa forma, a inter-relação entre os sistema depende de uma mão de obra técnica especializada, geralmente um engenheiro, para desenvolverem os projetos corretamente, bem como também escolha dos materiais e de mão de obra para execução, que são fundamentais na velocidade de construção e no desempenho do sistema.

IV.2 MATÉRIA PRIMA E MATERIAIS

Em Manaus fica localizado o maior polo industrial da região norte do país, a Zona Franca de Manaus, trata-se de um polo industrial voltado para a atração de fábricas, com o intuito de promover uma maior integração territorial regional e gerar empregos. Portanto, são desenvolvidos e fabricados infinidades de produtos, principalmente de plástico e metal.

Na cidade de Manaus também já possui fábricas instaladas especializadas na fabricação de componentes do sistema LSF, como por exemplo, a empresa Planalto Industrial Ltda que desenvolve desde o projeto, os perfis de aço galvanizado e realiza até a montagem da edificação.

O polo industrial da cidade de Manaus também tem capacidade e infraestrutura para abrigar novas fábricas que produzam os componentes construtivos do sistema LSF, uma vez que as mesmas recebem incentivos fiscais para se instalarem no local.

Dessa forma, algumas fábricas já instaladas no polo industrial de Manaus produzem os componentes construtivos do sistema LSF, bem como produzem com baixo custo, uma vez que recebem incentivos fiscais. Consequentemente as fábricas conseguem disponibilizar estes componentes com preço atrativo para a cidade de Manaus e região, uma vez que ocorre o barateamento dos custos com transporte, já que os componentes não precisam ser importados de outras localidades e se dispõe também de uma logística de distribuição na cidade..

IV.3 MÃO DE OBRA QUALIFICADA

Para construção utilizando-se do sistema LSF é preciso que os profissionais envolvidos na cadeia produtiva possuam aperfeiçoamento técnico, que sejam qualificados para desenvolver o serviço, tanto a nível de projeto quanto a nível de execução.

O projeto de um edifício a ser construído pelo sistema LSF exige muito detalhamento, tal que o projetista leva horas para realizar os estudos e levantamentos do projeto. Assim, em contrapartida exige-se que a mão de obra para execução esteja preparada para interpretar o projeto e os detalhamentos, bem como lidar com materiais, ferramentas e técnicas adequadas de execução.

A maioria dos problemas e dos custos de construção são decorrentes de erros no projeto e no planejamento, bem como da falta de uma concepção sistêmica do processo de produção. Para tanto, a concepção do projeto em LSF deve ser racionalizada por um profissional de engenharia qualificado, de modo que inicie a racionalização desde a concepção do projeto, pelo uso de coordenação modular, passando pela compatibilização entre subsistemas, até chegar nos projetos de produção [14].

A mão de obra não-qualificada para execução do serviço promove uma baixa produtividade, que conseqüente torna a obra onerosa e morosa. Enquanto que uma mão de obra qualificada promove um aumento da produtividade. Entretanto para atrair trabalhadores qualificados é indispensável a redução da informalidade no setor da construção civil e mudanças na base tecnológica. Tal que a qualificação da mão de obra vai desde a educação básica dos trabalhadores até o treinamento sobre os materiais, equipamentos, processos de produção, montagem, qualidade e produtividade.

Neste sentido, o sistema exige três níveis de mão de obra qualificada, uma para o desenvolvimento do projeto, outra para execução e montagem, e a última para realizar os serviços de manutenção e conservação.

A cidade de Manaus já possui histórico de processo de industrialização, devido ao desenvolvimento industrial da Zona Franca de Manaus. Neste sentido, o treinamento da mão de obra para desenvolver o sistema LSF pode ser rapidamente desenvolvido, uma vez que a população local já tem familiaridade com processos industriais e intimidade com treinamentos para nível de indústria, só que dessa vez será direcionada à indústria da construção civil.

V CONCLUSÃO

Este artigo avaliou a viabilidade do uso do sistema Light Steel Frame na construção civil da cidade de Manaus, Amazonas. Considerando as atuais características da cidade, fica evidente que a mesma possui grande potencial para implementar o sistema LSF na indústria da construção civil. Logo, é necessário conscientizar a população sobre as vantagens do sistema LSF, para que a população possa vim se beneficiar do sistema LSF na construção de residências, restaurantes, hospitais e edificações comerciais em geral. Observa-se que os componentes construtivos do sistema LSF já são produzidos na Zona Franca de Manaus e também existem empresas especializadas no sistema LSF instaladas na cidade. Observa-se ainda que o polo industrial da cidade de Manaus tem capacidade e infraestrutura para abrigar novas fábricas que produzam os componentes construtivos do sistema LSF, bem como recebem incentivos fiscais para se instalarem no local. Em relação a qualificação de mão de obra, vale destacar que Manaus possui um grande contingente de profissionais de engenharia capazes de se aperfeiçoarem para desenvolverem os projetos de edificações a serem construídas pelo sistema LSF. Quanto a mão de obra para execução, montagem, manutenção e conservação é necessário qualificar. Em relação à estas limitações, não representa uma barreira para viabilidade do uso do sistema Light Steel Frame na construção civil da cidade de Manaus, pois a cidade possui histórico de processo de industrialização, e o treinamento da mão de obra para desenvolver o sistema LSF pode ser rapidamente desenvolvido, uma vez que a população local já tem familiaridade com processos industriais e intimidade com treinamentos a nível de indústria. Dadas essas

perspectivas, pode-se verificar que ainda há muito a fazer para tornar viável o uso do sistema LSF na construção civil de Manaus, principalmente devido a falta de mão de obra qualificada. Entretanto, a cidade possui potencialidade para implementar o sistema LSF, uma vez que é uma cidade de característica industrial capaz de efetivar um novo sistema industrial, o sistema LSF na construção civil.

Como um passo posterior a este trabalho, recomenda-se quantificar a produção industrial de componentes construtivos do sistema LSF na cidade de Manaus e avaliar aspectos limitantes do uso do sistema LSF na cidade de Manaus, a fim de desenvolver perspectivas para implementação do sistema LSF na região.

VII REFERÊNCIAS

- [1] Gorgolewski, Mark. **Developing a simplified method of calculating U-values in light steel framing. Building and Environment**, v. 42, n. 1, p. 230-236, 2007.
- [2] Olivieri, Hylton et al. **A utilização de novos sistemas construtivos para a redução no uso de insumos nos canteiros de obras: Light Steel Framing. Ambiente Construído**, v. 17, n. 4, p. 45-60, 2017.
- [3] Milan, Gabriel Sperandio; NOVELLO, Roger Vagner; REIS, Zaida Cristiane. **A viabilidade do sistema light steel frame para construções residenciais. Revista Gestão Industrial**, v. 7, n. 1, 2011.
- [4] Rodrigues, F. C. **Steel Framing: Engenharia - Manual de Construção em Aço**. Rio de Janeiro, CBCA, 2006.
- [5] Crasto, Renata C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light steel framing**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.
- [6] Allen, Don. History of cold formed steel. **Structure Magazine**, p. 28-32, 2006.
- [7] Freitas, A. M. S, Crasto, R. C. M. **Steel Framing: Arquitetura - Manual de Construção em Aço**. Rio de Janeiro: CBCA, 2006
- [8] Lacerda, Juliana F. S. B.; Gomes, Jefferson O. Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil: análise do estado da arte. **Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, v. 7, n. 2, p. 167-186, 2014.
- [9] Coelho, André S. R. **Light Steel Frame - Recomendações de projeto, processo construtivo e detalhes orçamentários**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Brasília, 2014.
- [10] Penna, Fernando C. F. **Análise da viabilidade econômica do sistema Light Steel Framing na execução de habitações de interesse social: Uma abordagem pragmática**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações:** Requisitos Gerais: NBR 15253. Rio de Janeiro, 2005.

[12] Lima, Rondinely F. **Técnicas, métodos e processos de projeto e construção do sistema construtivo Light Steel Frame.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

[13] Elhajj, N. **Fastening of light frame steel housing: and international perspective.** Upper Marlboro: National Association of Home Builders (NAHB), 2004.

[14] Mcleod, Virginia. **Detalhes construtivos da arquitetura residencial contemporânea.** Porto Alegre: Bookman, 2009.



A proposal for sustainable surface drainage on hard floors

Antônio Ferreira da Silva¹, Suzana da Silva de Oliveira Martins², Charles Ribeiro de Brito³, David Barbosa de Alencar⁴, Manoel Henrique Nascimento Reis⁵, Jorge Almeida Brito Junior⁶

^{1,2,3} Centro Universitário do Norte (UNINORTE) - Manaus –AM.

^{4,6} Research Department, Education Institute of Technology and Galileo of Amazon (ITEGAM).

Email's: antonioferreira868672@gmail.com, stay_suzy@yahoo.com.br, charles.brito@uninorte.com.br, david002870@hotmail.com, hreys@itegam.com.br, jorge.brito@itegam.com.br

Received: October 13th, 2018

ABSTRACT

Accepted: November 14th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The Brazilian population, during the wetter periods, has faced great difficulties of locomotion in the urban roads due to the accumulation of water on the surface, considering that the areas of natural infiltration (soil) are being increasingly scarce through a process called soil sealing. This is due also through the intense process of urbanization, particularly in the formation of metropolitan regions, have been generated many problems of urban infrastructure, especially in relation to drain rainwater. The volume of water collected by the urban drainage network is dropped directly into rivers and streams, causing the water table decrease considerably. A solution is found the addition of thinning in the gutters so that there is a decrease in the flow sluice gates, and also that increase the permeability or renaturation. The new system adopted will solve the problem of waterproofing of urban roads, since it will have the function of collecting the waters coming from the surface runoff and throwing directly to the ground, making a balance in a sustainable way.

Keywords: Renaturalization, permeability and flow.

Uma proposta para drenagem Superficial Sustentável em pavimentos rígidos

RESUMO

A população Brasileira, nos períodos mais chuvosos, tem enfrentado grandes dificuldades de locomoção nas vias urbanas devido ao acúmulo de água na superfície, tendo em vista que as áreas de infiltração natural (solo) estão sendo cada dia mais escassos através de um processo chamado de impermeabilização do solo. Isso se deve também, através do intenso processo de urbanização, principalmente na formação de regiões metropolitanas, têm-se gerado muitos problemas de infraestrutura urbana, especialmente em relação à drenagem de águas pluviais. O volume de água coletado pela rede de drenagem urbana é descartado diretamente nos rios e igarapés, fazendo com que os lençóis freáticos diminuam consideravelmente. Uma solução encontrada é a adição poços de infiltração por meio de ralos nas sarjetas fazendo com que haja diminuição da vazão nas bocas de lobo e, também, com que aumente a permeabilidade ou renaturalização. O novo sistema adotado trará proposta para o problema de impermeabilização das vias urbanas, pois o mesmo terá a função de coletar as águas advindas do escoamento superficial e lançar diretamente ao solo, fazendo com que haja um equilíbrio de forma sustentável.

Palavras Chaves: Renaturalização, Poços de Infiltração, Permeabilidade e Escoamento.

I INTRODUÇÃO

Os sistemas de escoamento de águas pluviais urbanas no Brasil apresentam constantes problemas. Um dos fatores que contribuem para esse problema é o aumento da urbanização junto com a falta de planejamento. Surge a necessidade do

planejamento urbano relacionado à drenagem urbana, com enfoque às alterações que o meio sofre em decorrência do uso inadequado do solo. Grande parte das cidades brasileiras não possui normas de fiscalização referente à drenagem urbana. Pois segundo [1], o Plano Diretor Urbano existe para que cada

município introduza o uso do solo e as legislações ambientais, mas dificilmente aborda a drenagem urbana.

Esse trabalho propõe uma alternativa sustentável para devolver à natureza as águas coletadas dos escoamentos superficiais, por meio de poços de infiltração e ralos de drenagens até o lençol freático, trazendo a vida e a renaturalidade do mesmo.

II FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

II.1 DRENAGEM URBANA

É um procedimento que tem como objetivo escoar as águas de terrenos encharcados, através de tubos, túneis, canais, valas e fossos, sendo factível recorrer a motores como auxílio ao escoamento. Estes canais podem ser naturais, como rios e córregos, ou podem ser artificiais como os de concreto armado ou simples ou até mesmo de gabiões.

Para [1], “drenagem é um complexo de medida que tem por finalidade diminuir o agravo causado pelas inundações, proteger a população e propiciar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, ágil e sustentável. “Poder-se-á dizer que todo curso de água tem enchente. Quando inundada é porque a urbanização falhou.” [2].

II.2 DRENAGEM SUSTENTÁVEL

De acordo com [3], a drenagem sustentável tenta reproduzir os processos que ocorriam antes da impermeabilização e do desmatamento, como a infiltração da água no solo e/ou armazenamento temporário, através de novas estruturas de drenagem, chamadas de não convencionais.

II.3 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

São compostos por duas camadas de agregados (uma agregado fino ou médio e outra de agregado graúdo) mais a camada do pavimento permeável propriamente dito. Para [4], sob as seguintes condições, a disposição de águas pluviais por infiltração não é recomendada:

- Profundidade do lençol freático no período chuvoso menor que 1,20 m, abaixo da superfície infiltrante;
- Camada impermeável a 1,20 m ou menos da superfície infiltrante;
- Essa superfície está preenchida (ao menos que este preenchimento seja de areia ou cascalho limpo).

II.4 SISTEMAS DE DRENAGEM

O funcionamento de um sistema de drenagem segundo [5]. As águas que escoam superficialmente pelas ruas são captadas por canaletas laterais chamadas de sarjetas. Segundo [6], para interceptar as águas que escoam pelas sarjetas e conduzi-las à tubulação pluvial, empregam-se as bocas de lobo. A sua utilização objetiva evitar o escoamento em cruzamentos de rua, então chamadas de pontos baixos, e evitar o aumento do escoamento acima da capacidade da sarjeta, aí chamadas de intermediárias. As águas captadas pela drenagem pluvial e pelas bocas de lobo são conduzidas a tubulação. As tubulações conduzem as saídas, que podem ser em galerias, podendo ter diversas formas, ou a canais a céu aberto, conhecidos como emissários.

III MATERIAIS E MÉTODOS

III.1 LOCAL PROPOSTO DE APLICAÇÃO

Inicialmente a proposta é a aplicação é em um condomínio residencial horizontal, devido a manutenção do sistema podem ser

feitas de forma mais eficiente e a quantidade de lixo são menores. A proposta é a aplicação desse sistema em baseado na técnica poço de infiltração que segundo [7], os poços de infiltração, são dispositivos instalados localmente cuja finalidade principal é infiltrar parte do escoamento superficial proveniente das águas de chuva.

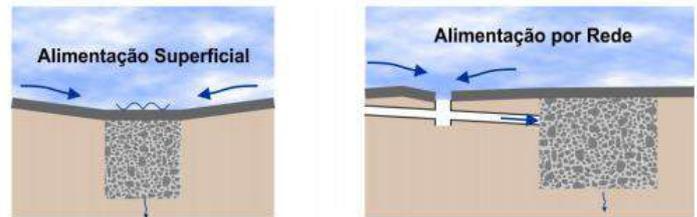


Figura 1: Poços de infiltração.
Fonte: [7].

III.2 SISTEMA DE PERMEABILIZAÇÃO

O sistema de permeabilização proposto, foi através de camadas de pedra brita, para [5], Pavimento Permeável é um dispositivo de infiltração onde o escoamento superficial é desviado através de uma superfície permeável para dentro de um reservatório de pedras localizado sob a superfície do terreno [4]. Segundo [8], os pavimentos permeáveis são compostos por duas camadas de agregados (uma agregado fino ou médio e outra de agregado graúdo) mais a camada do pavimento permeável propriamente dito. Este sistema foi proposto em uma base estruturada em Elemento de fundação superficial comum a vários pilares, cujos centros, em planta, estejam situados no mesmo alinhamento.

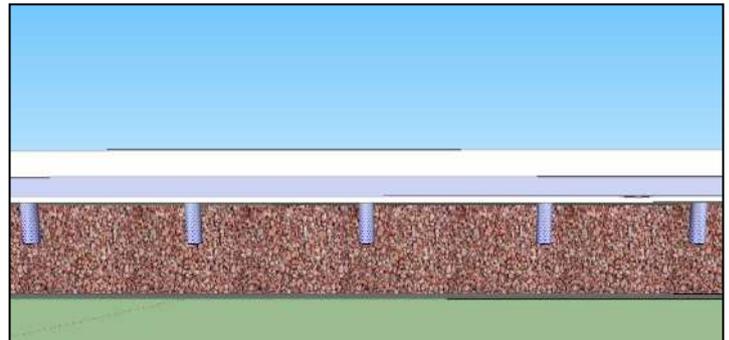


Figura 2: Fundação da sarjeta em brita 2
Fonte: Autores, (2018).

Nesse caso, a viga é constituída somente de pedra brita, pois à mesma não terá função estrutural, não estará sujeita a solicitação de cargas, nem existirá presença de pilares ou algo do tipo, e sim, apenas de fazer com que a água escoe através de seus vazios diminuindo o fluxo lançado diretamente ao solo, evitando erosões. Uma estrutura de proteção, construída em concreto armado, no sentido longitudinal à sarjeta (dupla com largura de 0,60 m na parte de fundação), dará resistência e segurança.

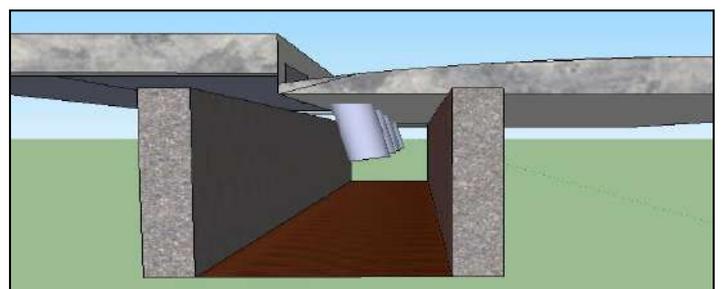


Figura 3: Estrutura de proteção em concreto
Fonte: Autores, (2018).

Segundo [7], um dos grandes inconvenientes dos poços de infiltração é a tendência de colmatação devido as partículas em suspensão carregadas pelas águas da chuva. Na ocorrência do entupimento da estrutura, o material drenante deve ser removido e substituído [4]. Para reduzir a colmatação, foi proposto a utilização de ralos para drenagem superficial, conforme figura 3.

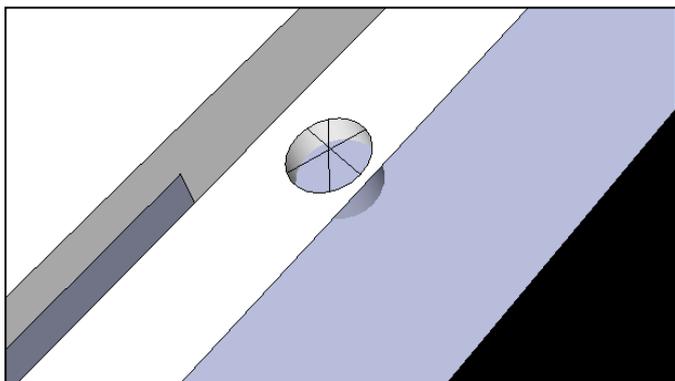


Figura 4: Dispositivos de drenagem superficial
Fonte: Autores, (2018).

Dispositivos de drenagem superficiais devem ser de material não corrosivo (PVC) para que não haja desgaste físico do mesmo, a fim de fazer com que tenha uma durabilidade maior, diminuindo também seu custo com manutenção e evitando a contaminação dos lençóis freáticos, em caso de outros materiais, como por exemplo: tubos e ralos de ferros e etc.

IV RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através desse sistema de drenagem superficial, pode-se observar que, com o auxílio do agregado, empregado na base da sarjeta, há um aumento natural de absorção de água pelas camadas inferiores do solo que ficam abaixo de todo pavimento. Essa água, que antes escoava direto para os rios e igarapés, agora terá grande porcentagem coletada pelos ralos e lançadas ao solo de forma natural, fazendo com que a sustentabilidade seja alcançada de forma simples. É claro que, para resolver o problema de drenagem nas cidades, é preciso que sejam desenvolvidas ações que englobem o poder público, a iniciativa privada e a população, principalmente utilizando a educação e conscientização dos habitantes para que se garanta a qualidade de vida, a preservação e conservação do meio ambiente, prevendo o desenvolvimento para gerações futuras, garantindo saúde e renaturalidade.

É bastante claro que o principal enfoque da drenagem superficial é evitar os processos erosivos do solo, atenuar, e se possível, evitar as enchentes e o processo de perda das capacidades dos mananciais. A drenagem sustentável baseia-se basicamente em três tipos de ações:

- Evitar desmatamento, erosões e assoreamento dos rios e lagos;
- Gestão urbana - a drenagem urbana sustentável deve fazer parte do Plano Diretor da cidade;
- Manutenção dos recursos hídricos e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas (lençóis freáticos).

O custo financeiro de obra como essa certamente será maior, porém, quando o assunto é sustentabilidade deve haver planos governamentais para a criação desses novos recursos e mantê-los sem que haja prejuízo às gerações futuras, conforme prevê [9], referente à Política Nacional de Recursos Hídricos. Grande vantagem será adquirida nesse processo, pois a vazão nas

bocas de lobo diminuirá de forma brusca, fazendo com que limpezas e manutenções sejam feitas com maior facilidade em épocas de chuvas.

V REFERÊNCIAS

- [1] Tucci, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana-Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**.Volume 7 n.1 Jan/Mar 2002, 5-27.
- [2] Botelho, M. H. C. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.
- [3] Canholi, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005
- [4] Urbonas, Bem & Stahre, Peter – **Stormwater – Best management practices and detention for water quality, drainage, and CSO management** – PTR Prentice Hall, Inc., 1993.
- [5] De Araújo, Paulo Roberto; Tucci, Carlos EM; Goldenfum, Joel A. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial**. Braz. J. Water Resour, v. 5, n. 3, p. 21-29, 2000.
- [6] Orzenn, Henrique Mateus Merlin. **Estudo do sistema de drenagem urbana localizado no cruzamento da Rua Araruna com a Av. Perimetral Tancredo de Almeida Neves**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- [7] Pinto, Liliane Lopes Costa Alves. **O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- [8] Schueller, T. 1987. Controlling Urban Runoff : A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs.
- [9] **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 - Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 20 set. 2018.

An analysis of the new concept of asphalt mass of bituminous concrete machined to the hot with cold storage – HRBC

Cinthy Batista de Salles¹, Renan Diego Amanajas Lima da Silva²

^{1,2} Centro Universitário do Norte (UNINORTE) – Manaus – AM.

Email: cinthya.salles189@gmail.com, renan.amanajas@gmail.com

ABSTRACT

There are several bituminous mixtures with different functions for the application of asphalt as well as other types of asphalt paving as well. The type of Asphalt that we are researching, technically speaking, is known as HRBC - Hot-Rolled Bituminous Concrete, which is a kind of high-quality flexible coating resulting from the hot, fine aggregate mixing of fine and fine bituminous aggregates and bituminous binder, consisting of a mixture of products suitably provided. Probably, today most of the companies in the field of paving do not take into account important variables such as: humidity, weight, speed, pressure, temperature, thus masking the actual data of productivity and quality of the final product. Finally, it is possible to conclude that the continuous control of the production of bituminous concrete machined in cold packaged and cold-processed products will contribute directly to the good quality of the HRBC asphalt mass and to the good results of its application involving stability, flexibility, strength and practicality, thus providing benefits to society, as it presents viability and greater durability in the recovery, paving of the roads and operations cover holes, considering the speed in the liberation of the traffic and others.

Keywords: Instrumentation, Asphalt plants, HRBC.

Uma análise sobre o novo conceito de massa asfáltica de concreto betumoso usinado à quente com armazenamento a frio - CBUQ

RESUMO

Existem várias misturas betuminosas com funções diferentes para a aplicação de Asfalto, bem como outros tipos de pavimentação asfáltica também. O tipo de Asfalto que pesquisamos, tecnicamente falando, é conhecido como CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado à Quente, que é um tipo de revestimento flexível de alta qualidade, resultante da mistura quente, em usina, de agregado mineral graúdo e fino, e ligante betuminoso, composto por uma mistura de produtos adequadamente proporcionada. Provavelmente, hoje a maioria das empresas do ramo de pavimentação não leva em consideração importante variável como: umidade, peso, velocidade, pressão, temperatura, mascarando assim os reais dados de produtividade e qualidade do produto final. Por fim, é possível concluir que o controle continua da produção do concreto betuminoso usinado a quente, embalado e estocado a frio, irá contribuir diretamente na boa qualidade da massa asfáltica CBUQ e nos bons resultados de sua aplicação envolvendo estabilidade, flexibilidade, resistência e praticidade, com isto proporcionando benefícios à sociedade, por apresentar viabilidade e maior durabilidade na recuperação, pavimentação das vias e operações tapa buracos, considerando a celeridade na liberação do tráfego e outros.

Palavras-chave: Instrumentação; Usinas de asfalto; CBUQ.

I INTRODUÇÃO

Dentro de um projeto de pavimentação, às especificações técnicas para que uma usina de asfalto que fabrica CBUQ. Para

isso, fazem-se necessários diversos estudos que possam garantir a qualidade do produto final. A fábrica deverá cumprir sua função, que neste caso seriam com transdutores que indicariam e monitorariam o processo de usinagem da massa asfáltica,

levando em consideração as variáveis como: umidade, peso, velocidade, pressão, temperatura e qualidade de energia, que são eficazes para que seja alcançada a qualidade do produto final.

O CBUQ é um material da construção civil composto por uma mistura de CAP 50 / 70, areia, pedras britadas e, além de outros materiais eventuais, os chamados aditivos. Quando processado em usinas recebe o nome de CBUQ, e que na sua fabricação requer estudos quanto sua resistência e durabilidade a partir da instrumentação utilizada para análise da proporção entre os materiais que o constituem. A mistura entre os materiais constituintes é chamada de dosagem. Para obtenção de um bom CBUQ de acordo com sua finalidade, devem ser efetuadas com perfeição as operações básicas de produção do material, que influem qualidade das propriedades utilizados da composição dos asfaltos.

Neste trabalho, os instrumentos de controle serão utilizados na usina de asfalto para minimizar as variáveis do processo, bem como o funcionamento de cada um a partir de uma análise observatória na usina Asfaltare, localizada na cidade de Iranduba, após será analisado o processo de fabricação de asfalto.

O objetivo da análise é demonstrar a importância e o funcionamento do CBUQ produzido pela usina Asfaltare, para minimizar e controlar as prováveis irregularidades dentro do processo de usinagem do CBUQ. Também será analisado o problema da umidade no processo de usinagem, considerando que se na medição a umidade não for controlada, os resultados impactarão na qualidade da pavimentação.

Serão abordadas as características de cada material como do CBUQ, bem como a instrumentação em Usinas de Asfalto, Especificação e Meios de Produção Massa Asfáltica, equipamento utilizados na execução, tempo de cura para liberação do tráfego, benefícios na utilização do CBUQ.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: Primeiramente, abordaremos a origem do asfalto, posteriormente conceitos, especificação e processamento da massa asfáltica instantânea ensacadas em sacos de 25 kg estocável por 20 meses para aplicação a frio, iremos relatar também sobre a aplicação técnicas de aplicação do concreto betuminoso usinado a quente e estocado a frio, em operação tapa-buracos na rua Visconde de Camaragibe, Bairro Flores, Manaus - Amazonas e por fim, faremos uma análise sobre o benefício na utilização de CBUQ embalado, estocado e aplicado a frio.

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A deterioração das pavimentações está relacionada a várias patologias, dentre elas: deformações constantes excessivas de veículos, fendas de fadiga e de contração térmica e desagregação. Enquanto as duas primeiras provavelmente são provocadas pelo tráfego frequente e a estrutura da pavimentação, as duas últimas estão relacionadas às características e qualidade dos materiais utilizados e as condições climáticas de cada região [1].

Considerando o crescimento do custo dos materiais utilizados na produção do CBUQ, dentre eles os provindos de petróleo, bem como a diminuição dos recursos naturais, aliado a preocupação na preservação do meio ambiente, observando ainda as limitações impostas na construção e manutenção de pavimentos, é indispensável que se procure novas alternativas e estudo na busca de materiais que apresentem melhor desempenho e eficiência, com redução de custos.

Entre as grandes preocupações dos atuais estudos dos técnicos e gestores públicos, estão relacionadas a diminuição dos recursos financeiros, a redução dos impactos ambientais e mobilidade viária e urbana.

Atualmente o grande desafio é administrar a falta de recursos financeiros e ambientais, ajustada com a processo crescente do tráfego de veículos leves e pesados combinado à viabilidade e praticidade propriedades tecnológicas, reológicas e hidráulicas dos recursos disponíveis. Sendo necessário também fazer gestão junto as constantes mudanças nas políticas rodoviárias, assim como a escassez de informações relacionadas aos diversos serviços executados.

Visando minimizar os gastos substanciais com repetidas manutenções e reconstruções precoces dos pavimentos, a Usina Asfaltare, buscou tecnologia e dispôs de equipamentos de laboratório que permitiram um melhor desenvolvimento dos materiais agregados e de métodos de processo de produção do CBUQ e tem buscado várias soluções para o prolongamento durabilidade dos pavimentos asfálticos, uma delas é a qualidade dos agregados nas misturas, que aumentam a resistência à fadiga, a degradação e reduzem as deformações permanentes dos pavimentos.

Outro fator importante da massa asfáltica de concreto betuminoso usinado à quente com armazenamento a frio, está relacionado à praticidade de armazenagem e estoque do produto final, considerando ainda a eficácia do transporte da massa asfáltica com um percentual mínimo de eventuais prejuízos e desprezos do produto final, provocados por chuvas ou pelo tempo duração da transportação da massa asfáltica ao destino da aplicação.

Diante da necessidade de manutenção e restauração das rodovias desgastadas, aprimorar as técnicas de produção do CBUQ a partir de vários ensaios em laboratórios chegando-se a eficiência de embalar, estocar e aplicar o CBUQ, minimizando os custos com transporte, perdas de materiais por endurecimento, dentre outros, se tornou essencial para chegar ao produto final.

Desta forma, as técnicas de produção do CBUQ embalado, estocado e aplicado à frio, é mensurada por instrumentação e chegou a eficiência onde o custo benéfico tornou-se viável, considerando a praticidade de se obter um produto de alta qualidade, com baixos índices de desperdícios, uma vez que são embalados em sacos plásticos de 25 kg, com 20 meses de validade de fácil manuseio, com aplicação à frio, dispensando grandes equipes na execução dos serviços de recuperação dos pavimentos ou tapa buracos, sem necessidade de equipamentos de grande porte, podendo ser aplicado em superfícies secas, úmidas ou molhadas, gerando menos resíduos ao meio ambiente, promovendo benefícios à sociedade, estética visual, prolongação da vida útil do local recuperado e liberação do tráfego logo após a conclusão dos serviços, permitindo a diminuição do custo da pavimentação ou recuperação do pavimento.

III MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho em pauta baseia-se na investigação sobre a eficiência da instrumentação na produção de massa asfáltica de concreto betuminoso usinado à quente estocável a frio.

Tal pesquisa se deu através do método de observação participativa, aportada em bibliografias de alguns autores. Foi realizado um levantamento prévio sobre estudos existentes sobre o tema utilizando-se fichamentos, onde foi estabelecido um diálogo reflexivo entre a teoria e a prática, considerando sua importância quanto à investigação proposta.

O trabalho bibliográfico ou de fontes secundárias, trata-se de levantamento de toda a bibliográfica já publicada, em forma de livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escrita.

Desta forma, o estudo foi desenvolvido dentro de uma perspectiva crítico-dialético, buscando explicitar os impactos da questão em foco, onde se procurou o contato direto com o que

foi escrito sobre a produção, mensuração, qualidade e comercialização do produto final pesquisado, permitindo assim, identificar, explorar e conhecer a importância e o impacto da instrumentação na busca da qualidade e durabilidade do produto do tema em destaque.

IV RESULTADO E DISCUSSÕES

IV.1 TIPOS DE BRITA

Brita é um produto mineral resultante da fragmentação de diversos tipos de rochas, como basalto, granito, calcário e gnaiss. Segundo [2] Cerca de 85% da brita produzida no Brasil vem de granito/gnaiss, 10% de calcário/dolomito e 5% de basalto/diabásio.

Contanto, utilização de rochas com ausência de minerais desagregados ou em decomposição (micas, feldspato e máficos) devem evitadas. É possível observar no quadro abaixo as principais utilizações dos agregados:

Tabela 1: Relação agregado e utilização.

Agregado	Utilização
Areia Natural e Artificial	Assentamento de bloquetes, tubulações em geral, tanques, emboço, podendo entrar na composição de concreto e asfalto.
Pedrisco / Brita	Confecção de pavimentação asfáltica, lajotas, bloquetes, intertravados, lajes, jateamento de túneis e acabamentos em geral.
Brita 1	Intensivamente na fabricação de concreto, com inúmeras aplicações, como na construção de pontes, edificações e grandes lajes.
Brita 2	Fabricação de concreto que exija maior resistência, principalmente em formas pesadas
Brita 3	Também denominada pedra de lastro utilizada nas ferrovias.
Brita 4	Produto destinado a obras de drenagem, como drenos sépticos e fossas.
Rachão, pedra de mão ou pedra marroada	Fabricação de gabiões, muros de contenção e bases.
Brita graduada	Em base e sub-base, pisos, pátios, galpões e estradas.

Fonte: Adaptado de [3].

Segundo [4], conforme a ABNT NBR 7525 que regulamenta os tamanhos das britas, a norma começaria a classificação da brita 1, com dimensões similares apresentados na Tabela 2:

Tabela 2: Relação numeração x tamanho.

Numeração	Tamanho (mm)
Pó de Pedra	Inferior a 5
Número 0	5 a 10
Número 1	10 a 19
Número 2	19 a 32
Número 3	32 a 50
Número 4	50 a 100
Rachão/ Pedra de Mão	100 a 150
Mataco	Acima de 150
Brita Corrida	Indefinido

Fonte: Adaptado de [4].

IV.2 BREVE HISTÓRICO DO ASFALTO

A história da utilização do asfalto em construção de vias, reporta-se aos anos 2.600 – 2.400 a.c, quando foram construídas

as Pirâmides do Egito. Algumas estradas construídas na antiguidade merecem ser citadas devido a sua importância, na época, não só para o comércio de mercadorias como também para o desenvolvimento das culturas da Índia, China e Ásia, como é o caso da Estrada da Seda e a de Semíramis. Toda a tecnologia destas construções estava baseada na utilização de um material com poder aglutinante, o betume (principal componente dos asfaltos).

Os asfaltos de petróleo são em sua maioria, suspensões coloidais em que a fase dispersa se compõe de hidrocarbonetos de alto peso molecular, denominados de asfaltenos contendo em sua superfície resinas aromáticas que apresentam polaridade, que as mantém em suspensão em uma fase de hidrocarbonetos de menor peso molecular, que formam um meio oleoso, denominado malteno.

IV.2 MÉTODOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

No Brasil, maior parte dos projetos de misturas asfálticas é realizado pela metodologia Marshall. O método foi desenvolvido por na década de 30 por Bruce G. Marshall, do Departamento de Transporte do Estado do Mississippi dos Estados Unidos. Esse método foi idealizado para efeito da determinação da quantidade de ligante que deveria ser usada na composição de mistura betuminosa, destinadas a serviços de pavimentação rodoviária [1]. Segundo [1] durante a segunda guerra a USACE (Corpo de Engenheiros do Exército Americano), carecia de um método simples, prático e eficiente para dosagem de misturas asfálticas a quente, para uso na pavimentação de pistas de aeroportos militares.

Durante a segunda guerra a USACE (Corpo de Engenheiros do Exército Americano), carecia de um método simples, prático e eficiente para dosagem de misturas asfálticas a quente, para uso na pavimentação de pistas de aeroportos militares. A razão determinante dessa necessidade foi o crescente aumento das cargas e das pressões dos pneus impostos pela aviação militar, devido ao desenvolvimento de pesados aviões de bombardeiro [1].

Tendo em vista isto, realizaram uma pesquisa de caráter nacional, para selecionar aparelhos de ensaio simples e de fácil transporte, para serem utilizados em campos. Então o USACE adotou o aparelho e o método de projeto de misturas betuminosas concebido por Bruce Marshall. Este método se limita a misturas betuminosas a quente, utilizando CA de Estudo Laboratorial do Desempenho de Misturas Asfálticas com Diferentes Tipos e Teores de Cal petróleo de penetrações compatíveis com as condições ambientais.

IV.3 MÉTODO SENÇO

O pré-misturado é uma mistura executada a quente, em usina apropriada, de um ou mais agregados minerais e cimento asfalto de petróleo CAP (cimento asfalto do petróleo), espalhado e comprimido a quente. Pode ser utilizado como camada de regularização. Os agregados graúdos devem constituir-se por pedra britada, ou seixo rolado britado, apresentando partículas sãs, limpas e livres de torrões de argila. O agregado miúdo é constituído por areia, pó de pedra ou a mistura de ambos.

Segundo [5], o pré-misturado a quente é aplicado em espessuras que variam de 3 a 10 cm, de camada acabada, essas espessuras definem, numa razão direta, a utilização de agregados mais finos até os mais graúdos. A liberação do tráfego deve ser permitida quando o pré-misturado já estiver atingindo a temperatura ambiente, o que deve ocorrer após seis horas da execução.

IV.4 CONCEITO, CBUQ E CBUQ ESTOCÁVEL A FRIO

IV.4.1 CONCEITO DE CBUQ

O CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente), igualmente denominado como CAUQ (concreto asfáltico usinado a quente) pode ser considerado a mais comum e habitual mistura asfáltica a quente criada no país, e muito utilizada na construção dos revestimentos de pavimentação, incluindo as capas de rolamento e camadas de ligação [6].

Conforme [5] o CAUQ (concreto asfáltico usinado a quente) é determinado como um produto resultante da combinação de agregados minerais misturados a quente e cimento asfáltico de petróleo, posteriormente espalhado e compactado a quente. Por conseguinte, utilizado como camada de regularização ou como revestimento, sendo conhecido como o mais nobre dos revestimentos flexíveis. Refere-se na combinação de mistura de agregado, atendendo rigorosas particularizações, e betume minuciosamente dosado.

IV.4.2 CONCEITO DE CBUQ ESTOCÁVEL

A mistura utilizada como objeto de nossa pesquisa, é feita em usina a quente e embalada a frio, com rigoroso domínio de granulometria, bem como das temperaturas do agregado e o teor do betume, com técnicas desenvolvidas especificamente para ser embalado e estocado, com aplicação e imprimação em temperatura ambiente em superfícies secas, úmidas ou molhadas, sendo mesmo o serviço mais acurado com controle específico e diferentes das misturas tradicionais que compõem as etapas da pavimentação.

Em razão disso, o concreto betuminoso, tem sido favorito para revestimento das autoestradas e das vias expressas por apresentar estabilidade, flexibilidade, durabilidade e praticidade, que resultará diretamente no custo benefício da utilização CBUQ [7].

Desta forma, [5] afirma que o CBUQ é um revestimento flexível, porém sua escolha e uma das melhores alternativas, dependendo da origem dos materiais e natureza dos serviços e dos equipamentos disponíveis para controle de qualidade do produto. Com isto, podemos dizer que o CBUQ, dispõe de propriedades e qualidades tais como: impermeabilidade, adesividade, aglutinante, durabilidade, disponibilizando ainda da possibilidade de ser aplicado em diversas temperaturas, apresentando vantagens considerando custo benefício do produto final.

V RESULTADO E ANÁLISE

V.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO CBUQ, ARMAZENADO A FRIO E SEUS COMPONENTES

No estudo de caso Trata-se de Concreto Betuminoso Usinado a Quente CBUQ (normas DNIT 031/2006-ES e DNER-ES 313/97) em usina de asfalto e não de PMF ou fria, com temperatura do ligante não inferior a 107°C, com granulometria densa tipo faixa "C" (% em massa passando 100% na peneira 3/4, de 80% a 100% na peneira 1/2 e 2% a 10% na 200 com tolerância máxima entre 7% e 2%), dosado em até 6% e não emulsionado, não diluído, obedecendo integralmente a norma para cimento asfáltico de petróleo DNIT 095/2006 – EM, mantendo massa específica do CAP = 1,000 kg/dm³ (decímetro cúbico), com variação máxima e mínima conforme norma DNER-EM 204, ponto de fulgor mínimo de 230°C, mesmo após processo de adição de DOP (DNER-ME 078 e DNER 079) por

compósito químico polimerizado, límpido, de cor marrom escura.

O Concreto Betuminoso Usinado Quente que poderá ficar estocado por até 20 MESES após usinado, sem perder trabalhabilidade, garantindo aplicação fria e em ambientes úmidos, inclusive sob chuva, sem perda de coesão. Garantindo a compactação (porcentagem de vazios entre 3% e 5% DNIT 031/2006) e estabilidade (DNER-ME 043 mínimo de 500Kgf).

O CAP é um material termo sensível cuja utilização deve obedecer a sua curva viscosidade/temperatura. Por esta razão, é necessário muito cuidado com a temperatura de usinagem. Se a temperatura subir excessivamente há um dano as propriedades do CAP, que se oxida precocemente, alterando sua constituição e reduzindo a vida útil do material asfáltico recém produzido, com isto observou-se a importância da instrumentação utilizada para mensurar as propriedades dos agregados da massa asfáltica que devem ser regida por estudos e projetos específicos utilizado para aprimorar a qualidade do produto durante a estocagem e aplicabilidade.

V.2 INSTRUMENTAÇÃO, MEDIÇÃO E CONTROLE EM LABORATÓRIOS

Uma usina de asfalto é um conjunto de equipamentos mecânicos e eletrônicos interconectados de forma a produzir misturas asfálticas. O laboratório de asfalto funciona como local de desenvolvimento e ensaios e que têm por finalidade garantir a qualidade do produto asfáltico. Os métodos utilizados levam em consideração o pedido de compra, controle da usina e lançamento. Todo esse processo de qualidade é desenvolvido para garantir que o produto asfáltico seja resistente a ponto de suportar o desgaste imposto pelo tráfego de automóveis. O processo de laboratório gera ganho em impermeabilidade e melhora as condições de rolamento, especialmente em relação ao conforto e a segurança de quem trafega, além de melhorar o tráfego. Diferentemente das usinas de asfalto convencional, os laboratórios de asfaltos têm como objetivo a mistura asfáltica, por meio de equipamentos mecânicos e eletrônicos interligados. Funcionam com produção variada e princípios e seus componentes, podem ser analisados e ajustados de acordo com a região a ser aplicado. Na Tabela 3, pode-se observar as fases para o processamento da mistura da massa asfáltica.

Tabela 3: Fases para o processamento da mistura da massa asfáltica.

FASES	MATERIAIS PROCESSAMENTO
1ª materiais que constituem a mistura	Pó de pedra, Brita 0, Cap 50/70 e aditivo.
2ª Processo de retirada da amostra	Coleta da mistura para amostra Aplicação da amostra na máquina de solo
3ª Calcula do teor de betume	Pesagem da amostra Mensuração da amostra na instrumentação

Fonte: Autores, (2018)

O cumprimento dessas etapas é imprescindível para o laboratório de instrumentação, a partir da análise com precisão do produto asfáltico e organizar sua produção. A Segregação dos agregados da mistura asfáltica pode ocorrer em algum ponto antes da mistura ser embalada ou durante o processo de manuseio de maneira indevida. Sua causa deve ser corrigida na origem. A segregação pode ser potencializada pela gradação escolhida na dosagem (excesso de agregados graúdos) ou pela diferença de temperatura nos diversos componentes da massa

asfáltica. Se incidir a contaminação com substâncias indesejáveis normalmente devido à má limpeza das caçambas, solos ou pás utilizadas, se verificada em pequena escala pode ser removida, caso contrário a produção deve ser rejeitada.

V.3 OPERAÇÕES BÁSICAS ENVOLVIDAS NA PRODUÇÃO DE MISTURAS ASFÁLTICAS CBUQ, ESTOCAGEM E ARMAZENAMENTO

O alvo da pesquisa foi avaliar os efeitos das operações básicas no processo de misturas asfálticas a quente, a tecnologia utilizada na para estocagem, armazenamento e aplicabilidade, a partir de ensaios para avaliar características de adesividade, qualidade e eficiência. Nesses estudos avaliou-se o fluxograma de produção como eficaz e eficiente, conforme abaixo os pontos relacionados:

- Estocagem e manuseio dos materiais componentes das misturas asfálticas na área da usina;
- Proporcionamento e alimentação dos agregados frios no secador;
- Secagem e aquecimento eficiente dos agregados à temperatura apropriada;
- Controle e coleta de pó e da brita no secador;
- Proporcionamento, alimentação e mistura do ligante asfáltico com os agregados aquecidos;
- Embalagem, pesagem, estocagem, distribuição, manuseio e aplicação das misturas asfálticas produzidas.

As misturas asfálticas produzidas na usina são manuseadas e estocadas em embalagens plástica de 25kg, fechados com a costura de maneira a evitar contaminação e minimizar sua degradação e segregação. Durante a pesquisa, foi observando ainda preocupação e cuidados dos proprietários e empregados, para fins de preservação do meio ambiente, envolvendo desde a produção, a aplicação de agregados, o estoque, embalagem em todo o processo de operação da usina.

V.4 EMBALAGEM E ESTOCAGEM

A figura 1 ensacadeira da marca ENSACA que é utilizada pela Asfaltare, é um equipamento de excelente custo benefício, de confecção simples e robusta, não requer muita manutenção e é largamente aplicado no processo de ensaque da massa asfáltica. Trabalha com, Plástico e Papel, com tamanho de válvulas que variam de 10 a 16. A capacidade da embalagem pode variar de 10 kg a 60 kg, configuráveis através do indicador de pesagem. O equipamento esta configurado com uma série de acessórios que melhora o seu desempenho e eleva sua precisão de pesagem.



Figura 1: Embalagem da massa asfáltica.
Fonte: Autores, (2018).



Figura 2: Estocagem da massa asfáltica
Fonte: Autores, (2018).

Local de armazenamento da massa asfáltica, onde a mesma pode ficar armazenada até 20 meses sem comprometer sua qualidade. Utiliza-se uma empilhadeira para realizar o serviço de transporte.

V.5 TÉCNICAS DE APLICAÇÃO DO CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE E ESTOCADO A FRIO

V.6 TÉCNICAS DE SEGURANÇA PARA A APLICAÇÃO DE MASSA ASFÁLTICA

Durante a elaboração deste estudo, foi possível realizar uma demonstração prática da aplicação de tapa buraco na rua Visconde de Camaragibe, Bairro Flores, Manaus-AM, cujo material foi disponibilizado pela “Asfaltare”, usina onde realizou-se a pesquisa, conforme os registros fotográficos a seguir.

De aplicação rápida, **limpa e dispensa grandes mobilizações** de equipes ou instalações de canteiros de obra, é feita a frio e não exige equipamentos pesados, apenas enxada, ferro de corte, vassourão, pá e compactador manual.

Com o objetivo de proporcionar segurança para a execução da obra foi realizada sinalização provisória, inclusive desvio do tráfego, pelo responsável do serviço que apresentou um plano de sinalização, de acordo com as etapas de execução da obra a ser realizada no trechos com sinalização horizontal e vertical nos locais de desvio de tráfego, bem como a garantia de segurança dos operadores através de Equipamentos Proteção Individual – EPI. Para garantir a correta aplicação das normas de segurança da obra foram adotadas todas as diretrizes definidas pela legislação vigente no país. Os serviços foram iniciados com a implantação prévia da sinalização de segurança, que foi rigorosamente observada e acompanhada pelo responsável de manutenção do Campus, enquanto duraram a realização dos serviços.



Figura 3: EPI'S.
Fonte: Autores, (2018).

V.7 IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL E REMOÇÃO DE PAVIMENTO EXISTENTE

Após identificação, o local selecionado para realização do serviço, foi na rua Visconde de Camaragibe, Bairro Flores, Manaus-AM, que foi devidamente sinalizado com o objetivo de executar uma ação de tapa-buracos em uma área que apresenta de pavimento existente onde apresentarem trincas, buracos superficiais, depressões e ondulações (Figura 4, provavelmente resultado do grande tráfego de carros no local.



Figura 4: Rua Visconde de Camaragibe, Flores, Manaus - AM
Fonte: Autores, (2018).

IV.8.3 CORTES DAS BORDAS DO LOCAL IDENTIFICADO

O pavimento afetado deverá ser cortado com utilização de uma serra de disco ou ferro de cova formando uma figura geométrica quadrada ou retangular, quando se faz necessário, cujas bordas sejam perfeitamente verticais, sem partes soltas. Mas no caso do experimento executado foi escolhido um buraco e/ou panela que é uma cavidade geralmente de forma circular no revestimento asfáltico. O destino do material retirado deverá ser depositado em local indicado pela fiscalização.



Figura 5: Realização de cortes nas bordas do buraco no local identificado
Fonte: Autores, (2018).

V.8 LIMPEZA DO LOCAL E DAS BORDAS CORTADAS

Vale ressaltar que na (figura 6) antes da aplicação da mistura asfáltica, o local foi limpo com vassourão (e/ou compressor de ar), para remover agregados dispersos, pó ou outras substâncias prejudiciais à aplicação. Após a limpeza, não será necessário a aplicação de emulsão asfáltica de petróleo (EAP), nem secar a superfície caso ela esteja molhada ou úmida,

não há tempo de espera de cura, pois o produto é instantâneo e proporciona boa aderência ao concreto asfáltico já existente no local.

Caso a profundidade removida for de 6 a 20 cm, deverá ser realizado um preenchimento da vala com base brita compactada, para evitar utilização do produto em quantidade desnecessária.



Figura 6: limpeza do material Solto
Fonte: Autores, (2018).

V.8 REPOSIÇÃO ASFÁLTICA COM CBUQ

A (figura 7) buraco foi ser reconstituído com matéria betuminosa. A área reparada foi completamente limpa. Este tipo de CBUQ pode ser aplicado também em locais molhados ou com água empossada. A espessura do revestimento asfáltico deverá ser constituída de uma camada final de 0,05 m de preparo de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).



Figura 7: Aplicação da massa Asfáltica
Fonte: Autores, (2018).

V.9 ESPALHAMENTO DA MASSA SOBRE A PANELA

O espalhamento da massa asfáltica deverá ser feito com pás ou rastilhos, de formar a preencher todo o buraco, deixando aproximadamente de 1 à 2 cm acima do nível da superfície, para ficar no mesmo nivelamento após a imprimção da massa asfáltica na (figura 8).



Figura 8: Espalhar a massa asfáltica uniformemente
Fonte: a Autora, (2018).

V.10 IMPRIMAÇÃO DA MASSA ASFÁLTICA PARA LIBERAÇÃO DO TRÁFEGO

O local será compactado conforme a (figura 9) com equipamento adequado (batedor manual ou rolo metálico – liso), rolos manuais de chapa de no mínimo 30 (trinta) quilos de peso e/ ou placa vibratória, o local será liberado imediatamente após o termino da aplicação da massa asfáltica e da imprimação do local recuperado.



Figura 9: Realização da Compactação
Fonte: a Autora, (2018).

V.11 RESULTADO DA APLICACÃO DA MASSA ASFÁLTICA

O resultado final conclusivo foi satisfatório assim como pode ver na figura 10 onde não há necessidade de aguardar tempo para uso do local onde foi aplicado o CBUQ. Após compactação da área já pode ser liberada imediatamente.



Figura 10: Via liberada para Tráfego
Fonte: a Autora, (2018).

V.12 BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DO CBUQ ESTOCÁVEL E EMBALADO A FRIO

O papel dos custos totais envolvidos em uma obra de pavimentação tem grande relevância. O uso de novas alternativas de revestimento asfáltico pode trazer diversos benefícios, tanto em relação a custo, quanto aos variados impactos causados na vida útil do pavimento.

Neste contexto, a partir da década de 70, Estados Unidos, França, Espanha dentre outros países, deram início a estudos mais avançado sobre emulsões asfálticas, levando um desenvolvimento sobre o assunto, devido à crise do petróleo em 1974. Buscando a melhoria da pavimentação, a utilização do uso de pré-misturado a quente, estocado e embalado a frio assumiu crescente expressão no contexto mundial e no Brasil.

Estudos e pesquisas, como a que se descreve neste trabalho, tem o intuito verificar e auxiliar o melhor desenvolvimento da aplicação da massa asfáltica, o quadro faz comparação entre o CBUQ estocado e embalado a frio, CBUQ convencional e PMF, relaciona as vantagens e desvantagens a respeito do desempenho e praticidade em operações tapa buraco.

Tabela 4: Comparativo entre massas asfálticas.

Comparativo	CBUQ estocável	CBUQ convencional	PMF
Estocável durante 20 meses	√	X	X
Uso em operação tapa buraco	√	√	√
Aplicado na presença de água	√	X	X
Dispensa pintura de ligação	√	X	X
Liberação do trânsito imediata	√	X	X

Fonte: Adaptado da Único Asfalto (2016)

Em relação a custos, o custo de asfalto convencional é cerca de 30% mais barato do que o CBUQ, com algumas variações conforme a região do Brasil. Portanto, a questão de escolher entre um e outro depende do porte e das características

da obra. Uma mistura asfáltica a quente e aplicada a frio terá qualidade e resistência superior em relação a mistura a frio. Entretanto o CBUQ, embalado e armazenado a frio bem projetado, com a correta dosagem e com rigoroso controle tecnológico pode ser uma ótima alternativa para vias com alto volume de tráfego, podendo ser aplicado em períodos chuvosos, em reparos de pequenos e grandes porte com praticidade e sem desperdícios do material, considerando que pode ser aplicado em superfícies molhadas, dispensando a contratação de grandes equipes e caminhões apropriados, uma vez que o produto é embalado em sacos de 25 kg.

Através de uma análise final podemos afirmar que o produto final é comercializado em sacos de 25 kg, que custam de R\$ 20,00 a R\$ 30,00 cada, dependendo da região e da negociação.

É muito importante ressaltar que a facilidade de transporte do produto para municípios distantes é um ponto muito forte deste tipo de CBUQ, pois é uma das vantagens significativas no caso do Amazonas nas operações tapa buracos.

VI CONCLUSÃO

O processo do CBUQ confere uma avançada técnica de construção de consistências dos reparos em vias públicas e estradas garantindo a qualidade da pavimentação, visando à durabilidade, considerando que poderá ser aplicada sobre uns pavimentos desgastados, úmidos ou molhados nas ações tapa buracos renovando imediatamente e impedindo a ação de agentes responsáveis pela sua degradação prematura a exemplo de raios UV e infiltração de água, tendo uma aplicação **ágil, limpa e dispensando grandes mobilizações** de equipes ou instalações de canteiros de obra, fruto de um longo desenvolvimento de pesquisas desenvolvidas para melhorar a aplicação do produto, tendo o objetivo de prolongar significativamente a vida útil do pavimento, proporcionando redução e impacto no trânsito tendo em vista a liberação rápida ao tráfego, associada a devida sinalização viária, que pode ser realizada e liberada no mesmo dia, com isto transforma o aspecto visual da via, resultando em satisfação e segurança para os usuários. A aplicação CBUQ, estocado e embalado a frio, atende as exigências cada vez maiores, visto que é realizada à frio e não exige a utilização de equipamentos pesados, sendo necessário apenas enxada, pá e compactador manual, diferentemente do asfalto comum, que deve ser aplicado a uma temperatura de 160°C e com rolos compactadores realizando um tratamento superficial na superfície desgastada, utilizando impermeabilizante e selante à base de asfalto, provocando transtornos no tráfego, considerando que necessita de um determinado tempo liberação do trânsito, podendo ser aplicada também em rodovias, e pode ser associado a uma estratégia de manutenção preventiva de pavimentos, visando proporcionar segurança e satisfação contínua aos usuários, aliados a racionalização dos custos de manutenção, considerando que age como uma camada de proteção ao desgaste, mantendo o aspecto sempre impecável e adiando a necessidade de obras estruturais no pavimento. Sua cura rápida permite, por exemplo, uma **aplicação noturna** ou durante o dia com abertura ao tráfego imediatamente.

Portanto o CBUQ, produzido pela Asfaltare, é estocado à frio e concebido com uma formulação específica (dados não fornecidos pelo proprietário) desenvolvido para tráfegos intensos, visando aumentar a qualidade da textura e durabilidade do pavimento, elevando o nível de segurança de pequenos e grandes reparos ou pavimentação de rodovias.

VII REFERENCIAS

- [1] Specht, L.P. **Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus**. 2004. 279 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- [2] Quaresma, L.F. – “**Apuração da Produção de Areia e Brita**”. **Relatório da estimativa de produção de agregados**. Relatório interno do DNPM, Brasília, 1998.
- [3] Kulaif, Y. **Brita e Cascalho**. In: **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Sumário Mineral 2014. Rio de Janeiro: 2014.
- [4] Cabral, B.V.; Araujo M.F. **Valorização de uma pedra pelo método do fluxo de caixa descontado**. Rio de Janeiro: 2014
- [5] Senço, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. vol. 1. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001.
- [6] Balbo, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2007.
- [7] Senço, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 1997.



BIM in bidding public works

Ilidiane Correia de Oliveira¹, Giuliana Leitão Oliveira², Maria do Perpétuo Socorro Lamego Vasconcelos³, David Barbosa de Alencar⁴, Manoel Henrique Nascimento Reis⁵, Antônio Estanislau Sanches⁶

¹Student-Northern University Center UNINORTE (2018) -Manaus-AM.

^{2,3}Master's -Northern University Center UNINORTE (2018) -Manaus-AM.

^{4,5}Research Department, Education Institute of Technology and Galileo of Amazon (ITEGAM)

⁶Curso Superior tecnológico em Agrimensura da Universidade do Estado do Amazonas – UEA. Manaus – AM, Brasil.

Email's: lidia_oliveira21@hotmail.com, giulianaoliveira2014@gmail.com, socorro_lamego@hotmail.com, david002870@hotmail.com, hreys@itegam.com.br, novo.sanches@gmail.com

ABSTRACT

Received: October 09th, 2018

Accepted: November 21th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Does the lack of administration in public works foster a drain of public resources that has expanded into society, generating a political, economic and social crisis Having its legal principle in Law 8.666/93, which establishes rules to establish the obligation for biddings with the inclusion of the BIM (Building Information Model) system that deliberates the improvement in the processes and management of projects that underpin the development of Brazil. However, the objective is to describe the process of implementation of the bidding process from the BIM platform and to cite its importance in relation to the conventional method of public bidding. The research method used consisted of a case study with identification of the methods of implementation of BIM in public works biddings establishing links between social, economic and legal instances and a comparative study between bibliographic researches based on scientific publications, articles, specific laws, jurisprudence, renowned doctrines of referential authors and the Constitution of the Brazilian Federative Republic (CRFB) and a case study. The results point out obstacles that the system has a process failure, but which are overcome, given the diffusion of information and communication between the servers that direct the professionals to use the platform with legal restriction when analyzing the object and choosing criteria.

Keywords: Bids, BIM - Building Information Model, Public works.

BIM em licitações de obras públicas

RESUMO

A falta de administração nas obras públicas fomenta uma sangria de recursos públicos que expandi para a sociedade, gerando uma crise política, econômica e social. Tendo seu princípio legal na Lei 8.666/93, que institui normas para estabelecer a obrigatoriedade para licitações com inclusão do sistema BIM – Building Information Model (Modelagem da Informação da Construção ou Modelo da Informação da Construção) que delibera a melhoria nos processos e gestão de projetos em obras públicas que fundamenta o desenvolvimento do Brasil. Contudo, o objetivo é descrever o processo de implantação do processo de licitação a partir da plataforma BIM e citar sua importância em relação ao método convencional das licitações públicas. O método de pesquisa utilizado constituiu por um estudo de caso com identificação dos métodos de implantação do BIM em licitações de obras públicas estabelecendo ligações entre as instâncias sociais, econômicas, legais e um estudo comparativo entre pesquisas bibliográficas baseadas em publicações científicas, artigos, leis específicas, jurisprudência, doutrinas renomadas de autores referenciais e a própria Constituição da República Federativa Brasileira (CRFB) e um estudo de caso. Com os resultados destacam-se obstáculos que o sistema possui uma falha de processo, mas que são superados, diante da difusão de informações e comunicação entre os servidores que direcionam os profissionais a utilizarem a plataforma com restrição legal quando da análise do objeto e escolha de critérios sustentáveis.

Palavras-Chave: Licitações, BIM - Building Information Model, Obras públicas.

I INTRODUÇÃO

A recente busca por inovação na construção civil nas licitações públicas com redução de custo, principalmente devido à recessão econômica que o nosso país vem enfrentando, aliada com a preocupação mundial a respeito da sustentabilidade, vem alterando o panorama tecnológico da nossa indústria. A adoção de novas metodologias e mudanças de mentalidade empresarial que começam a ressurgir, sendo o Building Information Modeling (BIM), ou modelagem de informação da construção, um importante aspecto dessa transformação, juntamente com a construção enxuta (lean construction) [1].

BIM (*Building Information Modeling*) são um conjunto de políticas, processos e tecnologias que combinados, geram uma metodologia para o processo de projetar uma edificação ou instalação, ensaiar seu desempenho, e gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais (baseadas em objetos virtuais) através de todo o seu ciclo de vida [2].

Segundo Santos et al. [3] esse modelo nada mais é do que uma representação em três dimensões, que concentra as informações necessárias para uma construção, afim que se possa experimentar o empreendimento antes de sua construção. Este processo, que pode ser executado utilizando diversas ferramentas asseclas ao BIM, proporciona muitas funcionalidades voltadas a uma grande gama de análises, que poderão ser utilizadas, visando prever situação, que até então não era possível com as ferramentas tradicionais de projeto.

Sasaki [4] cita que executar obras não é tão fácil quanto aparenta ser. Das simples às mais complexas, quando se trata de obra pública, as dificuldades crescem exponencialmente e historicamente no Brasil, as dificuldades com problemas administrativos, técnicos e financeiros, combinados com incompetência ou má fé é tanta, que obra pública acabou virando sinônimo de aditivo contratual, obra inacabada, baixa qualidade, corrupção e desgoverno.

Para isso justifica-se o uso da ferramenta BIM na implantação em uma obra licitatória, para melhorar a gestão de projetos nas obras públicas que é de fundamental importância para colocar nosso país em um novo patamar de desenvolvimento. Diante disso surge a seguinte pergunta: A falta de administração nas obras públicas fomenta uma sangria de recursos públicos que expandi para a sociedade, gerando uma crise política, econômica e social?

Segundo Melhado [5] os esforços e investimentos em tecnologia, pessoas e processos devem ser equivalentes para alcançar os benefícios que a modelagem da informação oferece. Além disso, a importância de envolver o maior número de profissionais passíveis de discussões dos processos e manuais internos para um plano de governança em obras públicas garante a qualidade e abrangência, assegurando extrema racionalidade na execução de obras e serviços de engenharia por parte da administração pública.

Com o exposto, o objetivo geral é o descrever o processo de implantação do processo de licitação a partir da plataforma BIM e citar sua importância em relação ao método convencional das licitações públicas. Desta forma o método de pesquisa utilizado constituiu por um estudo de caso com identificação dos métodos de implantação do BIM em licitações de obras públicas estabelecendo ligações entre as instâncias sociais, econômicas, legais e um estudo comparativo entre pesquisas bibliográficas

baseadas em publicações científicas, artigos, leis específicas, jurisprudência, doutrinas renomadas de autores referenciais e a própria Constituição da República Federativa Brasileira (CRFB) e um estudo de caso.

De acordo com o estudo de caso destacam-se obstáculos que o sistema possui uma falha de processo, mas que são superados, diante da difusão de informações e comunicação entre os servidores que direcionam os profissionais a utilizarem a plataforma com restrição legal quando da análise do objeto e escolha de critérios sustentáveis.

II DESENVOLVIMENTO

II.1 A TECNOLOGIA BIM

O BIM, assim como outros artefatos já desenvolvidos pelo homem, é uma tecnologia utilizada para otimizar o processo de produção na construção civil. Eastman et al. [6] define BIM como uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção. Hilgenberg et al. [7] entende o BIM não como uma tecnologia, mas como um conceito, que dispõe de ferramentas para organização e gerenciamento da informação, durante todo o ciclo de vida de uma edificação. A compreensão de BIM como um conceito é mais adequada, uma vez que é necessária uma mudança completa em todo o sistema para que seja possível integrar a tecnologia de modelagem com o conjunto associado de processos.

Andrade [8] pontua que o conceito de BIM ainda não está totalmente absorvido pelo mercado. As empresas de projeto, em grande parte, estão preocupadas em utilizar a parametrização no desenvolvimento de um produto final de qualidade e compatível separadamente em cada área. Dessa forma, os conceitos de interoperabilidade precisam ser desenvolvidos visando à utilização de todo o potencial que a plataforma BIM pode oferecer.

A substituição do AutoCAD e a inserção da plataforma BIM no mercado exigiram que os produtos da indústria da construção fossem elaborados com maior qualidade e menor custo e prazo. Em 1959 o grupo CAD do MIT foi redescoberta na década de 90. Atualmente, a modelagem de produtos na construção é denominada BIM (Building Information Modeling), termo criado pela empresa Autodesk na década de 1990 para promover o software Revit [9].

A inserção da metodologia BIM apresenta uma alteração expressiva nas relações de trabalho destinada a elaboração do projeto executivo e construtivo remetendo a dificuldades e sucessos no procedimento de implantação. A diferença entre um software convencional de modelagem 3D e uma plataforma BIM, afirmando que se verifica inicialmente a capacidade de obter objetos paramétricos, os quais podem sofrer alterações automaticamente e dar suporte à plataforma, atribuindo propriedades ao desenho, como tipo e dimensões de blocos que constituirão uma parede, seu revestimento e fabricantes, sendo um fator de eficácia do sistema [10].

Um dos maiores benefícios do BIM é a visão sistêmica do processo, que possibilita que o empreendimento seja visto e analisado em relação ao todo. Assim, todas as atividades nele envolvidas podem ser gerenciadas de forma estratégica durante o ciclo de vida do empreendimento [11].

O tempo despendido na modelagem de um projeto em BIM e CAD diferem em cada etapa a ser trabalhada. No CAD, o anteprojeto é trivial, enquanto os detalhes, no projeto executivo e obra demandam mais horas trabalhadas. No BIM, a fase de concepção e anteprojeto representam o estágio de maior refinamento ao invés dos detalhes inseridos e definições impostas. Devido a este pretexto, há maior eficiência na fase de execução, acarretando na minoração do tempo final [12].

A partir do momento em que as empresas ou órgãos governamentais adotam o primeiro nível de implementação BIM, as vantagens ficam mais evidentes e elas procuram adicionar outras disciplinas ao modelo digital. No segundo nível de implementação, o de modelo baseado em colaboração, os projetistas envolvidos trocam informações entre si à medida que realizam seus projetos, todos utilizando ferramentas BIM, o que possibilita a fácil análise de incompatibilidades e a procura de melhores soluções de design e engenharia ainda no início da fase de projetos. Nessa fase também são iniciadas outras análises do projeto, como por exemplo, a simulação 4D através da análise conjunta do cronograma da obra com o modelo em 3D, o que possibilita simulação de construção e correção de eventuais falhas de cronograma ainda na fase de projeto. Além disso, também pode ser feita uma análise 5D que alia a análise 4D aos gastos previstos no orçamento para os itens executados, o que possibilita que a empresa tenha uma ideia mais precisa de todos os gastos ao longo da construção do empreendimento [13].

O gerenciamento dos custos do projeto, levantamento realizado do orçamento pela plataforma BIM inclui os processos envolvidos em planejamento, estimativas, orçamentos, financiamentos, gerenciamento e controle dos custos, de modo que o projeto possa ser terminado dentro do orçamento aprovado [14].

E assim categorizado por três grandes famílias próprias:

Custo direto: *aquele diretamente associado à execução da atividade propriamente dita. Ele representa o custo do serviço de campo, englobando a mão de obra diretamente envolvida no serviço, o material aplicado e o equipamento utilizado.* **Custo indireto:** *É um custo que não está diretamente associado às atividades de produção de campo;* **Custo casual:** *podem ocorrer ou não, dependendo das provisões contratuais. O custo casual tem, como sugere o nome, ocorrência eventual* [15].

Formoso [16] justifica os níveis hierárquicos para o planejamento dos empreendimentos de construção civil que são bastante complexos, sendo necessário, em geral, dividir seu planejamento (aliado ao controle da produção).

II.2 LICITAÇÕES PÚBLICAS

As licitações estão associadas aos procedimentos administrativos para contratação de serviços ou compras realizadas por todos os entes federativos em qualquer de suas esferas, quais sejam, municipal, estadual ou federal. Tendo seu embasamento legal na Lei 8.666/93, que institui normas para licitações e contratos da Administração Pública. [17].

Paulo [18] cita que é por meio do processo licitatório que a Administração Pública seleciona e contrata empresas privadas de forma isonômica, atendendo suas necessidades, sem discriminação entre os participantes, analisando apenas as propostas apresentadas.

Segundo Alexandrino [19] licitação é um procedimento administrativo, de observância obrigatória pela administração pública, no qual, observada a igualdade entre os participantes, deve ser selecionada a melhor proposta dentre as apresentadas pelos interessados em estabelecer determinadas relações de conteúdo patrimonial com essa administração pública, uma vez preenchidos os requisitos mínimos necessários ao bom cumprimento das obrigações a que eles se propõem.

Com a Lei 8.666, de 21 de junho de 1993, que em seu art. 3º delibera sobre a imparcialidade da licitação e a priorização do desenvolvimento sustentável dando início ao projeto complementar da Lei 6.619/16 estabelece a obrigatoriedade do sistema de modelagem da informação da construção e ainda que estabeleça a garantia e a observância do princípio constitucional da isonomia, a seleção da proposta mais vantajosa para a administração e a promoção do desenvolvimento nacional sustentável e será processada e julgada em estrita conformidade com os princípios básicos da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório, do julgamento objetivo e dos que lhes são correlatos [20].

Segundo Sachs [21], precursor das licitações públicas com uso da plataforma BIM informa que construiu o arcabouço para a ideia de sustentabilidade, o eco desenvolvimento que significa um desenvolvimento socioeconômico equitativo, o qual opta por um processo de meio ambiente sensível às oscilações econômicas. Reconhecê-lo como base de qualquer sistema vital ou econômico é uma de suas premissas. Que inserido no contexto governamental, as compras podem gerar alto impacto e concorrer positivamente para que os agentes econômicos passem a investir na produção de bens e serviços ambientalmente sustentáveis. Isso levou o governo federal brasileiro a investir, com maior ênfase, na normatização das compras públicas sustentáveis [22].

Diante disso a relevância da inclusão do BIM para identificação dos atrasos dos cronogramas das obras, realizadas na instituição pública. Esses atrasos podem ser provocados pela divergência de informações entre a planilha orçamentária, projetos e especificações que vão para a licitação. Através da modelagem, é possível confirmar que a tecnologia BIM pode contribuir bastante para melhorar as atividades de elaboração de projetos, execução (controle do fluxo de materiais), manutenção e auxílio à fiscalização do contrato firmado entre o agente público e o privado, melhorando assim o desempenho das obras, por meio do planejamento atribuídos todas estas etapas [23].

Para isso os processos de formação de preços e de contratação das licitações majoritariamente são baseados em licitação por menor preço, o que cria uma lacuna entre projeto e execução, indo na contramão do que propõe o processo BIM. Diferentemente do Brasil, em países mais desenvolvidos, o conceito *Building Information Modeling* é realidade e resulta em empreendimentos com mais qualidade, eficácia e colaboração entre projetistas, construtores, governo e partes interessadas [24].

III MATERIAIS E MÉTODOS

O método adotado para aplicar o BIM no orçamento de obras públicas é dividido em 5 etapas:

1º a 4º Etapa: Compreende-se em um estudo de caso simplificado, onde foi realizada a modelagem em 3D a partir do projeto arquitetônico de uma obra pública.

1º Etapa	Análise do Memorial Descritivo	AutoCAD e Eberick
2º Etapa	Modelagem 3D	Revit
3º Etapa	Modelagem 5D	Planilhas de Composição do Sinapi
4º Etapa	Análise quantitativa	

Figura 1: Metodologia adotada.

Fonte: Autores, (2018).

5º Etapa: Coletaram-se dados bibliográfico caracterizado por uma revisão integrativa de literatura, no qual foram analisados artigos relevantes sobre o tema, buscando sintetizar o conhecimento e indicar informações de modo específico. Utilizou-se como recursos os softwares AutoDesk Revit 2017, Memorial descritivo – Projeto Padrão – Obras públicas de casas populares do programa de habitação Minha Casa Minha Vida, fornecido pelo site da Caixa Econômica Federal.

IV RESULTADOS E DISCUSSÕES

IV.1 ANÁLISE DO MEMORIAL DESCRITIVO E DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

Para início do estudo, foi utilizado como base o memorial descritivo de uma residência unifamiliar do programa de habitação Minha Casa Minha Vida, obtido no website da CAIXA, contendo informações, projeto arquitetônico e um orçamento sintético [25]. O projeto escolhido foi o de uma casa modulada em blocos de concreto com aproximadamente 45 m². Entretanto, adaptações foram realizadas para modulação de estrutura de concreto armado.

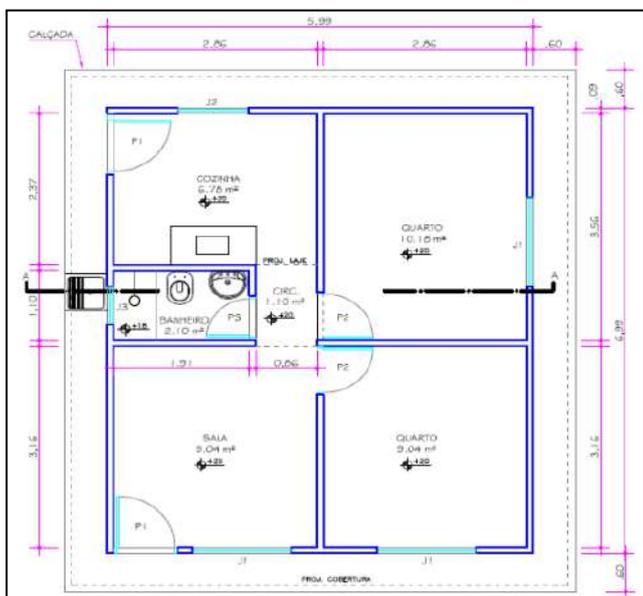


Figura 2: Planta baixa do projeto original.

Fonte: CAIXA, (2017).

Dessa forma, foi necessário realizar o dimensionamento da estrutura e para isso foram utilizados os softwares AutoCad 2016 e Eberick V10, o primeiro em sua versão educacional, fornecido pela AutoDesk, e o segundo em sua versão demonstrativa e fornecido pela AltoQI.

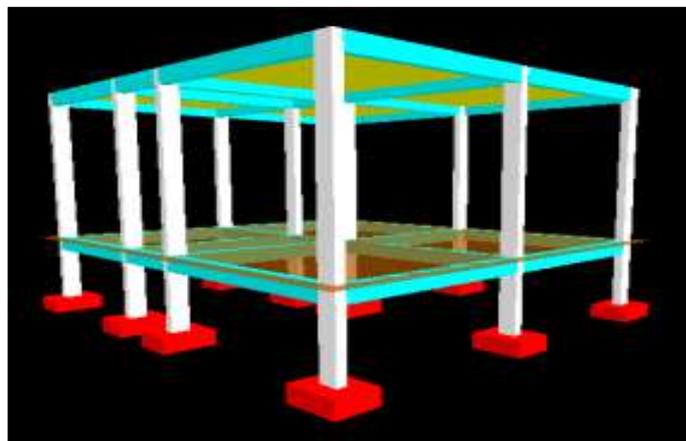


Figura 3: Esquema de pórtico em 3D da estrutura no Eberick.

Fonte: Autores, (2018).

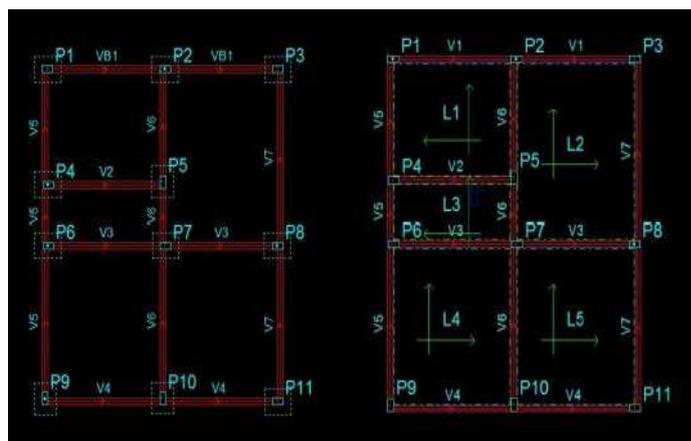


Figura 4: Planta estrutural de fundação e térreo, respectivamente.

Fonte: Autores, (2018).

A partir do Eberick V10, foi possível obter o detalhamento das estruturas e relatórios com os valores dos quantitativos de aço, concreto e forma. Como se tratava de uma versão demonstrativa, não foi possível salvar os arquivos e as pranchas, pois há soluções mais econômicas de dimensionamento. As informações obtidas relacionadas à estrutura foram úteis para aproximar a modelagem 3D e seus quantitativos à realidade, considerando os materiais a serem utilizados.

IV.2 MODELAGEM 3D

Com todas as informações necessárias, iniciou-se a modelagem no Revit 2017 a partir da arquitetura que foram utilizadas para modelar a residência.

Analisou-se o memorial descritivo constatando que existiam tipos diferentes de revestimentos: externo, interno e para áreas molhadas. As paredes arquitetônicas foram criadas a partir de uma parede genérica qualquer, mas logo em seguida foram duplicadas e tiveram suas propriedades editadas conforme o tipo de revestimento.

Após a modelagem das paredes, foram executadas as esquadrias (portas e janelas), onde utilizou-se famílias carregáveis do programa Minha Casa Minha Vida. A partir delas, foi possível editar livremente informações como: altura do peitoril, espessuras, larguras e até os materiais que seriam utilizados.

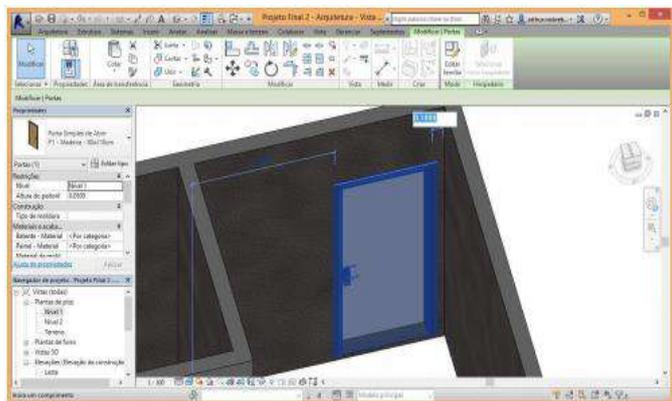


Figura 5: Construção e posicionamento de uma esquadria (porta).
Fonte: Autores, (2018).

Para encerrar a modelagem da parte arquitetônica, seguiu-se para o piso, forros e coberturas.

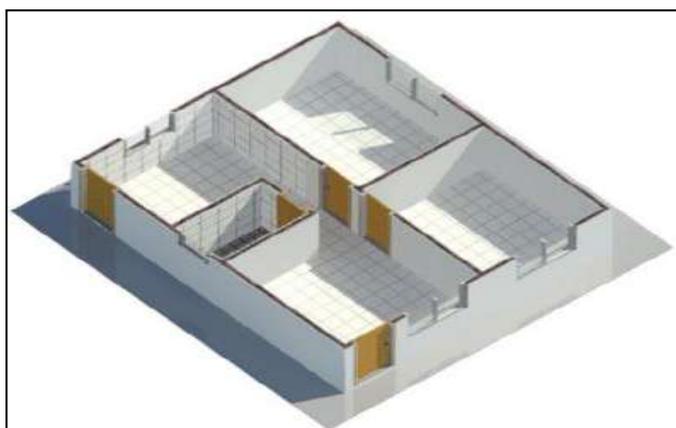


Figura 6: Vista da residência em caixa de corte.
Fonte: Autores, (2018).

IV.5 MODELAGEM 5D E ANÁLISE QUANTITATIVA

Essa etapa consistiu em associar o custo ao projeto modelado. O primeiro passo foi o de organizar e extrair os quantitativos possíveis, por meio do projeto no Revit, a partir da criação de tabelas com vários parâmetros definidos. Alguns quantitativos não foram obtidos por meio dessas tabelas. Entretanto, suas medidas foram estimadas a partir da tabela de orçamento sintético fornecida no memorial.

As tabelas foram organizadas de forma a obter os dados necessários a serem aplicados na planilha de Composições Analíticas do SINAPI [26]. Dessa forma, foram criadas colunas associando os quantitativos ao custo unitário e custo total. Uma funcionalidade interessante observada no Revit 2017 foi à ligação entre as tabelas e o projeto. O que foi alterado, inserido ou retirado, teve seus novos valores automaticamente atualizados.

A sapata foi o tipo de fundação escolhida e dimensionada no Eberick V10. No projeto original tratava-se apenas de um baldrame feita por blocos canaleta de concreto com duas barras de aço. De acordo com o memorial descritivo, o volume necessário a ser escavado foi de 4,40 m³. Após a adaptação, esse volume foi recalculado considerando as valas das vigas baldramas e sapatas, adotando-se ao final o valor de 11,28 m³.

Os dados do peso em quilograma das armaduras, consideradas as perdas de 10%, constavam nos relatórios do Eberick V10. Para alvenaria e o revestimento, foi construída uma

tabela de paredes, como mostra a Figura 6, dividindo os campos por tipo de material, facilitando assim a checagem do quantitativo de cada um deles e sua associação com os custos.

Tabela 1: Quantitativos de material para paredes e revestimento.

Marca	Material: Nome	Material: Área	Material: Volume	Comprimento	Custo
PAR-1					
PAR-1	Alvenaria Bloco Cerâmico 9 cm	11,19m ²	1,01m ³	3,21	38,81
	Argamassa de Cimento e Areia 1:3 - Área Interna	11,19m ²	0,06m ³	3,21	38,81
PAR-1	Pintura Látex Acrílico, 2 demãos	11,19m ²	0,01m ³	3,21	38,81
PAR-1	Argamassa de Cimento e Areia 1:3 - Área Externa	11,19m ²	0,06m ³	3,21	38,81
PAR-1	Argamassa de Cimento, cal, areia 1:1:8	11,19m ²	0,22m ³	3,21	38,81
PAR-1	Argamassa de Cimento, cal, areia 1:1:8 - Área molhada	11,19m ²	0,22m ³	3,21	38,81
PAR-1	Azulejo Cerâmico 20x20 cm- Área maior	11,19m ²	0,06m ³	3,21	38,81
PAR-2					
PAR-2	Alvenaria Bloco Cerâmico 9 cm	11,16m ²	1,00m ³	2,93	33,54
PAR-2	Argamassa de Cimento e Areia 1:3 - Área Interna	11,16m ²	0,06m ³	2,93	33,54
PAR-2	Argamassa de Cimento e Areia 1:2:8 - Área Externa	11,16m ²	0,22m ³	2,93	33,54
PAR-2	Pintura Látex Acrílico, 2 demãos	11,16m ²	0,01m ³	2,93	33,54
PAR-2	Pintura Látex PVA, 2 demãos	11,16m ²	0,01m ³	2,93	33,54
PAR-2	Argamassa de Cimento e Areia 1:3 - Área Externa	11,16m ²	0,06m ³	2,93	33,54
PAR-2	Argamassa de Cimento, cal, areia 1:2:8 - Área molhada	11,16m ²	0,22m ³	2,93	33,54
PAR-3					
PAR-3	Alvenaria Bloco Cerâmico 9 cm	5,70m ²	0,51m ³	2,52	38,81
PAR-3	Argamassa de Cimento e Areia 1:3 - Área Interna	5,70m ²	0,03m ³	2,52	38,81
PAR-3	Pintura Látex Acrílico, 2 demãos	5,60m ²	0,01m ³	2,52	38,81
PAR-3	Argamassa de Cimento e Areia 1:3 - Área Externa	5,62m ²	0,03m ³	2,52	38,81
PAR-3	Argamassa de Cimento, cal, areia 1:2:8 - Reboco	5,62m ²	0,11m ³	2,52	38,81
PAR-3	Argamassa de Cimento, cal, areia 1:2:8 - Área molhada	5,72m ²	0,11m ³	2,52	38,81
PAR-3	Azulejo Cerâmico 20x20 cm- Área maior	5,62m ²	0,03m ³	2,52	38,81

Fonte: Autores, (2018).

E finalmente, após a conclusão dessa etapa envolvendo a obtenção dos custos unitários, foi possível adicionar esses valores a alguns elementos do projeto. O Revit 2017 reconheceu e aplicou a todos os elementos semelhantes, o que refletiu em um ganho considerável de tempo no caso de uma futura alteração.

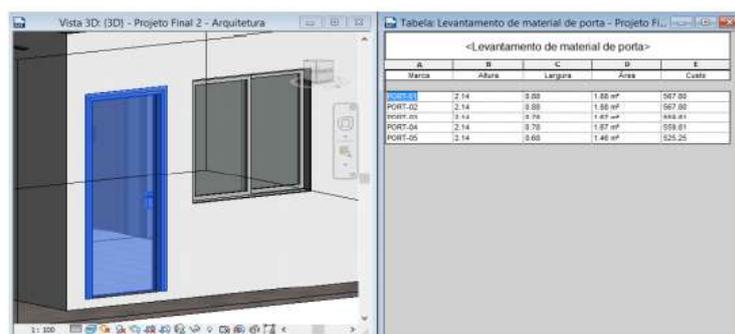


Figura 8: Ligação entre as informações na tabela e o projeto.
Fonte: Autores, (2018).

V CONCLUSÃO

Neste estudo podemos perceber que as adaptações realizadas influenciam no custo final da obra e na mudança de alguns serviços e que uma obra de alvenaria estrutural pode variar entre 15 e 20% do custo total da obra. A estrutura original modulada por blocos de concreto estrutural com viga baldrame executada com dois vergalhões de aço na qual foram alteradas para estrutura de concreto armado no estudo de caso, pode-se perceber um aumento nos custos com a parte da infraestrutura e superestrutura no orçamento sintético fornecido no memorial descritivo. No projeto básico, constatou-se que com a tecnologia BIM o modelo é desenvolvido em 3D, de forma que a representação de todos os aspectos do projeto se tornam mais claras, a geração de desenhos 2D precisos e consistentes é possível modelar a parte estrutural a partir da parte arquitetônica, evitando interferências entre os elementos do projeto.

Um ponto importante notado é o de que algumas etapas de uma obra que não estão relacionadas a objetos de modelagem BIM, mesmo esses itens constando em planilhas de orçamento de obras públicas. Geralmente envolvem os serviços iniciais e movimentação de terra. Portanto, é necessário utilizar de métodos convencionais para estimar seu custo, esses itens são pouco numerosos, facilmente quantificados e com pouco impacto em todo o processo em comparação aos itens que podem ser extraídos automaticamente com o uso do BIM, possibilitando precisão, agilidade e redução de erros. O tipo de contratação da obra também influencia na forma do uso dessa tecnologia BIM. Tratando-se de uma contratação por preço unitário, o método de obtenção automática dos quantitativos traz mais precisão na aferição das medidas e custos, pois o valor da obra será pago a partir dos preços unitários. O processo realizado no estudo de caso verificou que seria o tipo de contratação a obter mais vantagens com a modelagem. No caso das empreitadas por preço global e integrada, onde as aferições são realizadas a partir dos serviços realizados por suas respectivas etapas quanto aos valores finais e saber distinguir o que é possível ser representado e quantificado no modelo. Existem também limitações relacionadas à capacidade dos softwares BIM. Algumas etapas das obras ainda não podem ser modeladas e quantificadas, entretanto, seu cálculo poderá ser facilmente realizado por meio dos métodos tradicionais, não ocasionando nenhum tipo de prejuízo.

Contudo, a necessidade de que o aperfeiçoamento da legislação para a adoção do BIM torne as licitações mais sustentáveis garantindo o Estado Democrático de Direito, ao interesses públicos e direitos fundamentais. Medidas sustentáveis devem ser aderidas nas licitações públicas, devido o Estado ser o maior consumidor de bens e produtos.

VI REFERENCIAS

- [1] Feitosa, Artur Nóbrega Bessoni. **Implantação BIM em um escritório de engenharia estrutural da cidade de João Pessoa-PB**. 2016.
- [2] CBIC - **Câmara Brasileira da Indústria da Construção**. Brasília – DF, 2016.
- [3] Santos, Thiago Souza; Negrello, Gustavo Henrique. **Processos da modelagem BIM 5D aplicado à construção civil**. Curitiba, 2016.
- [4] Sasaki, Lidio Akio. **BIM nas Obras Públicas**. Paraná, 2017. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=30&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjCodf47HYAhUGGpAKHca0CEo4FBAWCFwwCQ&url=http%3A%2F%2Fwww.bim.pr.gov.br%2Fmodules%2Fconteudo%2Fconteudo.php%3Fconteudo%3D79&usq=AOvVaw3mOKdD7V0gia8jesauhKD6>>. Acessado em: 12 de Ago 2018.
- [5] MelhadO, S. B. **Coordenador de projetos de edificações: estudo e proposta para perfil, atividades e autonomia**. Gestão e Tecnologia de Projetos. São Paulo, v.8, n.1, p. 69-89, 2013.
- [6] Eastman, C. et al. **Manual de Bim- Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- [7] Hilgenberg, Fabíola Brenner; ALMEIDA, Beatriz Lemos de; SCHEER, Sérgio; AYRES FILHO, Cervantes. **Uso de BIM Pelos Profissionais de Arquitetura em CURITIBA**. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 7, n. 1, p. 62-72, 2012.
- [8] Andrade, Max Lira Veras X.; RUSCHEL, Regina Coeli. **Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC**. Revista Gestão & Tecnologia de Projetos. Vol. 4, nº2, nov. 2009.
- [9] Ayres Filho, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, 2009.
- [10] Menezes, Gilda L. B. B. **Breve Histórico de implantação da plataforma BIM**. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, v.18, n.22, 2012.
- [11] Sakamori, Marcelo Mino. **Modelagem 5D (BIM) - Processo de orçamento com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil**. Acervo digital UFPR, CURITIBA, v. 1, p. 13-128, fev. 2015.
- [12] Oliveira, L. G. **Inovação no setor público: uma reflexão. Centro de Estudos Avançados do Governo e de Administração Pública – CEAG, Brasília, 2014.**
- [13] Paiva, Daniel Capistrano Sarinho. **Uso do BIM para compatibilização de projetos: Barreiras e oportunidades em uma empresa construtora**. Natal. 2016.
- [14] PMBOK (Project Management Body of Knowledge). **Um Guia de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos**. Project Management Institute, Inc. 9ª Ed. 2013.
- [15] Mattos, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras**. 1 ed. [S.L.]: Editora PINI, 2010. 420 p.
- [16] Formoso, C. T. **Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos Recomendações Técnicas HABITARE**. v. 3- ANTAC, 2006.

[17] Justen Filho, Marçal. **Comentários a Lei de licitações e contratos administrativos**. Lei nº 8.666/13. Rio de Janeiro. Ed. 16, 2014.

[18] Paulo, Vicente. **Direito administrativo descomplicado**. Ed.23. Método, 2015.

[19] ALEXANDRINO, Marcelo. **Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, Modelos e Instrumentos**. Ed. 2. São Paulo: Saraiva, 2015.

[20] BRASIL, Brasília. **Advocacia-Geral da União (AGU). Consultoria-Geral da União Guia Nacional de Licitações Sustentáveis**. Flávia Gualtieri de Carvalho, Maria Augusta Soares de Oliveira Ferreira e Teresa Villac, Brasília: AGU, p. 82, 1993.

[21] Sachs, I. **Estratégias de transição para o século XXI**. In: BURSZTYN, M. (Org.). Para pensar o desenvolvimento sustentável. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 2010.

[22] Valente, Manoel Adam Lacayo. **Marco Legal das Licitações e Compras Sustentáveis na Administração Pública**. 2011.

[23] Ávila, V. M. **Compatibilização de projetos na construção civil Estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar**. 2011, 84p. Monografia (Especialista em Construção Civil) - Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

[24] Amorim, S. R. L. de. **BIM - Building Information Modeling no Brasil e na união europeia**. Brasília, 2015.

[25] CAIXA. Cadernos Caixa: **Projeto padrão – casas populares | 45 m²**. GIDUR/Vitória – ES, 2017.

[26] CAIXA. **SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil: Catálogo de Composições Analíticas**. Distrito Federal. Abril de 2017. <[Http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_644](http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_644)>. Acesso em: 03 set. 2018b.



Comparative analysis between ribbed slabs and steel deck slabs in construction civil works in the city of Manaus

Jhasllan de Carvalho Martins¹, José Cláudio Moura Benevides², Charles Ribeiro de Brito³, David Barbosa de Alencar⁴, Jorge de Almeida Brito Junior⁵ Antônio Estanislau Sanches⁶

^{1,2,3}Laureate International Universities- UNINORTE - Manaus - AM.

^{4,5}PhD - Research Department, Education Institute of Technology and Galileo of Amazon (ITEGAM)

⁶PhD -Department of surveying, Universidade do Estado do Amazonas (UEA) - Manaus - AM.

Email: jhasllan@gmail.com, jcmb29@gmail.com, charles.brito@uninorte.com.br, david002870@hotmail.com, novo.sanches@gmail.com

ABSTRACT

This article makes a comparative analysis of ribbed slabs and steel deck type, in works in the city of Manaus. The study was built from the comparative analysis method that seeks a causal inference, trying to define a comparative systematic illustration, that is, it seeks to verify the main attributes of a model and to compare it to another model by checking the advantages and disadvantages of one or the other. The choice of the theme was therefore motivated by the comparative analysis of the following points: the demand for more work in relation to the issue of slab production and execution; the ambiguity surrounding the discussions and proposals on the predominantly regional theme; and the need to evaluate the production and execution of the two (2) types of slabs (ribbed and steel deck type). the steel deck slabs have a lower cost than the ribbed slabs, corresponding to a 20.0% difference. However, for spans greater than 6.0 m, the relative cost of the steel deck slab increases significantly, reaching a difference of more than 70%.

Keywords: Ribbed slabs, Steel deck slab, comparative analysis.

Análise comparativa entre laje de tipos nervurada e *steel deck* em obras na cidade de Manaus

RESUMO

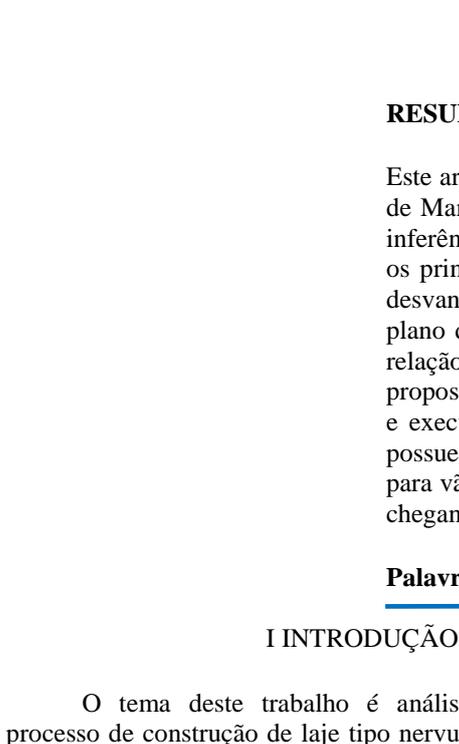
Este artigo faz uma análise comparativa de lajes nervuradas e do tipo *steel deck*, em obras na cidade de Manaus. O estudo foi construído a partir do método de análise comparativa que busca por uma inferência causal, tentando definir uma ilustração sistemática comparativa, ou seja, busca verificar os principais atributos de um modelo e compará-lo a outro modelo verificando as vantagens e as desvantagens de um ou de outro. A escolha do tema, portanto, foi motivada pela constatação, no plano da análise comparativa dos seguintes pontos: a demanda por maior número de trabalhos em relação à questão da produção e execução de lajes; a ambiguidade em torno das discussões e propostas sobre o tema eminentemente de base regional; e, a necessidade de se avaliarem a produção e execução dos dois (2) tipos de lajes (nervuradas e do tipo *steel deck*). as lajes tipo *steel deck* possuem custo menor do que as lajes nervuradas, correspondente a 20,0% de diferença. No entanto, para vãos maiores que 6,0 m, o custo relativo da laje tipo *steel deck* aumenta de forma significativa, chegando a uma diferença superior a 70%.

Palavras-chave: Lajes nervuradas, lajes do tipo steel deck, análise comparativa

I INTRODUÇÃO

O tema deste trabalho é análise comparativamente o processo de construção de laje tipo nervurado e laje de tipo *steel*

deck. A principal característica de uma análise comparativa é verificar os principais atributos de um modelo e compará-lo a outro modelo verificando as vantagens e as desvantagens de um ou outro [1].



Estudos recentes apontam que a execução bem-sucedida de lajes nervuradas e laje do tipo *steel deck* é considerada pelos engenheiros como uma prática comum em projetos de engenharia civil tanto para um caso como para outro. Em particular, uma pesquisa junto a 160 construções civis, durante um período de dois (2) anos, revela que, a execução dos dois (2) tipos de lajes varia de acordo com as predileções dos responsáveis pelas obras e não são baseadas em estudos técnicos de vantagens de um ou de outro modelo [2].

Nesse contexto, o alinhamento é um conceito central dos tipos de lajes e suas principais características pelas pesquisas na área de engenharia, que representam, em linhas gerais, dois (2) eixos sobre a questão da vantagem competitiva de um ou outro tipo de laje (nervuradas ou *steel deck*) [2].

O primeiro eixo aborda a questão da vantagem competitiva com ênfase nos custos de produção, sendo o alinhamento uma condição inerente ao ajuste da escolha. Já o segundo eixo foca na visão do responsável pela obra baseada em recursos, cuja ênfase do alinhamento recai primeiramente sobre os fatores internos [3].

Destaque-se que a essência da análise é manter as vantagens competitivas de um ou outro tipo de laje em meio às descontinuidades econômicas, o que implica um processo de implementação dinâmico e que envolve a coordenação de múltiplas variáveis e períodos de tempo do que os despendidos no processo de formulação da escolha [3].

Neste sentido, atribui-se o seguinte questionamento: qual o melhor tipo de laje a ser empregado na cidade de Manaus, a partir da análise comparativa dos tipos, nervuradas ou *steel deck*? A hipótese de sustentação se concentra nas vantagens e as desvantagens competitivas dos dois (2) tipos de laje (nervuradas ou *steel deck*) podem servir de parâmetro para a escolha do tipo de laje a ser usada ou essa é uma opção pessoal.

O trabalho da engenharia civil tem por premissa base fortalecer o cotidiano de atividades e ações similares, quando se trata de procedimentos humanos. No caso da produção e execução de lajes, existe a necessidade proeminente de estabelecer normas, procedimentos bastante similares. Então quando se trata da produção e execução de lajes, o processo de análise comparativa de procedimentos se torna indispensável [2].

Os procedimentos de engenharia civil na produção e execução de lajes exigem padronização, justamente para fortalecer suas induções que em todos os sentidos facilitam bastante às injunções de construção e as premissas de produção e execução [3].

A qualidade está diretamente ligada a produtos duráveis, que não apresentem problemas de produção e execução, o que tem como vetor imediato que todos os envolvidos no processo produtivo e de execução de lajes, necessitam, fundamentalmente, agirem da mesma forma [4].

A escolha do tema, portanto, foi motivada pela constatação, no plano da análise comparativa dos seguintes pontos: a demanda por maior número de trabalhos em relação à questão da produção e execução de lajes; a ambiguidade - em torno das discussões e propostas sobre o tema eminentemente de base regional; e, a necessidade de se avaliarem a produção e execução dos dois (2) tipos de lajes (nervuradas e do tipo *steel deck*) [4].

Justifica-se pela necessidade de acompanhar a questão dos custos e seus reflexos no sistema de construção de lajes, dentro de um cenário histórico que poderá mostrar movimentos de relatividade de profissionais capazes de interferir no processo,

Sob o prisma acadêmico o presente estudo se justifica pela necessidade do estudante do curso de Engenharia Civil, tomar

conhecimento de que a base indutora dos processos de produção e execução de lajes está na padronização de procedimentos.

Dessa forma, este artigo tem por objetivo geral estudar a aplicação de lajes pré-moldadas com treliça nervuradas e do tipo *steel deck* fazendo uma análise comparativa de lajes nervuradas e do tipo *steel deck*, para aplicar na cidade de Manaus, além de especificamente, verificar o processo construtivo das lajes; identificar o custo de produção e execução da laje nervurada e do tipo *steel deck*; e, analisar as vantagens e as desvantagens do uso de um ou outro tipo de laje na cidade de Manaus.

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1 LAJES NERVURADAS

O conceito universal de laje é definido como “laje é obra de cimento armado que constitui teto ou piso de compartimento”. Sem dúvida um conceito simples, mas bem objetivo, que traduz com exatidão, o que é e, para que serve uma laje [2].

Neste mesmo sentido, “laje é o elemento estrutural, de comportamento bidimensional de uma edificação responsável por transmitir as ações que nela atua para as vigas ou diretamente para os pilares no caso de lajes sem vigas”, ou seja, é uma obra de construção civil no qual serve de base para a construção de teto ou piso de compartimento [4].

Assim, considerado os conceitos chega-se a seguinte conceituação de lajes: é uma obra contínua de cimento armado que, de ordinário, foram o piso ou teto de uma construção de dois ou mais pavimentos [4].

Destinam-se a receber a maior parte das ações aplicadas numa construção, normalmente de pessoas, móveis, pisos, paredes e os mais variados tipos de carga que podem existir em função da finalidade arquitetônica do espaço que a laje faz parte. As ações são comumente perpendiculares ao plano da laje, podendo ser divididas em distribuídas na área, distribuídas linearmente ou forças concentradas. Embora menos comum também possa ocorrer ações externas na forma de momentos fletores, normalmente aplicados nas bordas das lajes [4].

O autor em voga apresenta detalhes genéricos das lajes, inferindo sobre sua destinação, ou seja, para suportar pesos diversos de diversas procedências, sua finalidade arquitetônica e as ações que inferem sobre as lajes. Assim a escolha do tipo de laje a ser usada deve seguir as seguintes premissas básicas: - Finalidade da edificação; - Projeto arquitetônico; - Ações de utilização; - Altura do edifício; - Dimensões dos vãos que devem ser vencidos; - Rigidez adequada de modo que os deslocamentos transversais fiquem dentro dos limites prescritos pelas normas; - Rigidez às ações laterais; - Qualidade requerida; - Tempo de construção (execução); - Exigência de técnicas especiais de construção; - Disponibilidade de equipamentos, materiais e mão de obra capacitada; - Possibilidade ou facilidade de racionalização da construção; - Custos da estrutura e do edifício; - Interação com os demais subsistemas construtivos da edificação (instalações, vedações, etc.); • Possibilidades ou exigências estéticas [4].

Existem três (3) tipos de lajes que assim podem ser classificadas: a) Quanto a sua composição e forma; b) Quanto ao tipo de apoio; e, c) Quanto ao esquema de cálculo [4].

No primeiro caso (quanto a sua composição e forma, as lajes podem ser: a) Lajes mistas pré-moldadas; b) Lajes mistas moldadas na obra; c) Lajes maciças; e, d) Lajes nervuradas [4].

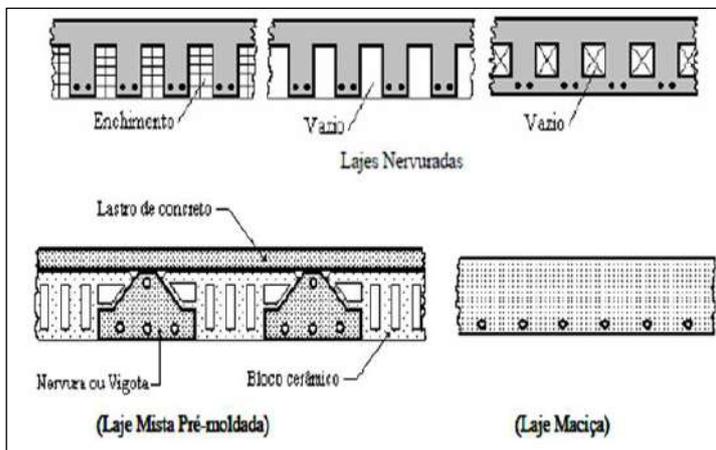


Figura 1: Lajes quanto a sua composição e forma

Fonte: [4].

No segundo caso (quanto ao tipo de apoio), as lajes podem ser: a) Lajes contínuas; b) Lajes isoladas; c) Lajes em balanço; d) Lajes cogumelo e lisas [2].

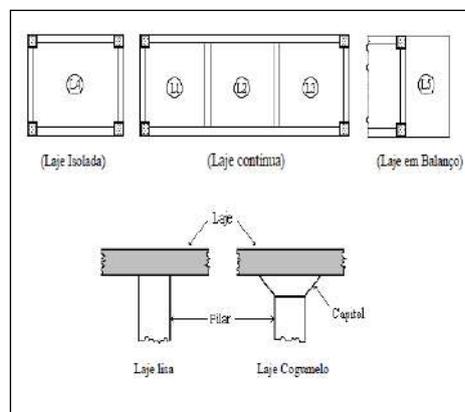


Figura 2: Lajes quanto ao tipo de apoio

Fonte: [4].

No terceiro caso (quanto ao esquema de cálculo), as lajes podem ser de acordo com a figura 3:

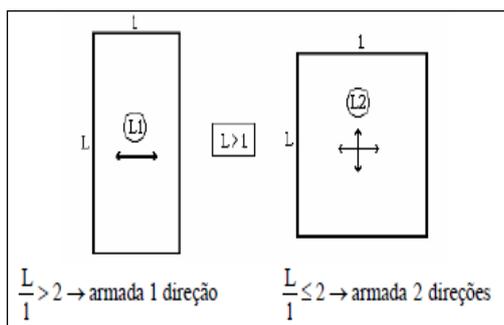


Figura 3: Lajes quanto ao esquema de cálculo

Fonte: [4].

No caso específico deste projeto de pesquisa, só interessa as lajes nervuradas e as do tipo *steel deck*. As lajes nervuradas: “são as que têm sua zona de tração constituídas por nervuras, entre as quais podem ser colocados materiais não estruturados, de modo a tornar plana à superfície inferior da peça”. A nervura pode ser classificada como que a pela que dá sustentação a lajes [5].

As lajes nervuradas tem sua origem em 1854, quando William Boutland Wilkinson registrou a patente de um sistema

em concreto armado com a utilização de pequenas vigas regularmente espaçadas, onde os espaços ausentes entre as nervuras foram obtidos pela colocação de moldes de gesso, sendo uma fina capa de concreto executada como plano de piso [2] [5].

Esse tipo de laje possui inúmeras vantagens como: - Facilidade e grande disponibilidade de aquisição dos materiais que compõe o sistema de concreto armado dentre eles, água, cimento e agregados; - Bom sistema de duração ou durabilidade; - Custo dos materiais exequíveis sob o ponto de vista financeiro; - Pode usar mão de obra sem a devida qualificação; - Adaptabilidade simples as normas de construção civil; - Não exigência de tecnologia para a produção e construção; - Resistência e elasticidade as diversas ações como vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos, choques e desgastes mecânicos; - Baixo padrão de custo de manutenção [5].

Para a produção e execução de lajes nervuradas é necessário que se defina o pavimento que será usado, para só então definir as ações finais e, a partir deste momento proceder aos cálculos e detalhes destes elementos [5].

As normas técnicas de produção e execução de lajes nervuradas são perfeitamente definidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT no qual consta toda a normatização exigida pela legislação brasileira [6-7].

As principais vantagens da utilização de lajes nervuradas são a seguintes: dispensa usos de compensados; nervuras tecnicamente dimensionadas; sem perigo de corrosão; redução de cargas na estrutura; facilidade de montagem e desmontagem; menor consumo de madeira; maior velocidade de execução; reutilização das fôrmas em três dias; fácil desforma manual; e, redução do custo final da obra [2].

As principais desvantagens são: normalmente aumentam a altura total da edificação; aumentam as dificuldades de compatibilização com outros subsistemas (instalações, vedações, etc.); construção com maior número de operações na montagem; dificuldade em projetar uma modulação única para o pavimento todo, de maneira que o espaçamento entre as nervuras seja sempre o mesmo; exigem maiores cuidados durante a concretagem para se evitar vazios (“bicheiras”) nas nervuras (que costumam ser de pequena largura); dificuldades na fixação dos elementos de enchimento, com a possibilidade de movimentação dos mesmos durante a concretagem; resistência da seção transversal diferenciada em relação a momentos fletores positivos e negativos, necessitando de cálculo mais elaborado [2] [4-5].

II.2 LAJES TIPO *STEEL DECK*

Já a laje *steel deck* é uma laje composta por uma telha de aço galvanizado e uma camada de concreto. O aço, sem dúvida o melhor material para que se trabalhe excelente em um sistema de tração, deve ser usado no formato de uma telha trapezoidal que vai inferir a função de fôrma para concreto durante a concretagem e como armadura positiva para as cargas de serviço [8].

A laje tipo *steel deck* também possui nervuras, só que em maior dimensão das lajes nervuradas e se utiliza de conectores de cisalhamento (*stud bolts*) que dão permissão para a necessária interação do concreto com o aço que permite uma inferência com o cálculo de vigas mistas, permitindo uma redução do peso da estrutura [8].

Sem dúvida que o principal ponto deste tipo de laje, é a total integração das virtudes do aço e do concreto. “o *steel deck* consiste na utilização de uma fôrma permanente de aço galvanizado, perfilada e formada a frio”. Nesse tipo de laje, o aço infere como fôrma para concreto durante a concretagem e como armadura positiva para as cargas de serviço [9].

Com o objetivo de buscar favorecer a aderência do concreto ao aço as massas e ranhuras são conformadas na chapa metálica que funciona como a superfície de ancoragem. O *steel deck* se compõe também de telas eletrossoldadas, que tem a função de funcionar como armadura negativa e ajudar na prevenção de trincas superficiais na laje. [9].

As principais vantagens do uso de lajes tipo *steel deck* são: qualidade de acabamento de muita qualidade; não necessita de escoras o que reduz os desperdício de material; maior flexibilidade e facilidade na instalação e menor tempo de construção [8].

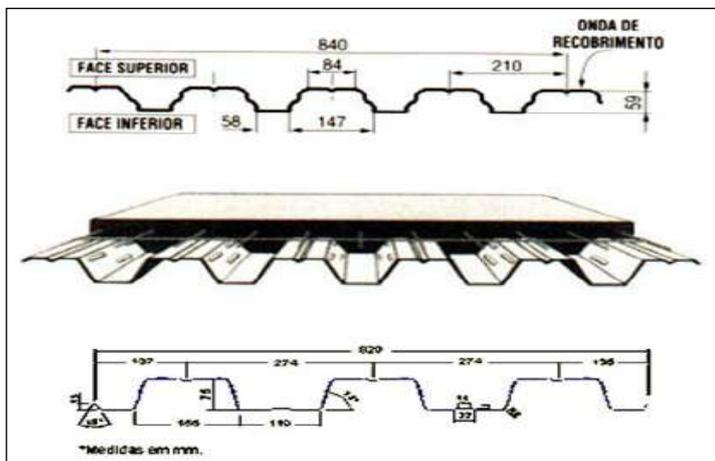


Figura 4: Lajes *steel deck*

Fonte: [9].

O *steel deck*, no Brasil ainda não possui um sistema normativo estabelecido e como não tem normas que regulamente sua produção utilizam-se várias outras normas como base de referência, como a NBR 6118 que trata da normatização de projeto de estrutura de Concreto; a NBR 8800 que estabelece normas para o trabalho em estruturas mistas (Aço e Concreto); NBR 10735 que se refere unicamente a questões de chapas de aço de alta resistência e a NBR 14323 que dimensiona as estruturas de aço de edifícios em casos de sinistros [9].

III MATERIALS E MÉTODOS

O método utilizado foi o da análise comparativa, é um "um método de descobrir relação empírica entre as variáveis estudadas", neste caso as variáveis estudadas são as lajes nervuradas e as do tipo *steel deck*, ou seja, o método comparativo analisa e determina as relações entre um caso e outro buscando comparar, suas forças e fraquezas [10].

O método comparativo tem como objetivo a busca por uma "inferência causal", tentando definir uma "ilustração sistemática comparativa" [10].

Para se atingir a inferência causal, o método comparativo pode se beneficiar de outros métodos científicos básicos (método experimental e estatística). O Método experimental é um conjunto de meios dispostos convenientemente para chegar a um fim que se deseja. Já o método estatístico ocorre diante da impossibilidade de manter as causas constantes, admitindo todas essas causas presentes, variando-as, registrando essas variações e procurando determinar, no resultado final, que influências cabem a cada uma delas [10].

Suas fases são: definição do problema; planificação do processo de resolução; recolha de dados; organização de dados; apresentação de dados; análise e interpretação de dados. Destaca-se a fase de recolha de dados ocorre após cuidadoso planejamento

e a devida determinação das características mensuráveis do fenômeno coletivamente típico que se quer pesquisar [10].

Ela pode ser direta ou indireta. Quanto à natureza, a pesquisa foi de enfoque qualitativo e, também quantitativo, pois haverá uma análise de conteúdo dos dados, uma sistematização e apresentação mediante a utilização de gráficos, tabelas e figuras. Na abordagem de Vergara (2011), a pesquisa de natureza quantitativa trabalha com análise tanto quantitativa (utilizando-se procedimentos estatísticos), quanto qualitativa (análise de conteúdos dos dados) [10].

A pesquisa foi de campo e se transcreverá de forma descritiva, construindo um trabalho por meio de registros, análise, classificação e interpretação dos fatos coletados, sem interferência do resultado final e levantamentos bibliográficos, com a finalidade de evidenciar a qualidade das informações. A Pesquisa de campo é a investigação empírica realizada no local onde ocorre um fenômeno ou que dispõe de elementos para explicá-los [10].

Há dois (2) tipos de pesquisa: bibliográfica/documental e de campo. Então a pesquisa seguiu o que determina Vergara (2011) sobre a pesquisa bibliográfica/documental, absorvida por pesquisa em material bibliográfico tradicional e eletrônico e, por intermédio de documentos a respeito do tema, pesquisados em organizações de construção civil. A Pesquisa de Campo será colhida no local da problemática (empresas de construção civil) [10].

IV RESULTADOS E DISCUSSÕES

IV.1 LAJES NERVURADAS

A Laje nervurada é uma laje constituída de nervuras ou barras, que são totalmente interligadas por uma capa ou mesa de compressão. No sentido comparativo com a laje maciça é bem mais econômica, pois se utiliza do processo de eliminação do concreto que é dispensado na região tracionada, além da redução da ferragem que é utilizada [2].



Figura 5: Lajes nervurada.

Fonte: [9]



Figura 6: Lajes nervurada

Fonte: [9].

È um tipo de laje que é utilizada desde civilizações antigas, por se tratarem de estruturas horizontais reticuladas (semelhantes às lajes nervuradas), justamente por sua rigidez e por usarem bem menos material. “Gregos, romanos, bizantinos e otomanos mostram isto nos tetos de suas edificações, ainda hoje preservadas e encontradas após escavações que as descobriram”. Também é importante destacar, o quadro “Última Ceia” de Leonardo da Vinci de 1498 que apresenta de forma bem evidente este ambiente que se verifica a semelhança com as lajes nervuradas [9].

IV.1.1 FORMAS

Lajes nervuradas são: “lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração é constituída por nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte” [6].

Quanto às formas, as lajes nervuradas podem ser de dois tipos: 1º) Lajes nervuradas moldadas no local; 2º) Lajes nervuradas pré-moldadas [7].

As lajes nervuradas moldadas no Local “são aquelas construídas em toda sua totalidade na obra e na posição definitiva. É necessário o uso de fôrmas e de escoramentos, além do material de enchimento. Podem-se utilizar fôrmas para substituir os materiais inertes. Essas fôrmas podem ser em polipropileno ou em metal, com dimensões moduladas, sendo necessário utilizar desmoldantes iguais aos empregados nas lajes maciças [11].

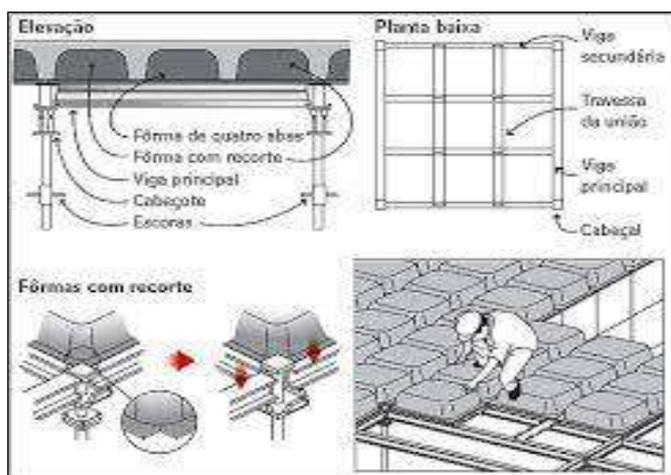


Figura 7: Lajes nervurada moldada no local.

Fonte: [9].

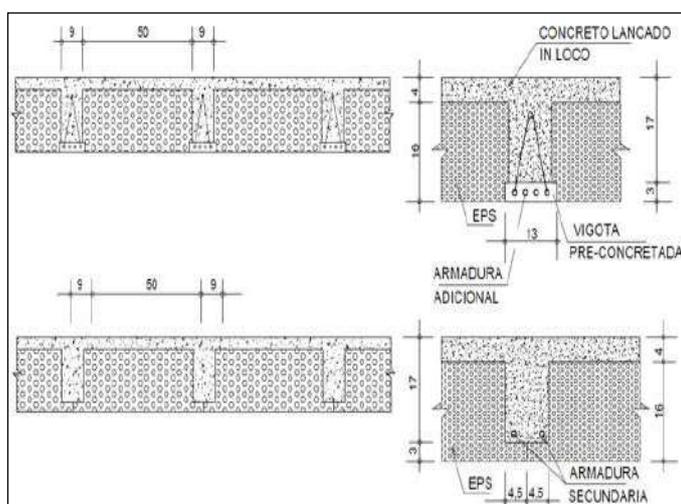


Figura 8: Lajes nervurada moldada no local

Fonte: [9].

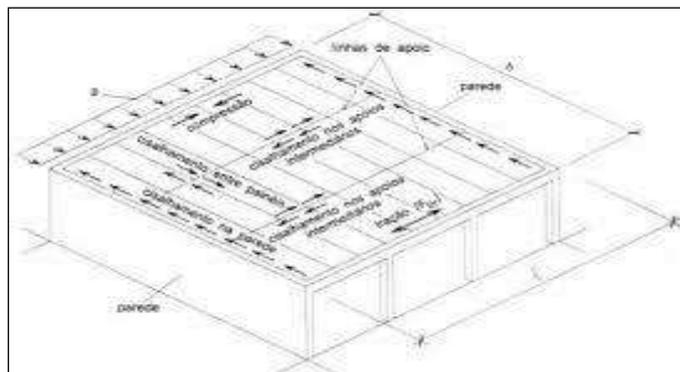


Figura 9: Lajes nervurada moldada no local.

Fonte: [9].

IV.1.2 ARMAÇÃO

As lajes nervuradas devem ser armadas por bordas apoiadas contínuas e engastadas ou em balanço. Mas é preciso que se evitem engastes e balanços com o objetivo de evitar as forças de tração na face superior, onde se localiza a mesa de concreto, e forças de compressão na parte inferior, justamente o local onde o concreto é reduzido [9].

Por ser um material de grande resistência, o concreto necessita ter suas dimensões aumentadas na mesa na parte inferior (mesa invertida), o que acarreta um aumento de peso próprio da estrutura e aumento dos custos da obra [2].

Neste sentido, é cotidiano que se use lajes nervuradas para vãos maiores que os previstos para lajes maciças, já que as lajes nervuradas tem apoio nas bordas em vigas mais rígidas que as nervuras. Lembra-se que as lajes nervuradas apresentam inércia menor que as lajes maciças, de forma que as alturas precisam ser maiores com o objetivo evidente de provocar um controle das deformações e, por consequência, dos deslocamentos [4].

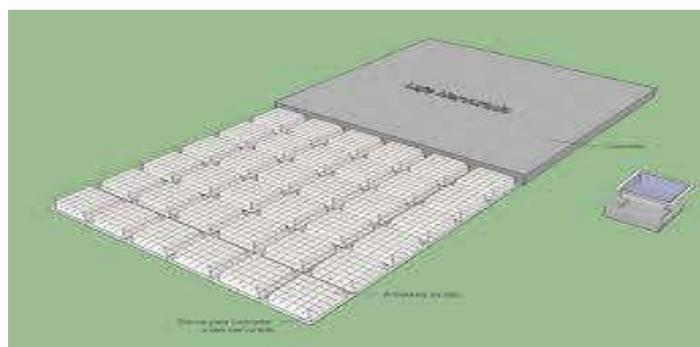


Figura 10: Armação de lajes nervurada moldada no local.

Fonte: [9].

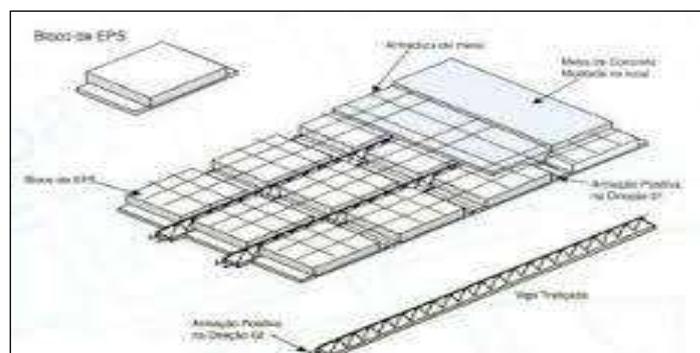


Figura 11: Armação de lajes nervurada moldada no local.

Fonte: [9].



Figura 12: Armação de lajes nervurada moldada no local.
Fonte:[9].

IV.1.3 CONCRETAGEM

O concreto é uma estrutura em construção civil dura, maciça, condensado, espessa. O processo de concretagem é uma ação de lançar o cimento armado na estrutura que se quer [2].

No caso das lajes nervuradas o processo de concretagem é a última etapa de produção dos elementos que compõem uma estrutura. Sua composição determina que as fôrmas e armações estejam em consonância com o projeto estrutural e que o concreto tenha as características dimensionadas em projeto [2].



Figura 13: Concretagem das lajes nervuradas.
Fonte: [9].

As normas técnicas que estabelecem os princípios que as construtoras devem seguir, são as seguintes: 1) NBR 14.931 - Execução de Estruturas de Concreto – Procedimentos; 2) NBR 12.655 - Concreto de Cimento Portland - Preparo, Controle e Recebimento – Procedimento; 3) NBR 8.522 - Concreto - Determinação do Módulo Elástico de Elasticidade à Compressão; 4) NBR 5.739 - Concreto - Ensaio de Compressão de Corpos de prova Cilíndricos; e, 5) NBR 5.738 - Concreto - Procedimento para Moldagem e Cura de Corpos de prova.

A NBR 14.931 trata dos princípios que devem ser seguidos na execução de estruturas de concreto, estabelecendo os seguintes requisitos: Projeto estrutural e de fundações; Requisitos da qualidade dos materiais da estrutura; Recebimento dos materiais; Armazenamento dos materiais; Equipamentos; Instalações; Sistema de fôrmas; Requisitos básicos; Execução do sistema de fôrmas; Remoção de fôrmas e escoramentos; Armaduras; Preparo e montagem da armadura; Concretagem dentre outros princípios [12].

Sobre a concretagem diz a norma: - Modalidade de preparo do concreto; Para o concreto destinado às estruturas, são previstas duas modalidades diferentes de preparo, descritas a seguir; - Concreto preparado pelo executante da obra: as etapas de preparo

são realizadas pelo executante da obra, de acordo com o que estabelece [13].

Concreto preparado por empresa de serviços de concretagem: A central deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de preparo do concreto (ver ABNT NBR 12655), bem como as disposições da ABNT NBR 7212. A documentação relativa ao cumprimento destas prescrições e disposições deve ser disponibilizada para o responsável pela obra e arquivada na empresa de serviços de concretagem, sendo preservada durante o prazo previsto na legislação vigente [13].

Desta forma, a norma não especifica qual o procedimento mais adequado para a concretagem, informando que pode ser feito tanto pela própria empresa de construção ou por serviço de terceirização de empresa especializada em concretagem. Neste ponto parece valer mais a opção própria da construtora que deve levar em consideração o menor custo para a escolha.

Assim, norma técnica define parâmetros que devem ser seguidos. A padronização permite a realização de um trabalho eficiente e eficaz, orientado às empresas terceirizadas fornecedoras sobre o desenvolvimento de seus processos e tarefas. Esta é a grande finalidade da padronização: permitir a manutenção dos resultados, garantindo o ‘saber fazer’ das diversas atividades, promover um ambiente tranquilo, sem improvisações e urgências constantes, e possibilitar a delegação de tarefas sem prejuízo para a instituição, além de assegurar a todos os envolvidos no processo condições de se beneficiarem da experiência e da capacitação de todos [6] [7] [12] [13].

Tendo em vista que a padronização consiste em formalizar um procedimento, ou mais – o que requer a participação das pessoas envolvidas – é necessário selecionar o que se deve padronizar, ou seja, que processos (atividades) devem ser padronizados. São três (3) condições básicas para a padronização, [14]: 1ª Condição – *Caracterização do processo* – Denomina-se processo a um conjunto de causas, de ações, sistemáticas que geram um efeito, um resultado definido. Assim, a inclusão de uma peça constitui um processo, ou seja, diversas ações ou providências são executadas para o efeito seja conseguido como: - analisar os procedimentos adotados no ano anterior e os resultados obtidos em termos de demora e erros, reclamações, etc.; - detectar as falhas e identificar os aspectos a serem melhorados; - verificar as necessidades em termos pessoal e material, etc.; - estabelecer os procedimentos a serem adotados; - elaborar o procedimento operacional; - Treinar os envolvidos; - executar os procedimentos estabelecidos [15].

Como se pode observar, o processo construtivo é constituído de uma sequência de ações, isto é, de providências que se repetem, podendo, pois, serem padronizadas para garantir melhor execução [15].

Assim, um conjunto de processos distintos, interligados, visando cumprir uma missão, é denominado de sistema. Pode-se, então, também, elaborar padrões de sistema, que proporcionam uma visão macro das sequências dos processos envolvidos para a realização de um trabalho [15].

2ª Condição – *Deve ser um processo repetitivo* – Outro importante requisito para a padronização: não basta ser um processo ou um conjunto de processos, é necessário que sejam repetitivos, isto é, que apresentem certa regularidade. É importante que seja repetitivo. Se o processo não é repetitivo, não necessita ser padronizado, a não ser que a equipe decida registrá-lo para, apesar de esporádico, servir como referencial para uma futura atividade, ou evento dessa natureza [15].

3ª Condição – *ser um processo repetitivo, relevante* – Além de repetitivo, para que seja padronizável é aconselhável que

seja um processo, ou conjunto de processos, relevantes, isto é, que de algum modo interfira nos resultados, no atingimento de seus objetivos, de suas metas [15].

Os padrões se classificam, em voluntários e obrigatórios, dependendo de sua natureza. O autor enfatiza que, no caso dos padrões voluntários, a empresa tem a liberdade de definir meios que unifiquem e simplifiquem ações visando à garantia da qualidade [15].

No caso dos padrões obrigatórios, estes são denominados de normas e, referem-se a princípios, regras, leis que estabelecem bases para a elaboração, realização ou avaliação que algum produto ou serviço. O autor em voga destaca alguns conceitos fundamentais para o entendimento da padronização: - Sistema: conjunto de processos distintos, interligados, visando cumprir uma missão; - Processo: conjunto de ações, interligadas, visando atingir um resultado; - Tarefa: conjunto de atividades distintas, realizadas em posto de trabalho, com o objetivo de cumprir uma missão; - Atividade: ação exercida para realizar uma tarefa [15]

O autor também destaca que o padrão de sistema pode envolver diversos setores e processos sendo utilizado em atividades mais complexas. O padrão de processo permite uma visão clara de todas as etapas ou tarefas de um processo específico, indicando também o responsável pela tarefa, o local onde a tarefa será executada, o prazo, a justificativa ou o motivo pela qual a tarefa deve ser executada, e finalmente como a tarefa deverá ser executada, ou seja, o procedimento a ser adotado [15].

No caso das fôrmas em período anterior ao denominado lançamento do concreto se faz necessário a conferência das dimensões e do nivelamento e prumo (posicionamento) das mesmas, com o objetivo de assegurar que o sistema geométrico inferido funcione e garanta os elementos estruturais e da estrutura como e que essas obedeçam os termos do projeto [15].

Assim, que a concretagem é um conjunto de processos, as fôrmas possibilitam uma visão macro da laje nervurada. Desta forma, elaborado o projeto da laje nervurada e antes do lançamento do concreto, deve-se partir para a elaboração do procedimento operacional de fôrmas que é um procedimento que se destina a orientar a execução da obra [2].

Escoramentos: Antes do lançamento do concreto devem ser devidamente conferidas às posições e condições estruturais do escoramento, a fim de assegurar que as dimensões e posições das fôrmas sejam mantidas de acordo com o projeto e permitir o tráfego de pessoal e equipamento necessários à operação de concretagem com segurança [4].

As armaduras e as tolerâncias devem seguir um procedimento padrão estabelecido pela norma da ABNT tendo como uma de suas premissas possibilitar o entendimento e a padronização das atividades e criar mecanismos para identificar oportunidades de mudanças nos processos [6-7].

Tabela 1: Tolerâncias dimensionais para as seções transversais de elementos estruturais lineares e para a espessura de elementos estruturais superficiais.

Dimensão (a) cm	Tolerância (t) mm
a ≤ 60	± 5
60 < a ≤ 120	± 7
120 < a ≤ 250	± 10
a > 250	± 0,4 % da dimensão

Fonte: NBR 14.931

Tabela 2 — Tolerâncias dimensionais para o comprimento de elementos estruturais lineares

Dimensão (l) m	Tolerância (t) mm
l ≤ 3	± 5
3 < l ≤ 5	± 10
5 < l ≤ 15	± 15
l > 15	± 20

NOTA A tolerância dimensional de elementos lineares justapostos deve ser considerada sobre a dimensão total

Fonte: NBR 14.981.



Figura 14: Concretagem das lajes nervuradas

Fonte: [9].

Desta forma, de forma resumida pode-se concluir que o processo construtivo de lajes nervuradas ocorre da seguinte forma: 1 – Colocação do escoramento; 2 – Em seguida, iniciou-se a montagem das fôrmas; 3 – As formas devem ser distribuídas sobre a construção; 4 – As formas devem ser alinhadas; 5 – As armaduras são colocadas; 6 – Os vergalhões e os estribos são presos; 7 – A laje foi concretada; 8 – Logo após o lançamento do concreto a laje foi sarrafeada e nivelada; 9 – Após quatro (4) dias devem ser retirados o escoramento; 10 11 – Deve-se esperar a cura do concreto [2].

IV.1.4 DESFÔRMA

O processo de desforma ocorre logo após a constatação do curamento do concreto para que haja resistência das ações que vão inferir sobre as lajes. Justamente para que estas não produzam algo indesejado e também deformações, já que estas em virtude da elasticidade do concreto em função da idade do mesmo pode permitir deformação [3].

IV.2 LAJES STEEL DECK

“A combinação de elementos de aço e concreto, na construção civil, vem da busca de obter as máximas vantagens das propriedades de cada componente, e sua utilização é incentivada exatamente pela inexistência de um único material que tenha todas as qualidades requeridas” [3].

Em busca desta situação foi que em 1930 nos Estados Unidos se passou a utilizar o uso de chapas metálicas na construção de lajes, mas sem a combinação inicial com o uso do concreto. Esse uso tinha limitações de resistência referentes aos carregamentos somente durante a construção, após a cura do concreto, este último era o único responsável por suportar todos os carregamentos [15].

Mas em 1940, se começou a usar as lajes mistas do tipo *steel deck*, com o objetivo de resistir aos carregamentos estrutura, e admitindo que a chapa atue como armadura de tração da laje [15].

A ABNT ainda não criou uma norma exclusiva para Lajes *steel deck*, mais, possui uma norma para lajes mistas *steel deck* que é a NBR 8800, estabelecida no contexto nacional a partir do ano de 2008, que estabelece um sistema normativo para projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios [16].

Esta Norma, com base no método dos estados-limites, estabelece os requisitos básicos que devem ser obedecidos no projeto à temperatura ambiente de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações, nas quais: a) os perfis de aço sejam laminados ou soldados, ou de seção tubular

com ou sem costura; b) as ligações sejam executadas com parafusos ou soldas [16].

Os perfis de seção tubular podem ter forma circular ou retangular (a forma quadrada é considerada um caso particular da forma retangular) [16].

As prescrições desta Norma se aplicam exclusivamente aos perfis de aço não híbridos. Caso sejam usados perfis híbridos, devem ser feitas as adaptações necessárias [16].

Ou seja, a norma, em seu primeiro item do escopo traduz os termos técnicos relacionados com a qualidade e a define da seguinte forma: a totalidade das peculiaridades e das características dos projetos e estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Esta abordagem, incorpora muitas das últimas interpretações da qualidade em projetos de construção civil [16].

As estruturas mistas de aço e concreto, incluindo as ligações mistas, previstas por esta Norma, são aquelas formadas por componentes de aço e de concreto, armado ou não, trabalhando em conjunto. O concreto pode ser de densidade normal ou de baixa densidade, exceto quando alguma restrição for feita em parte específica desta Norma [16].

Aqui a norma especifica de forma muito clara como devem ocorrer às estruturas mistas de aço e concreto. Destes conceitos podem ser derivados vários pontos importantes. A estrutura do concreto deve ser dimensionado não sendo normatizado sua densidade, com a exceção de alguns casos normatizados por esta mesma norma. Esses requisitos devem primeiro ser identificados, definidos e esclarecidos no próprio projeto. Sendo assim, são então estabelecidos os procedimentos e os sistemas para monitorar, controlar e melhorar aquelas que direta ou indiretamente estão envolvidas no projeto [16].

Os perfis de aço devem ser fabricados obedecendo-se às Normas Brasileiras aplicáveis ou, na ausência destas, às normas da American Society for Testing and Materials - ASTM, aplicáveis. Os perfis soldados podem ser fabricados por deposição de metal de solda ou por eletrofusão conforme os requisitos da ABNT [17].

Assim, os perfis de aço devem seguir normatização brasileira e na ausência desta normatização, seguir os padrões mundialmente aceitos, principalmente os padrões americanos normatizados pela ASTM que estabelece normas internacionais sobre uma ampla gama de materiais, produtos, sistemas e serviços. Essa padrão americano serve de roteiro para implementar outras normatizações. Estas normas podem ser entendidas pela diferença entre suas abrangências [17]

Os princípios gerais estabelecidos nesta Norma aplicam-se às estruturas de edifícios destinados à habitação, de edifícios de usos comercial e industrial e de edifícios públicos. Aplicam-se também às estruturas de passarelas de pedestres e a suportes de equipamentos [16].

Aqui a norma procura estabelecer a destinação das estruturas mistas de aço e concreto, ou seja, os critérios funcionais, acima, apropriadas são simples, segundo Rothery (2009, p. 10): “capacidade do projeto; maturidade do projeto; capacidade do processo de construção; características, segurança; e, elementos econômicos” [16].

Para reforço ou reparo de estruturas existentes, a aplicação desta Norma pode exigir estudo especial e adaptação para levar em conta a data de construção, o tipo e a qualidade dos materiais que foram utilizados [16].

Esse processo de estudos especiais desempenha papel fundamental, visto os requisitos inerentes dentro do processo de construção civil constituem parte integrante da norma [16].

Esta Norma não abrange o dimensionamento de estruturas em situação de incêndio, que deve ser feito de acordo com a ABNT NBR 14323. Para estruturas submetidas à ação de sismos, deve ser usada a ABNT NBR 15421. Para outras ações, como impactos e explosões, o responsável pelo projeto deve avaliar a necessidade do uso de normas complementares [18] [19].

Esta Norma não abrange o dimensionamento de elementos estruturais constituídos por perfis formados a frio, que deve ser feito de acordo com a ABNT NBR 14762 [16].

O responsável pelo projeto deve identificar todos os estados-limites aplicáveis, mesmo que alguns não estejam citados nesta Norma, e projetar a estrutura de modo que esses estados-limites não sejam violados [16].

Todos os aspectos e detalhes relacionados ao concreto dos elementos estruturais mistos que não constam explicitamente nesta Norma, como, por exemplo, disposições sobre ancoragem de barras de armadura, devem obedecer às prescrições da ABNT NBR 6118, no caso de concreto de densidade normal. No caso de concreto de baixa densidade, na ausência de Norma Brasileira aplicável, deve ser seguido o Eurocode 2 Part 1-1 Exemplar autorizado para uso exclusivo - PETROLEO BRASILEIRO - 33.000.167/0036-31 Impresso por: PETROBRAS ABNT NBR 8800:2008. É necessário que a execução da estrutura, nos aspectos que não foram prescritos nesta Norma, seja feita, na ausência de Norma Brasileira aplicável, de acordo com o AISC 303 [16].

Para situações ou soluções construtivas não cobertas por esta Norma, o responsável técnico pelo projeto deve usar um procedimento aceito pela comunidade técnico-científica, acompanhado de estudos para manter o nível de segurança previsto por esta. Para situações ou soluções construtivas cobertas de maneira simplificada, o responsável técnico pelo projeto pode usar um procedimento mais preciso com os requisitos mencionados [17].

Esse processo internacional desempenha papel fundamental na norma ISO 9000, visto que a calibração e medição dentro do processo industrial constituem parte integrante da norma, ou seja, caso inexista norma brasileira, deve ser seguidas as regras normativas internacionais, chamadas de diretrizes, que promovem a necessidade de normatização. Dependendo do projeto, as normas internacionais têm estabelecido meio diferentes, denominados de módulos, para cumprir uma norma e para avaliar a concordância com os padrões da construção de laje *steel deck* obedece ao seguintes fluxos [20]:

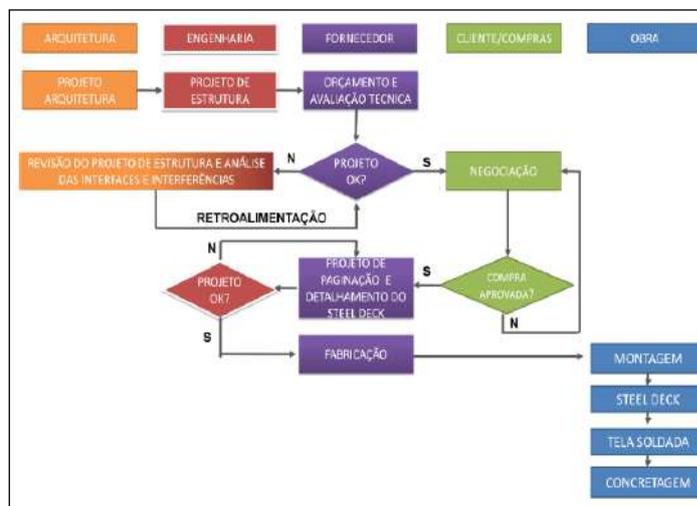


Figura 17: Fluxo de comunicação geralmente empregado no processo de execução de lajes tipo steel deck.

Fonte: [20].

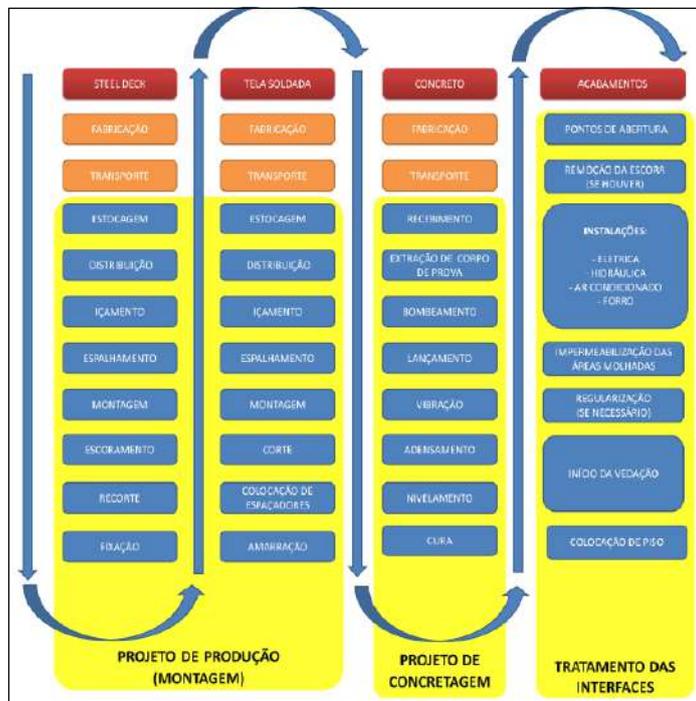


Figura 18: Fluxo de processos de produção lajes tipo steel deck. Fonte: [20].

O fluxograma é um gráfico representativo dos processos administrativos e operacionais das empresas. Deve ser claro, objetivo e didático para que todos que o vejam possam rapidamente entendê-lo.

O fluxograma é uma representação gráfica para se visualizar todo o processo, proporcionando às pessoas envolvidas na sua execução um perfeito entendimento de suas etapas. Ele pode ser bastante geral e simples, quando lista apenas as etapas principais do processo, ou detalhado e complexo, quando desdobra aquelas etapas principais em cada tarefa que as compõe [21].

Como informa a referida autora o Fluxograma é uma representação por meio de símbolos de um processo dentro de uma organização. “Fluxograma representa graficamente todas as fases de um processo produtivo” [22].

Assim, o fluxograma representa a totalidade de um processo por meio de símbolos definidos de forma clara e objetiva como se dá o andamento de cada atividade e ou processo de uma empresa [22] [23].

Na atividade 1, as entradas – arquitetura, engenharia, fornecedor, compra/clientes e obras direcionadas para as atividades subsequentes do processo [22] [23].

Na atividade 2, ocorre o projeto de arquitetura, o projeto de estrutura e orçamento e avaliação técnica. Essa atividade produz três saídas: a revisão do projeto, a negociação e, se o projeto estiver ok, segue para a próxima etapa [22] [23].

Na atividade 3, o objetivo é montagem da laje *steel deck* aparelhadas na atividade 2. O destino deste produto é a atividade de fabricação [22] [23].

A atividade 4, ocorre à montagem, *steel deck*, a tela soldada e a concretagem [22] [23].

Desta forma, o fluxograma funciona para descrever um processo, um projeto com o objetivo de conhecê-lo melhor e/ou padronizá-lo, pois, se torna uma ferramenta ainda mais completa, atribuindo responsabilidades, identificando tarefas mais complexas e estabelecendo prazos para a execução de cada etapa do processo [22] [23].

A laje *steel deck* pode ser resumida na figura abaixo [20]:

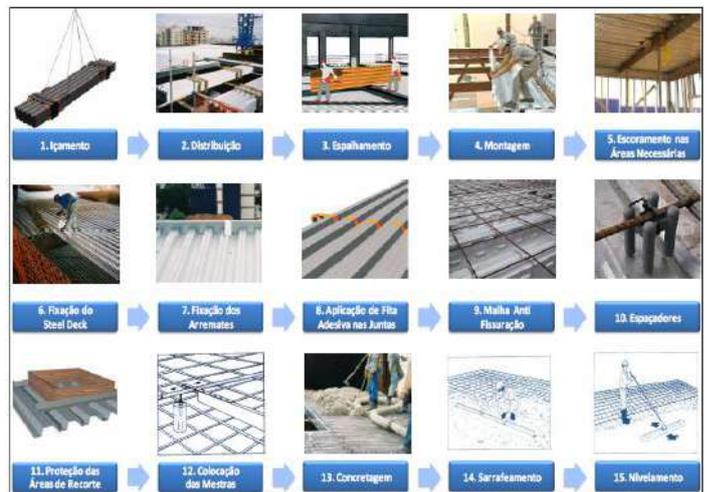


Figura 19: Fluxo de produção resumido de lajes tipo steel deck. Fonte: [20].

IV.3 ANÁLISE COMPARATIVA

Aqui são apresentados os custos das lajes nervuradas e tipo *steel deck*. Os cálculos foram realizados com variação de vãos e de carga accidental. Para a definição do custo unitário de cada material empregado na laje nervurada foram usados as tabelas de insumos e serviços do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) referente ao Estado do Amazonas com base em agosto de 2017.

Considerando a mão de obra, foram utilizados os seguintes valores;

- 1) custo do concreto $C_c = R\$ 388,95/m^3$ ($f_{ck} = 25 \text{ MPa}$),
- 2) custo de fôrmas $C_f = R\$ 41,10/m^2$,
- 3) custo do aço $C_a = R\$ 5,12/kg$ (CA-50) e $C_a = R\$ 5,64/kg$ (CA-60).

Para os carregamentos variáveis foram consideradas duas situações extremas, de acordo com a NBR 6.120:1980 - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações, simulando carregamentos para dormitório ($1,5 \text{ kN/m}^2$) e para compartimentos destinados a esportes ($5,0 \text{ kN/m}^2$).

Para os dados acima, as lajes nervuradas para vãos entre 3,5 m e 10 m. Os custos obtidos estão sintetizados no Gráfico 1:

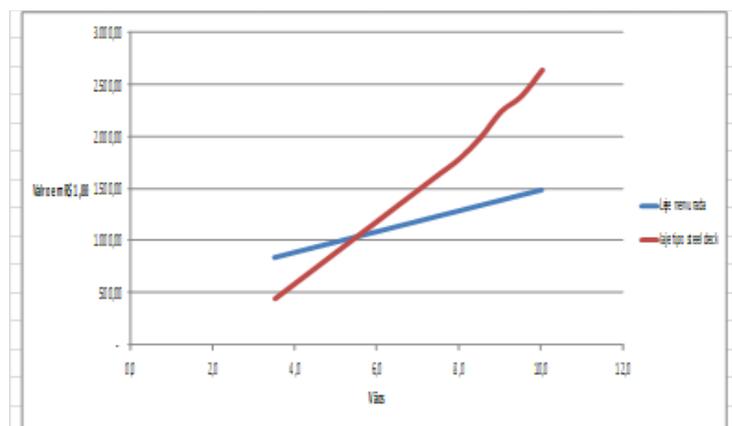


Figura 20: Custos das lajes nervuradas.

Fonte: Autores, (2018).

De acordo com o gráfico apresentado pode-se verificar que, para pequenos vãos, as lajes tipo *steel deck* possuem custo menor do que as lajes nervuradas, correspondente a **20,0%** de diferença. No entanto, para vãos maiores que 6,0 m, o custo

relativo da laje tipo *steel deck* aumenta de forma significativa, chegando a uma diferença superior a **70%** [23].

Avaliando-se os custos dos materiais, verificou-se que os custos das fôrmas representam a parcela maior do custo total das lajes, seguido do custo do concreto. Para as lajes *steel deck*, o custo por metro quadrado é basicamente o mesmo, e, portanto, sua contribuição relativa no custo total diminui para vãos maiores. Para as lajes nervuradas, a redução no custo relativo das fôrmas com o aumento do vão também ocorre, mas não de forma tão acentuada [23].

No gráfico 2 são demonstrados os pesos correspondentes às lajes, por m² para uma carga accidental de 1,5 kN/m². Percebe-se que existem diferenças grandes mesmo para pequenos e médios vãos, com o preço da *steel deck* chegando em pequenos vãos a **20,0** menor, mas no grandes vãos, esse preço é maior em até **70,0%** [23].

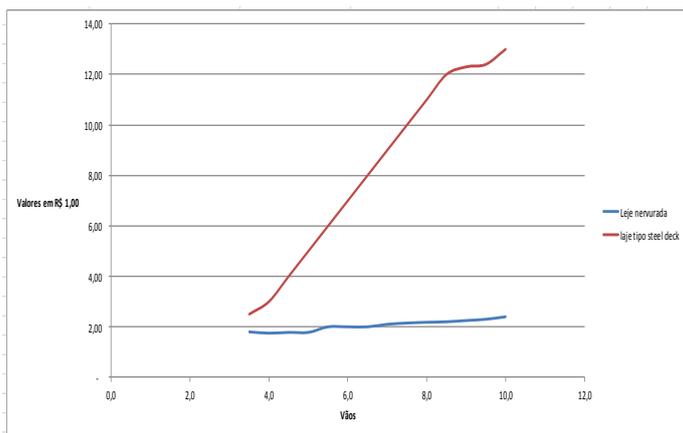


Figura 21: Pesos correspondentes às lajes.

Fonte: Autores, (2018).

No quadro 1 são apresentada as características e variáveis das lajes nervuradas e tipo *steel deck*:

Tabela 2: Características das lajes nervuradas e tipo *steel deck*.

Lajes Nervuradas	Lajes tipo <i>steel deck</i>
Característica da altura da construção A laje nervurada possui um enorme volume de espessura. A soma da espessura da laje com o pé-direito estabelece uma altura considerável entre pisos, provocando consequências nas instalações, fachadas, caixilhos etc.	Característica da altura da construção Não limitações de altura e apresenta facilidade para a passagem dos dutos para instalações e, em contrapartida, pede a fixação de um forro inferior.
Flexibilidade na arquitetura Possibilita dentro do aspecto estrutural, uma flexibilidade maior em relação ao layout da arquitetura projetada. Já para as áreas molhadas da edificação, esta flexibilidade decai em função das limitações impostas pela passagem das tubulações hidráulicas.	Flexibilidade na arquitetura As lajes <i>steel deck</i> apresentam excelente desempenho devido à flexibilidade, permeabilidade e monolitização em função de sua versatilidade arquitetônica.
Acabamento do forro Deve-se utilizar forro nas lajes nervurada neste tipo de estrutura, seja pela aplicação de massa de cimento para regularizar a superfície ou placas para esconder a tubulação.	Acabamento do forro Facilidade de passagem de dutos e de fixação de forros.
Espessura da laje A espessura média do concreto é usualmente baixa. Esta pode ser obtida pela divisão do volume de concreto do conjunto laje + nervura + pilares pela área da laje nervurada.	Espessura da Laje 0,80 mm, 0,95 mm e 1,20 mm, com um comprimento de até 12 metros.
Concepção de execução A quantidade de aço utilizado em uma laje nervurada é baixa. Porém, a taxa de armadura costuma ser alta, pois o volume de concreto utilizado é baixo também. Em casos em que não se utilizam estribos nas nervuras, a taxa de aço diminui, oscilando entre 40 e 70 Kg/m ³ .	Concepção de execução Uma taxa de armadura para uma edificação residencial varia de 60 a 100 Kg/m ³ . Em edifícios varia de 200 a 300 Kg/m ³ .
Protensão Raro	Protensão Rara
Mão de obra de armação A terceirização deve ser utilizada na pré-montagem da laje em função do aumento da produtividade, já que a equipe da própria obra possui geralmente dificuldade de execução.	Mão de obra de armação Deve ser altamente qualificada e com controle de qualidade o tempo todo o que aumenta o custo. L

Fonte: Autores, (2018).

V CONCLUSÃO

Para este trabalho foi proposto os seguintes objetivos: objetivo geral, estudar a aplicação de lajes pré-moldadas com treliça nervuradas e do tipo *steel deck* fazendo uma análise comparativa de lajes nervuradas e do tipo *steel deck*, para aplicar na cidade de Manaus, além de especificamente, verificar o processo construtivo das lajes; identificar o custo de produção e execução da laje nervurada e do tipo *steel deck*; e, analisar as vantagens e as desvantagens do uso de um ou outro tipo de laje na cidade de Manaus. Com esses objetivos, o dimensionamento de cada tipo de laje foi formulado de acordo com as recomendações técnicas emanadas da ABNT e suas normas para laje nervuradas e de acordo com as normas internacionais para as lajes tipo *steel deck* para os mais diversos vãos e carregamentos, de onde foram obtidas as dimensões correspondentes ao menor custo. Com base no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) referente ao Estado do Amazonas, chegou-se a conclusão de que a laje nervurada apresenta menor custo de produção em relação às lajes *steel deck* (gráfico 1 e gráfico 2), embora em matéria de qualidade e durabilidade estas últimas serem bem melhores conforme aponta o quadro 1. Quanto às vantagens de uso pode-se inferir que para as lajes nervuradas:

- dispensa usos de compensados;
- nervuras tecnicamente dimensionadas;

Sem perigo de corrosão; redução de cargas na estrutura; facilidade de montagem e desmontagem; menor consumo de madeira; maior velocidade de execução; reutilização das fôrmas em três dias; fácil desforma manual; Redução do custo final da obra

Quanto às vantagens de uso pode-se inferir que para as lajes tipo *steel deck*:

Alta qualidade de acabamento da laje; dispensa escoramento e reduz os gastos com desperdício de material; facilidade de instalação e maior rapidez construtiva.

As principais desvantagens das lajes nervuradas está diretamente ligada ao cuidado que deve ser realizado quando de sua produção. Também podem aparecer trincas, além disto, a concretagem é de difícil execução e o trabalho de armação é delicado e demorado requerendo mão-de-obra intensiva acarretando baixa produtividade.

As desvantagens das lajes tipo são:

- necessidade de forros suspensos, por razões estéticas;
- maior quantidade de vigas secundárias.

VI REFERÊNCIAS

- [1] Macedo, Marcelo Álvaro da Silva; Corrar, Luiz João. **Análise Comparativa do Desempenho Contábil-Financeiro de Empresas com Boas Práticas de Governança Corporativa no Brasil**. Revista de Contabilidade e Controladoria, ISSN 1984-6266 Universidade Federal do Paraná, Curitiba, v. 4, n.1, p 42-61, jan./abr. 2012.
- [2] Torres, Melando de Oliveira (org). **Lajes: tipos e produção**. São Paulo: Nobel, 2009.
- [3] Beltrão, A. J. N. **Comportamento estrutural de lajes mistas com corrugações na alma dos perfis de chapa dobrada**. Dissertação de mestrado (Engenharia Civil). Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003. (Versão digitalizada).

- [4] Filho, Paulo Moisés Viana de Araújo. **Estudo comparativo de sistema de lajes**. Manaus: Centro Universitário Luterano de Manaus – CEULM/ULBRA, 2013. Monografia de graduação do curso de engenharia civil. Versão digitalizada.
- [5] Pollilo, Adolpho. **Dimensionamento de concreto armado**. Vol II. São Paulo: Nobel, 10981.
- [6] BRASIL. NBR 8.800. Brasília: **Associação Brasileira de Normas Técnicas–ABNT**, 2008. Disponível em <http://www.abnt.gov.br> Acesso em 19 de ago de 2017.
- [7] BRASIL. NBR 14.931. Brasília: **Associação Brasileira de Normas Técnicas–ABNT**, 2014. Disponível em <http://www.abnt.gov.br> Acesso em 19 de ago de 2018.
- [8] Silva, Tecn Raphael da. **Projeto de produção para construção metálica aplicado em lajes mistas steel deck**. CONSTRUMETAL – Congresso Latino-Americano da Construção Metálica São Paulo – Brasil – 31 de agosto a 02 de setembro 2010. Disponível em <http://www.abcem.org.br/construmetal/2010/downloads/contribuicoes-tecnicas/10-projeto-de-producao-para-construcao-metalica-aplicado-em-lajes-mistas-steel-deck.pdf> Acesso em 19 de ago de 2018.
- [9] Moraes, Paulo Mesquita Souza. **Lajes steel deck**. 2011. Disponível em <http://www.metallica.com.br/lajes-steel-deck> Acesso em 19 de ago de 2018.
- [10] Vergara, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- [11] Vanderlei, Romel Dias. **Lajes nervuradas**. Artigo, 2010. Disponível em <http://www.trabalhosfeitos.com/topicos/lajes-nervuradas/0> Acesso em 19 de ago de 2018.
- [12] BRASIL. NBR 14.931. Brasília: **Associação Brasileira de Normas Técnicas–ABNT**, 2008. Disponível em <http://www.abnt.gov.br> Acesso em 19 de ago de 2018.
- [13] BRASIL. NBR 12655. Brasília: **Associação Brasileira de Normas Técnicas–ABNT**, 2008. Disponível em <http://www.abnt.gov.br> Acesso em 19 de ago de 2018.
- [14] Lima, Paulo Honório. **Controle de qualidade e padronização na construção civil**. São Paulo: Summus, 2007.
- [15] Gomes, Eduardo Fernandes Kiriu. **Gerência da qualidade total e padronização na construção civil**. Belo Horizonte: UFMG, 2005.
- [16] BRASIL. NBR 8.800. Brasília: **Associação Brasileira de Normas Técnicas–ABNT**, 2008. Disponível em <http://www.abnt.gov.br> Acesso em 19 de ago de 2018.
- [17] BRASIL. NBR 15279. Brasília: **Associação Brasileira de Normas Técnicas–ABNT**, 2008. Disponível em <http://www.abnt.gov.br> Acesso em 19 de ago de 2018.
- [18] BRASIL. NBR 14323. Brasília: **Associação Brasileira de Normas Técnicas–ABNT**, 2008. Disponível em <http://www.abnt.gov.br> Acesso em 19 de ago de 2018.
- [19] BRASIL. NBR 15421. Brasília: **Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT**, 2008. Disponível em <http://www.abnt.gov.br> Acesso em 19 de ago de 2018.
- [20] Silva, Raphael da. **Projeto de produção para construção metálica aplicado em lajes mistas steel deck**. Artigo, 2013. Disponível em <http://www.construmetal.com.br/2010/downloads/contribuicoes-tecnicas/10-projeto-de-producao-para-construcao-metalica-aplicado-em-lajes-mistas-steel-deck.pdf> Acesso em 19 de ago de 2018.
- [21] Costa, Rosane Marques Crespo. **Como Praticar o 5S: QFCO**: Belo Horizonte. 2006.
- [22] Boschi, Hércules. **Planejamento por Objetivos**. São Paulo: Atlas, 2007.
- [23] MANAUS. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) referente ao Estado do Amazonas**. Disponível em <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx> Acesso em 19 de ago de 2018.



Evaluation Of The Use Of Sugar In The Mortar With Emphasis In Absorption Of Water

Laise Curvina Queiroz¹, Rubens Moraes Gomes¹, Alexandra Amaro de Lima²

^{1,2,3}Universidade Paulista - UNIP, Brasil, Av. Mário Ypiranga, 4390 - Parque 10 de Novembro, Manaus - AM, 69050-030.

Email: laise_q@hotmail.com, rubens.m@hotmail.com, xanduca@gmail.com

ABSTRACT

The present article will evaluate, in the scope of water absorption, the addition of sugar in the mortar mixture. This type of empirical technique is commonly used in the northeast of the country, and performs well, according to who uses it. In the construction market there is a range of additives that are used to alter certain characteristics of the mortar and concrete in order to optimize them. Empirically, refined sugar is used as a water-repellent handle retarder, as well as in structures with high temperature incidence. Therefore, it was perceived the need to verify the performance of this mixture with according to current norms, so that it has scientific support in the latter's employment. At the beginning pilot tests were performed, not standardized to test the limits of this addition, amplifying the infra mentioned effects. Subsequently, tests, based on ABNT standards, show that the use of sugar in the mortar mixture increases capillary absorption, rather than reducing it, and equates to sugar-free test specimens when the immersion test is performed. It was also observed that this addition improves the workability, delays the handle, however, it weakens the part reducing its abrasive resistance. Nevertheless, it was observed, with support in the tests carried out, that the addition of sugar is inefficient in inhibiting the infiltration of water and the benefits achieved do not supplant the lack of effectiveness of this technique. It is not known, therefore, if these results are influenced by the climate of the region, recommending further studies of the problem.

Keywords: Mortar; Moisture; Water absorption; Empirical techniques; Sugar.

Avaliação do uso de açúcar na argamassa com ênfase na absorção de água

RESUMO

O presente artigo avaliará, no âmbito da absorção de água, a adição de açúcar na mistura de argamassa. Esse tipo de técnica empírica é comumente empregada no nordeste do país, e apresenta bom desempenho, segundo quem a utiliza. No mercado da construção civil existe uma gama de aditivos que são utilizados para alterar determinadas características da argamassa e concreto objetivando otimizá-los. Empiricamente, o açúcar refinado é usado como retardador de pega, impermeabilizante, bem como em estruturas com incidência de altas temperaturas. Portanto, percebeu-se a necessidade de verificar o desempenho dessa mistura com de acordo com normas vigentes, para que se tenha amparo científico no emprego deste. A princípio foram realizados ensaios pilotos, não normatizados para testar os limites dessa adição, amplificando os efeitos infra mencionados. Posteriormente, ensaios baseados nas normas da ABNT, apontam que o uso do açúcar na mistura da argamassa aumenta a absorção capilar, ao invés de reduzi-la, e se equipara aos corpos de prova sem açúcar, quando realizado o ensaio de imersão. Observou-se ainda que essa adição melhora a trabalhabilidade, retarda a pega, no entanto, fragiliza a peça diminuindo sua resistência abrasiva. Não obstante, percebeu-se, com arrimo nos ensaios realizados, que a adição de açúcar é ineficiente em inibir a infiltração de água e os benefícios atingidos não suplantam a ausência de eficácia desta técnica. Não se sabe, portanto, se estes resultados são influenciados pelo clima da região, recomendando-se estudos mais aprofundados do problema.

Palavras-chave: Argamassa; Umidade; Absorção de água; Técnicas empíricas; Açúcar.

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0). <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



I INTRODUÇÃO

O cimento é o material mais usado no sistema de construção convencional, sendo ele a base para confecção de argamassa e concreto, principalmente. A adição de determinados produtos à mistura do cimento, ocorre precisamente para que haja otimização de uma característica em particular. Noutra época, quando produtos específicos para retardar a pega, para impermeabilizar, para aumentar a resistência, etc., não eram comercializados por falta de estudos pertinentes e/ou por ausência de procura a qual pudesse justificar a produção em larga escala, lançava-se mão de receitas caseiras, isto é, técnicas empíricas.

Alguns desses métodos se perpetuam até os dias atuais, como no caso do açúcar adicionado a argamassa visando trabalhabilidade, retardo de pega, resistência a elevadas temperaturas e impermeabilidade [1], que é amplamente usado na região nordeste e sudoeste do país. Se antes a finalidade era desenvolver produtos que proporcionassem resultados eficazes em relação a essas características, hoje a finalidade hoje é provar se o açúcar é ou não benéfico, dentro de suas limitações, e se os benefícios alcançados superam os possíveis malefícios que a sacarose venha causar ao cimento.

Nas últimas décadas, o mercado imobiliário tem mostrado um forte crescimento e associado a este crescimento o surgimento de novas tecnologias, desde estruturas metálicas, madeiras, pré-moldados, e novos materiais. Paralelamente, indústrias e fabricantes de materiais na área de construção civil têm investido pesquisas na descoberta de novas técnicas e produtos impermeabilizantes.

Uma das preocupações mais frequentes dos profissionais são as infiltrações em lajes térreas, que por consequência podem causar uma série de problemas desde o acabamento até a estrutura. A durabilidade das construções e a passagem de agentes indesejáveis como água e outros fluidos está diretamente relacionada a qualidade da impermeabilização, segundo [2], pois estes podem degradar as estruturas e revestimentos. Desta forma, o investimento em técnicas e materiais impermeabilizantes pode valorizar o imóvel, além de trazer segurança para o usuário deste.

II DESENVOLVIMENTO

A qualidade final da obra está relacionada ao planejamento e a prevenção de futuras patologias, logo o gerenciamento adequado da mesma fará com que problemas posteriores sejam reduzidos. Com intuito de auxiliar no julgamento de técnicas para minimizar os efeitos higroscópicos da argamassa, o presente trabalho contempla alguns parâmetros para análise da argamassa com adição de açúcar visando determinar capacidade absorção de água por capilaridade e por imersão, de acordo com a NBR 9778 e NBR 9779.

A argamassa é um material de construção poroso, isto é, contém espaços intersticiais que permitem o fluxo de diversos fluidos, geralmente ar, água ou vapor de água [3]. A NBR 7200 a define como “uma mistura de aglomerantes e agregados com água, o que faz com que possuam uma capacidade de endurecimento”.

Esse material, bastante complexo, sob prisma microestrutural, é utilizado na construção civil, principalmente, com finalidade de unir blocos cerâmicos, para que estes possam transmitir os esforços existentes na alvenaria e ainda revestir a estrutura com objetivo de evitar deformações, agregando, externamente características estéticas favoráveis à edificação.

O estudo da mistura de cimento/areia, segundo [4] divide-se em dois grupos, sendo eles de: argamassa fresca, quando esta se encontra em estado plástico suscetível a deformação e

argamassa endurecida, quando já atingiu resistência mecânica suficiente para resistir aos esforços.

Logo, para que argamassa desempenhe corretamente as funções a ela inerentes, faz-se necessário que atenda critérios estabelecidos tanto no estado fresco como no endurecido, [5] destaca as principais propriedades dos dois estados, respectivamente:

- Trabalhabilidade, a retenção de água a aderência inicial e a retração na secagem.
- Aderência, a capacidade de absorver deformação e a resistência à compressão.

Não é de se causar espanto que as falhas mais comuns relacionadas a construção civil são ocasionadas por umidade, embora em alguns casos esteja combinada a outros fatores como trincas, fissuras etc., muitas das ocorrências acontecem por negligência de projeto voltado para impermeabilização. Não havendo este, há copiosa incidência de penetração de água, causando efeitos colaterais tais como danos a estética, estrutura, e se não tratada, até mesmo a funcionalidade, sem mencionar o desconforto por parte do indivíduo [6].

A água está presente em todas as etapas de uma obra, não tem com evitar, desde a mistura com o cimento até o solo onde será locada a fundação, e mesmo após a conclusão da obra ela continua interferindo na edificação, seja por meio de precipitações ou através da umidade do solo.

Sendo a constante que é, deve ser administrada com o devido rigor, lançando-se mão de sistemas de impermeabilização e drenagem que assegurem a integridade do sistema de pintura e durabilidade dos revestimentos argamassados [7].

Deve-se admitir que a dissociação da água do sistema construído é um fator um tanto complexo, e saber a origem e a forma que se manifesta a patologia é fundamental para tratá-la, de acordo com [8] se classifica umidade da seguinte forma:

- Umidade da obra: relacionada a construção, isto é, água utilizada na mistura ou preparação dos materiais.
- Umidade de infiltração: se vale de outras patologias, como fissuras e trincas, e penetra nas alvenarias adicionando problemas a construção.
- Umidade de condensação: tem origem do vapor de água que se condensa na superfície e até mesmo no interior das construções.

• Umidade acidental: ocasionada por vazamento hidráulico.

• Umidade de ascendente: água do solo que ascende à superfície por meio das fundações, migrando para pisos e paredes.

Dentre essas, a mais persistente é a ascendente, visto que sua atuação se mantém constante durante toda vida da obra. Para evitar este tipo de manifestação da umidade, deve-se fazer a escolha adequada dos materiais utilizados, principalmente os de impermeabilização, adotando uma técnica construtiva que minimize o transporte da umidade do solo para as alvenarias [9].

Para uma compreensão mais aprofundada do transporte de umidade não basta apenas analisá-lo macroscopicamente, segundo o estudo realizado por [10] uma abordagem microscópica é fundamental para o entendimento desses fenômenos. A Tabela 1 sintetiza, teoricamente falando, como ocorrem os deslocamentos de fluido através dos poros existentes na argamassa.

Tabela 1: Mecanismos de deslocamento de umidade nos materiais

Estado Físico da água	Forças que causam o deslocamento da água
Líquido	Capilaridade
Gasoso	Difusão
	Convecção

Fonte: Adaptada de [1].

Os materiais utilizados para confecção de argamassa apresentam ampla variedade no diâmetro dos poros, e para melhor assimilar é necessário que haja a subdivisão supramencionada. A Figura 1 mostra uma parede porosa, com vazios preenchidos (em escuro), onde ocorre troca de líquidos por meio de condensação, migração capilar e evaporação, e vazios não preenchidos que fazem transferência de vapor de água por difusão.

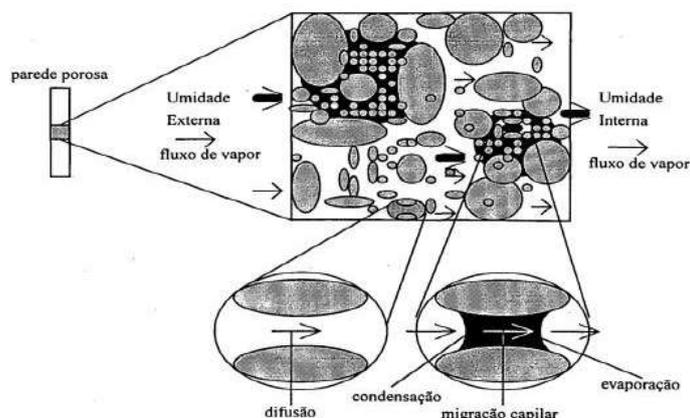


Figura 1: Transferência de umidade em uma parede porosa.

Fonte: [11].

A umidade possui ainda outra variável, uma vez que os produtos da construção civil são higroscópicos, isto é, atraem água do ambiente. Sabe-se que o ar é tido como a combinação de vapor de água e ar seco. Para x volume de ar, a pressão de vapor é proporcional ao número de moléculas de água contidas no ar, logo, se o vapor de água - nada mais que a forma gasosa da água - aumenta, ela (pressão de vapor) também se intensifica [7].

Definida como a razão entre pressão de vapor do ar e pressão de vapor de saturação do ar, em uma dada temperatura, a umidade relativa do ar é o índice mais conhecido para descrever o conteúdo de vapor d'água.

Neste estudo não foi possível a abordagem da umidade em nível gasoso, no entanto, aprouve apresentar no Gráfico 1 a umidade relativa do ar da capital amazonense correspondente ao mês de maio de 2018, que comprova quão alta é a UR na cidade, a propósito, essa margem percentual se repete durante praticamente todo o ano.

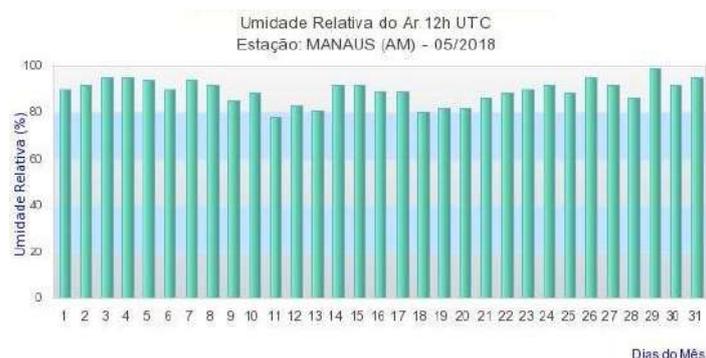


Figura 1: Umidade relativa do ar (12h UTC) na cidade de Manaus.¹

Fonte: [13].

¹ UTC significa Coordenada de Tempo Universal, com referência ao Meridiano de Greenwich (Inglaterra), equivalente ao horário de Londres, que corresponde a 3 horas a mais em relação ao horário de Brasília. 12h UTC equivale as 09h de Brasília do dia atual (INMET,2018).

Dito isto, [9] explica que o transporte por difusão entre componentes gasosos ocorre da concentração mais elevada para a zona onde sua concentração é mais baixa, buscando o equilíbrio das moléculas. Sendo que a convecção é caracterizada pelo fenômeno de passagem de vapor d'água da superfície mais quente para a mais fria, em consequência de uma agitação das moléculas causada por uma alteração de pressão que, por sua vez, é gerada pela diferença de temperatura [21].

A migração de umidade, em materiais de edificações, é fortemente influenciada pela estrutura porosa, o que não permite que o fluxo líquido seja governado pela teoria da difusão, isto posto, para que ocorra esse deslocamento de umidade as interações entre essas moléculas de líquido tem de ser mais importante que o sólido [16]. Desta maneira, segundo [23] o deslocamento ocorrido é consequência direta da força de atração entre o líquido e o material sólido e, portanto, a elevação capilar pode ser definida como fluxo vertical de água, originado do solo, que ascende para uma estrutura permeável.

Os mecanismos de fixação de umidade na superfície dos poros, podem ser subdivididos em três. Podendo ocorrer por meio de adsorção física, condensação e capilaridade. [7] define a adesão por adsorção como “um fenômeno físico que ocorre quando uma partícula de um material se deposita na superfície de outro sem que haja interação química”. Uma outra definição a compreende como “a fixação de uma certa quantidade de água pela superfície do poro de um material, atribuída a forças intermoleculares” [23].

Logo, a adsorção física é intimamente relacionada a superfície específica dos poros e, portanto, mais comum em materiais que possuem poros com menores dimensões e maior superfície específica. A espessura da camada de moléculas que são adsorvidas depende da pressão de vapor, que depende da umidade relativa, sendo estas diretamente proporcionais, de tal maneira que se a porcentagem de UR sobe, aumenta-se também a espessura de camada adsorvida na superfície dos poros [9].

Quando o diâmetro dos poros é suficientemente pequeno para haver contato entre as camadas adsorvidas e a pressão de vapor se iguala a pressão de saturação possibilitando a condensação. Isso só é possível quando há diferença de umidade e temperatura nas extremidades do material analisado, caso contrário não haverá intercessão entre as curvas de saturação, e a fase líquida não poderá preencher o vazio deixado pelos poros. [11] faz distinção entre dois tipos de condensação as internas quando ocorrem dentro da parede e as superficiais que como o nome sugere acontece em sua superfície.

Tem-se ainda, a umidade ascendente, conhecida como capilaridade, originada no solo, indo direto para as fundações, e depois para alvenaria, prejudicando por vezes os revestimentos argamassados, ocorre por ausência de proteção das fundações contra absorção de água. O estudo que [23] realizou confirma esta assertiva ao apresentar dados que comprovam que a não impermeabilização da estrutura de fundação (no caso do estudo, viga baldrame), permite maior fluxo de fluidos através dos poros se comparado com as não impermeabilizadas.

A absorção de água e a permeabilidade da argamassa em conjunto com a presença da umidade são os principais fatores do surgimento de manifestações patológicas nos revestimentos das edificações. Dentre as manifestações patológicas mais recorrentes estudadas por destacam-se: manchas de umidade, eflorescência (Figura 2), friabilidade da argamassa, descolamento, fissuras e mudanças de coloração dos revestimentos, etc. [24].



Figura 3: Eflorescência em piso.
Fonte: [20].

Para otimização da argamassa e concreto e para evitar a ocorrência de patologias, opta-se pelo aditivo, que segundo a NBR 11768:2011 é um produto que pode ser adicionado em porcentagem “não maior que 5% da massa de material cimentício contida no concreto, com o objetivo de modificar propriedades do concreto no estado fresco e/ou no estado endurecido”. Devido as diversas vantagens proporcionadas pelo uso do aditivo quando se executa ou aplica a mistura cimentícia, foram motivados diversos estudos acerca do assunto, que como consequência, ganhou, em curto espaço de tempo, qualidade e aceitação no mercado. [17] discorre sobre esta evolução e o grande avanço dessa indústria específica, reiterando a importância da adição destes, já que podem modificar propriedades importantes do concreto tanto estado fresco, quanto no endurecido.

Para minimizar os efeitos da ascensão de água através de estruturas além do uso de aditivos, de acordo com [8], é necessário que haja redução na relação a/c , pois esta é diretamente proporcional a porosidade. Os aditivos então, ajudariam no processo de impermeabilização aumentando a proteção do concreto e argamassas ao preencher parcialmente sua estrutura porosa com uma fina película higroscópica.

A relação água cimento está intrinsecamente ligada a porosidade do material sendo que quanto menor for essa relação menor volume de poros. Segundo [13], “a utilização de produtos de proteção adicionados ao concreto no momento da sua mistura é uma boa alternativa para redução da porosidade deste concreto, dificultando a entrada de agentes agressivos”, essa afirmativa também se aplica a argamassa.

Foi realizado por [21] um estudo com vários produtos impermeabilizantes e observou-se que nenhum deles atendeu ao critério de redução mínimo de 50%, estabelecido pela NBR 16072, apesar de alguns reduzirem significativamente a ascensão capilar. Com isto, percebe-se que mesmo no mercado de aditivos essa ação de selar os poros dos materiais é difícil de ser obtida.

Há indícios do uso do açúcar, como aditivo impermeabilizante, no nordeste brasileiro, região que possui clima semiárido e umidade relativa do ar abaixo de 20%. Manaus está localizada em uma região onde o clima é quente e úmido, com temperaturas elevadas durante o ano todo, possuindo baixas frequências de ventos e alta umidade relativa do ar, não havia como prever o comportamento da argamassa, nem se essa técnica se adaptaria as condições climáticas encontradas nesta cidade. De posse dessas questões percebeu-se a necessidade de avaliar o desempenho desta técnica nessa região.

O açúcar, conhecido para efeito de estudo como sacarose, é, assim como a maioria dos materiais de construção, higroscópico. Quimicamente falando o açúcar age, quando da adição no cimento, na cristalização do mesmo, retardando as reações de hidratação, e assim deixando a massa mais trabalhável.

Nos primeiros minutos da reação do cimento com a água, ele libera calor e forma uma espécie de gel que vai transformar essa massa seca em uma massa trabalhável. A Figura a seguir mostra, em nível microscópico, como são os cristais através dos quais o cimento consegue atingir sua função de aglomerante hidráulico.

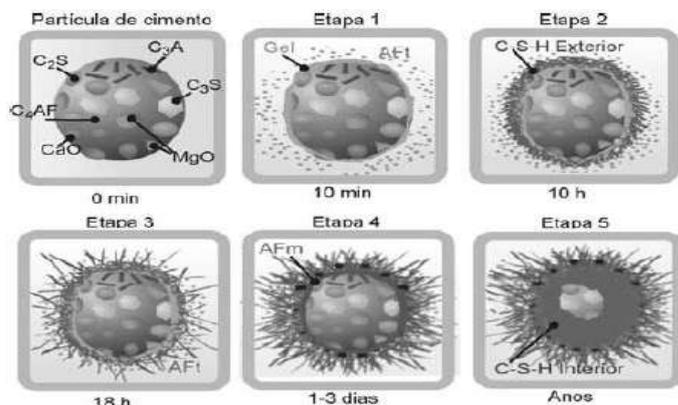


Figura 4: Etapas de hidratação de uma partícula de cimento.
Fonte: [10].

Na literatura, portanto, não conseguiu-se encontrar alusões ao uso do açúcar na argamassa, que trouxessem explicações científicas para o uso do açúcar com função impermeabilizante.

III METODOLOGIA

Pela característica do estudo a ser realizado, a pesquisa foi desenvolvida inicialmente por uma fase exploratória, dessa maneira foram produzidos corpos de prova de argamassa com três diferentes concentrações de açúcar, estes testes serviram de subsídios para as percepções iniciais necessárias na elaboração de parâmetros para avaliar os efeitos do açúcar no cimento.

Os corpos de prova de argamassa, constituídos de Cimento Portland MIZU CPIV-32, areia, água e açúcar, sendo estes moldados segundo a ABNT NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Para este ensaio foram utilizados cilindro de 100 mm de diâmetro (Figura 4), respeitando o material requerido na NBR 1020, o adensamento foi realizado de forma manual utilizando uma haste metálica de dimensões padronizadas.



Figura 4: Corpos de prova em forma.
Fonte: Autores, (2018).

Após a confecção dos CP's, estes foram levados imediatamente até o local onde permaneceram durante a cura inicial. Para cada concentração foram elaborados três corpos de prova. Os traços foram dimensionados com o objetivo de se

determinar inicialmente os extremos do objeto de estudo, por conta disso foi desenvolvido exemplares com grande quantidade de açúcar e exemplares sem a adição de açúcar, posteriormente foram produzidos exemplares com dosagens intermediárias.

Nesta fase observou-se o comportamento dos CP's desde a produção até o seu vigésimo oitavo dia, bem como sua reação ao ser submergido em água por um período de seis dias.



Figura 6: Corpos de prova submetido a água.
Fonte: Autores, (2018).

Após essa etapa e já com proporções medianas de adições, foram confeccionados 8 novos corpos de prova, 4 com adição de açúcar (2,23 %) e 4 sem adição, executados de acordo com a NBR 7215. Estes cp's foram usados para determinar a absorção de água por capilaridade sendo submetido ao ensaio descrito na NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação de absorção de água por capilaridade e aplicado a fórmula presente na norma:

$$C = A - \frac{B}{5} \quad (1)$$

Esse ensaio consiste em elaborar corpos de prova baseados na NBR 7215 e para análise de composições de argamassa ou concreto, a amostra deve ser constituída de no mínimo três corpos-de-prova. Tendo os cp's a idade de 7 dias devem ser pesados para determinação da massa do cp ao ar e submete-lo a estufa (100°C a 110°C) por 24 horas, resfriar ao ar (21°C a 25°C) descansar os cp's em suporte específico de modo que uma pequena superfície (4 mm a 6 mm) esteja em contato com água, por fim deve-se tomar nota das massa com intervalos de 3h, 6h, 24h, 48h e 72h, após a última etapa romper os corpos de prova por compressão diametral, conforme NBR 7222, de modo a permitir a anotação da distribuição da água no seu interior.

Foram, também, preparados outros 12 (doze) Cp's sendo 6 aditivados com açúcar e 6 sem aditivo, elaborados de acordo com a NBR 7215. Cp's esses utilizados para execução do ensaio descrito na NBR 9778 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de Água por imersão – índice de vazios e massa específica, para determinar a absorção de água por imersão e posteriormente aplicados na fórmula descrito na norma:

$$M_{sat} - M_s \times \frac{100}{M_s} \quad (2)$$



Figura 7: Materiais e equipamento de mistura da argamassa.
Fonte: Autores, (2018).

Na execução dos Cp's foi utilizado adensador mecânico e as dimensões dos corpos eram 100 mm de altura por 50 mm de diâmetro.



Figura 8: Corpos de prova imersos.
Fonte: Autores, (2018).

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a confecção dos corpos de prova, por meio das técnicas descritas acima, observou-se alguns fatores relacionados a adição do açúcar sendo o primeiro deles a trabalhabilidade, percebida na própria produção dos CP's, quanto mais açúcar era adicionado a massa, menos água era necessário pra deixa-la trabalhável, vide Gráfico 2.

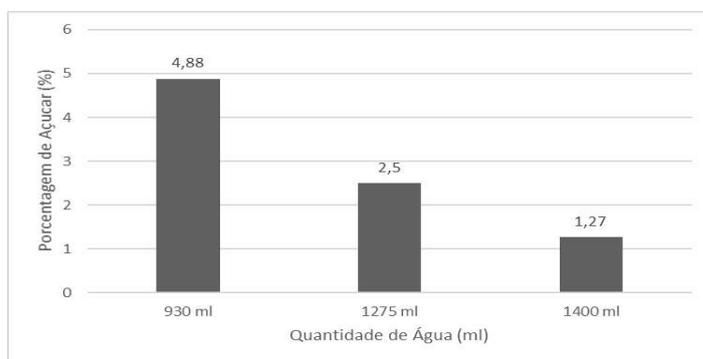


Figura 9: Relação água/açúcar.
Fonte: Autores, (2018).

O segundo aspecto é o retardo da pega, percebida claramente no corpo de prova onde 26,5% de sua constituição era

de açúcar, neste, a pega não ocorreu e o corpo de prova ficou deformado, como nota-se na Figura 17. Estas observações já foram exploradas por [15] que acompanhou a cura através do ensaio de penetração de palitos, segundo a NBR 7215, concluindo que há, realmente, uma faixa de retardamento maior quando da adição de açúcar, este fato é, ainda, comprovado por [14], num estudo sobre contaminação de agregados com açucares. O estudo mostrou que o processo de hidratação é essencial para que o concreto adquira resistência.



Figura 10: Corpo de prova que não ocorreu a pega.
Fonte: Autores, (2018).

O terceiro aspecto diz respeito ao efeito do açúcar após a cura dos cp's, onde estes foram imersos em água durante um período de 6 (seis) dias, vale ressaltar que apenas foram colocados na água os exemplares constituídos de 19%, 10% e 0% de açúcar. Quando da retirada dos corpos de prova observou-se fissuras nos cp's com maiores concentrações de açúcar, concentrações essas superestimadas, portanto percebe-se que o açúcar em quantidades elevadas ocasiona degradação da argamassa.



Figura 11: Cp's com concentrações diferentes de açúcar.
Fonte: Autores, (2018).

Quanto as implicações pertinentes ao ensaio de absorção de água por capilaridade, temos a relatar que os cp's com açúcar apresentaram um nível de absorção de água muito superior ao que se obteve nos corpos de prova sem açúcar, episódio claramente representado na tabela e gráficos abaixo, compostos por valores resultantes das medias dos Cp's ensaiados.

Tabela 2: Absorção por capilaridade

Aditivo	Absorção por capilaridade (% sobre a massa seca)				
	3h	6h	24h	48h	72h
Açúcar	129%	163%	183%	185%	188%
Não há	23%	36%	56%	61%	64%

Fonte: Autores, (2018).

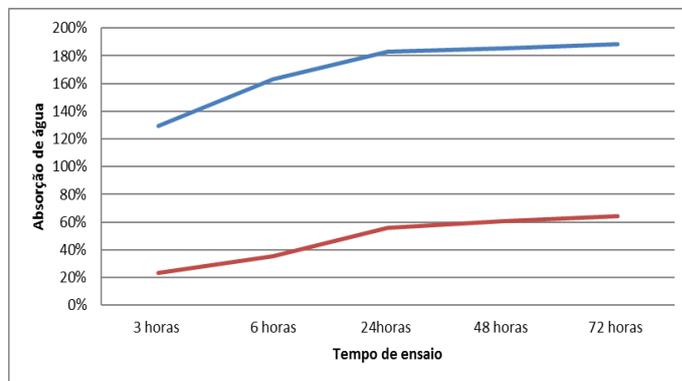


Figura 12: Relação tempo/absorção de água.
Fonte: Autores, (2018).

De forma complementar, foi possível notar diferença quanto a textura e aderência dos exemplares, sendo que os com aditivos possuía cor mais clara e menos aderência como pode ser comprovado na Figura 13.



Figura 13: Diferença de textura e aderência.
Fonte: Autores, (2018).

No momento da desforma, quando o corpo de prova possuía a idade de 24 horas e após a retirada da estufa na idade de 48 horas o peso dos Cp's com aditivos é mais leves se comparado com os sem aditivo, como pode ser visto na tabela 3.

Tabela 3: Relação peso / tempo

Cp's	Sem açúcar	Peso (g)	Com açúcar	Peso (g)
Cp 1	Após 24 horas em forma.	412,3	Após 24 horas em forma.	406,5
	Após 24h em estufa.	385,6	Após 24h em estufa.	370,2
Cp 2	Após 24 horas em forma.	410,4	Após 24 horas em forma.	408
	Após 24h em estufa.	384	Após 24h em estufa.	372,2
Cp 3	Após 24 horas em forma.	415,2	Após 24 horas em forma.	409,7
	Após 24h em estufa.	389,2	Após 24h em estufa.	373,2
Cp 4	Após 24 horas em forma.	413,5	Após 24 horas em forma.	407,8
	Após 24h em estufa.	386,7	Após 24h em estufa.	371,2

Fonte: Autores, (2018).

Os resultados obtidos através do ensaio de absorção de água por imersão não demonstraram um padrão definido, se analisados separadamente, como se pode observar na Tabela abaixo, hora os cps com açúcar apresentam absorção por imersão maior que os sem adição de açúcar e noutro momento acontece o contrário. Não obstante, quando da execução de média, os corpos de prova com aditivo apresentam absorção por imersão ligeiramente maior que os sem aditivo, dado que fica explícito na Tabela a seguir:

Tabela 4: Absorção de água por imersão.

Aditivo	Absorção por imersão (CP's com idade de 48 horas)						
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	MÉDIA
Com adição de açúcar	9,65	9,47	9,37	9,68	9,54	9,47	9,53
Sem adição de açúcar	8,35	10,2	9,12	9,16	8,86	9,35	9,17

Fonte: Autores, (2018).

As médias foram realizadas para várias idades dos corpos de prova, sendo possível acompanhar sua absorção durante o período do ensaio, na tabela pode-se encontrar a média de absorção por imersão em quatro idades diferentes. Às quatro horas os cp's com açúcar chegam a apresentar o dobro da absorção em relação aos cp's sem açúcar e esta diferença vai diminuindo ao longo do ensaio, em alguns corpos de prova com idade de 48 horas os cp's sem adição de açúcar chegam a ultrapassar a absorção dos que possuem a presença do aditivo, entretanto no geral, inclusive na média, a absorção tende a ser menor no corpo de prova comum.

Tabela 5: Absorção de água por imersão média.

Aditivo	Absorção por imersão (média)			
	4 h	8 h	24 h	48 h
Com adição de açúcar	8,85	9,31	9,22	9,53
Sem adição de açúcar	4,39	7,00	8,38	9,17

Autores, (2018).

Nos gráficos a seguir, torna-se notável a diferença média de absorção por imersão dos corpos de prova ensaiados, visto que até mesmo a progressão ilustrada, com base nos resultados obtidos, é peculiar para cada mistura.

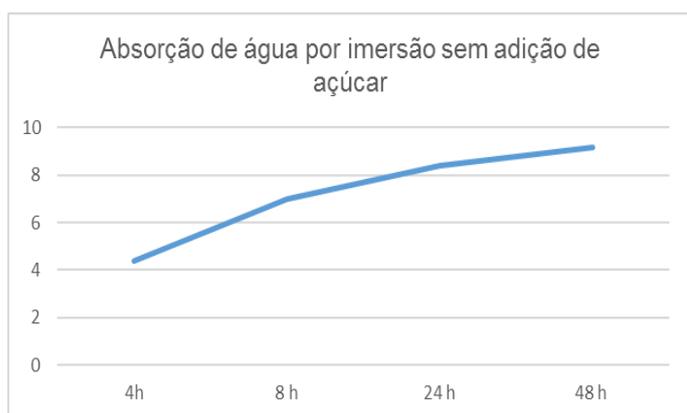


Figura 14: Absorção por imersão sem adição.
Autores, (2018).

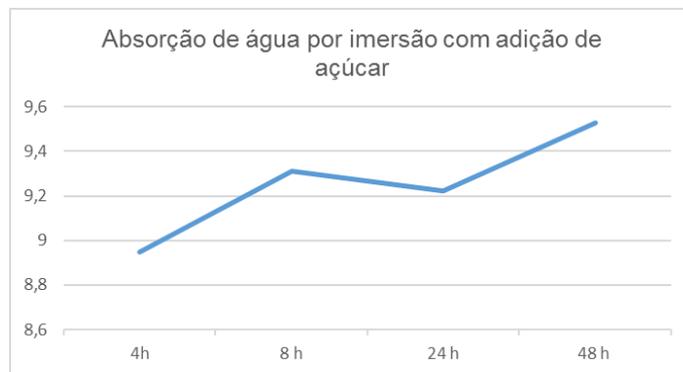


Figura 15: Absorção por imersão com adição.
Autores, (2018).

Notou-se que o açúcar refinado misturado ao cimento retarda as reações de hidratação, mais conhecida como pega, sendo que em concentrações muito elevadas pode até inibi-la, outro fator é a aumento da trabalhabilidade percebida na execução dos corpos de prova, que está diretamente ligada a estas reações de hidratação. Em um dos corpos de prova, composto por 26,5% de açúcar, foram necessários cerca de 10 dias para ocorrência da pega.

Percebeu-se ainda que o aditivo pode fragilizar a argamassa se adotado em grandes concentrações; nos corpos de provas com 19%, 10% e 0% de açúcar os com maiores concentrações após seis dias submersos em água apresentaram sinais de deterioração, como fissuras, pouca resistência a abrasão e ainda altura menor se comparado com o cps sem adição de açúcar, demonstrando que houve uma perda de matéria e consequentemente perda de volume.

Em ensaio posterior relacionado a ascensão de água por capilaridade, onde observou-se que o açúcar na argamassa retém muito mais água quando em contato com a mesma. O ensaio é realizado com cp's dentro de um recipiente com água, no entanto, somente 5mm dos cp's entram contato com mesma, os resultados obtidos confirmam categoricamente que o açúcar torna a argamassa mais propensa a infiltração por capilaridade.

O último ensaio realizado diz respeito à absorção de água por imersão, a realização deste reafirmou que a ascensão por capilaridade é mais acentuada nos corpos de prova com açúcar e ainda foi constatado que a diferença de trabalhabilidade e retardo de pega que existe entre as duas misturas é muito pequeno para justificar o uso do aditivo.

Durante a execução do trabalho, a ausência de determinados equipamentos e burocracia para utilizar outros não permitiu a execução de ensaios como os que constam na NBR NM 9 e NBR NM 65 para determinar o tempo de pega, NBR 7215/96 para determinar a resistência a compressão, ensaios para determinar resistência térmica e análises físico-químicas, impossibilitando resultados mais precisos.

V CONCLUSIONS

A partir desse estudo, inferiu-se que a adição de açúcar a argamassa é ineficiente em inibir a infiltração da água e quando em contato fragiliza a peça, em relação a uma mesma peça sem adição de açúcar. Quando da realização do ensaio de absorção por imersão os resultados não apresentam diferença significativa em relação a um corpo de prova sem açúcar, demonstrando que, ao menos em nossa região, o uso desta técnica não cumpre seu objetivo pré-determinado. Comprovou-se que a adição de açúcar otimiza a trabalhabilidade e faz com que a pega seja retardada, porém essa melhora particular, no que diz respeito a esses fatores, não justifica os malefícios observados.

Com base nesses resultados sugerimos o uso de aditivo específico para a característica da mistura do cimento que se pretende melhorar ou agregar, recomendamos ainda a continuidade do estudo visto que houve impossibilidade de um detalhamento minucioso desses efeitos.

VI REFERENCIAS

- [1] Thomas, N. L.; Birchall, J. O. **The retarding action of sugars on cement hydration**. Cement and Concrete Research, vol. 13, pp. 830-842, 1983.
- [2] Viapol – Disponível em: <<http://www.viapol.com.br>>. Acesso em 18 out.2015.
- [3] Rato, V. N. P. M. **Influência da microestrutura morfológica no comportamento de argamassas**. Lisboa, 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Nova de Lisboa.
- [4] Pereira, M. F. P. **Anomalias em paredes de alvenaria sem função estrutural**. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, 2005.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1996. 8 p.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 1987.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação de absorção de água por capilaridade**. Rio de Janeiro, 2012.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768 – Aditivos para concreto e cimento Portland**. Rio de Janeiro, 1992.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16072- Argamassa impermeável**. Rio de Janeiro, 2012. ATKINS, P. W. **Físico – Química**. 6 ed. v. 3 Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1999.
- [11] Baumgart, L. **Materiais de Construção, patologia, reabilitação e prevenção**. São Paulo: Oficina de Texto. 2010.
- [12] Bertolini, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- [13] Costa, C.; Carvalho, P.A.; Bordado, J.C.; Nunes, A. **Estudo de Argamassas de Base Cimentícia por Microscopia Electrónica de Varrimento**. Lisboa, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0870-83122009000200006> Acesso em: 27 set 2018.
- [14] Freitas, V. P. **Transferência de humidade em paredes e edifícios – análise do fenómeno de interface**. Porto, 1992. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade do Porto.
- [15] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf> Acesso em: 8 nov de 2018.
- [16] KohlS, M. A.; Abdalla, J. V. P.; Fardin, H. E.; Holzschuh, C. M.; Gabe, C. P.; Crauss, C. **Absorção de água por capilaridade em concretos com e sem adição de produtos de proteção**. Santa Cruz do Sul, 2017. XXIV Seminário de Iniciação Científica. Universidade de Santa Cruz do Sul.
- [17] Ikematsu, P.; Laguna, L. A. **Açúcar influencia a pega do cimento**, 2010. Disponível em: <http://revistaprisma.com.br/novosite/noticia_print.asp?cod=5573>. Acesso em: 13 fev de 2018.
- [18] Leite, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. 266p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- [19] Mendes, N. **Modelos para previsão da transferência de calor e de umidade em elementos porosos de edificações**. Florianópolis, 1997. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina.
- [20] Mehta, P. K.; Monteiro, T. J. M. **Concreto – Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Pini, 1994.
- [21] Perez, A. R. **Umidade nas edificações**. São Paulo, 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo.
- [22] Santana, B. V.; Aleixo, I.V. **Avaliação da absorção por capilaridade de argamassas para revestimento com diferentes aditivos impermeabilizantes**. Brasília, 2017. Programa de Iniciação Científica do Centro Universitário de Brasília - UNICEUB.
- [23] Souza, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. Belo Horizonte, 2008. Monografia (Especialização em Construção Civil) Universidade Federal de Minas Gerais.
- [24] Salomão, M. F. **Estudo da umidade ascendente em painéis de alvenaria de blocos cerâmicos**. Uberlândia, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia.
- [25] Taguchi, M. K. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações**. Curitiba, 2008.



The study of the rainwater drainage system at Getúlio Vargas Avenue in the historical center of the city of Manaus-AM

Paulo Gabriel Queiroz da Mata¹, Alexandra Amaro de Lima²

^{1,2} Centro Universitário FAMETRO – Av. Constantino Nery 3000 – Chapada, Manaus – AM, CEP: 69050-001.

Email: gabriellmatta44@gmail.com, xanduca@gmail.com

ABSTRACT

Urban areas are constantly growing. The increase of paved spaces and reduction of soil permeability in big cities have a direct effect on the hydrological cycle of the region. Under these circumstances, an efficient rainwater drainage system is highly critical. This article presents a maintenance action routine to improve the rainwater drainage system in Getúlio Vargas Avenue, Central Zone of Manaus - AM - Brazil. The Amazon state capital which has high geographic and population growth rates presents a large impermeable area, due to irregular occupations and urban planning failures, causing the rainwater drainage system malfunction. This creates a old rainwater drainage system, which results in flooding, mainly in the town central areas, caused by recurrent intense rainfall in the region. A maintenance routine is presented to mitigate or solve the inefficiency of rainwater drainage. For this, cumulative and literary studies about the knowledge of water, as well as legal and social data related to the region, were used. An on-site visit was carried out to analyze the water route and measure the entry points of the rainwater harvesting system. From observing the presented aspects, it has been suggested the adequate addition and dimensioning of sewer grates, along with the constant cleaning and clearing of these grates in a specific period, in order to obtain a better rainwater drainage system for the place.

Keywords: Drainage system; Rainwater; Surface runoff.

Estudo do sistema de drenagem de águas pluviais na Avenida Getúlio Vargas no centro histórico da cidade de Manaus/AM

RESUMO

Áreas urbanas estão em constante crescimento. O aumento de espaços pavimentados e a redução de áreas permeáveis nas grandes cidades afetam diretamente no ciclo hidrológico da região. Nessas circunstâncias é necessário a eficiência do sistema de drenagem de água das chuvas. Neste artigo se apresenta atos de manutenção para a melhoria do sistema de drenagem de águas pluviais na Avenida Getúlio Vargas, Zona Central da cidade de Manaus. A capital amazonense com grande crescimento geográfico e populacional apresenta ampla área impermeável, devido ocupações irregulares e falhas de planejamento urbano, causando grande escoamento superficial de águas das chuvas. Isto gera um sistema de drenagem de águas pluviais defasado, que tem como consequência inundações, principalmente nas áreas centrais da capital, ocasionadas por precipitações intensas recorrente na região. É apresentada uma forma de manutenção para mitigar ou solucionar a ineficiência da drenagem de água das chuvas. Para isso, utilizou-se estudos documentais e literários para conhecimento de dados hídricos, legais e sociais ligados a região. Foi realizado visita “*in situ*” para análise da via e medição dos pontos de entrada do sistema de captação de água das chuvas. Pela observação dos aspectos apresentados, sugere-se o acréscimo e dimensionamento adequado de pontos de boca de lobo, juntamente com a limpeza constante e desobstrução desses pontos de entrada em período específico, para obtenção de um melhor sistema de drenagem de águas pluviais para o local.

Palavras-chaves: Sistema de drenagem; Águas pluviais; Escoamento Superficial.

Received: October 16th, 2018

Accepted: November 20th, 2018

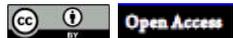
Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

I INTRODUÇÃO

A urbanização sem planejamento tem sido ao longo dos anos um dos fatores que influenciam diretamente na ineficiência do sistema de drenagem de águas pluviais. Espaços que não possuem componentes adequados para dar destino a água das chuvas padecem com frequentes inundações, provocando problemas ambientais, sociais e econômicos.

Em [1] os resultados mostraram que as inundações urbanas são causadas fundamentalmente pelo excesso de escoamento superficial, provocado pelo alto fator de impermeabilidade que impede a infiltração dessas águas no solo, assim, quando o volume de escoamento ultrapassa a competência do escoamento de projeto, ocorrem as inundações [2].

A cidade de Manaus que está em constante crescimento geográfico e populacional se inclui nessa realidade. A capital amazonense que segundo [3] têm aproximadamente 2 milhões de habitantes, sofre constantemente com registros de inundações, principalmente na zona central da cidade, local alvo desse estudo, precisamente na Avenida Getúlio Vargas. A região é composta por edificações históricas, áreas comerciais e de grande fluxo de pessoas, caracteriza-se como um espaço sem planejamento urbano, altamente impermeável, e com um sistema de drenagem defasado.

Segundo o Plano Diretor de Drenagem da cidade de Manaus ([4]) a infraestrutura da região central da capital foi planejada e construída pelos ingleses no século XX, alterando assim os aspectos naturais dos igarapés, construindo em seus lugares grandes galerias subterrâneas, tendo como exemplo as construções das cidades europeias da época. Atualmente tais construções se mostram ineficientes, por conta de mudanças na superestrutura do local, como pavimentação e calçamento, modificando assim de forma não planejada a parte de microdrenagem do sistema de captação de águas pluviais, obstruindo os pontos de entrada.

Tal problemática motivou a busca por um método de manutenção, com o objetivo de solucionar ou minimizar a ineficiência do sistema de drenagem de águas pluviais, através de exames documentais como o Plano Diretor Urbano e Ambiental e o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Cidade de Manaus, para reconhecimento de regulamentações e normas que dizem respeito ao tratamento das águas das chuvas em seus aspectos legais e sociais, chamadas assim de ações não estruturais. Segundo [5], os atos não estruturais procuram disciplinar a ocupação do solo. Apesar de causar uma falsa insegurança, tais medidas são eficazes, de custos mais baixos e de longo período de duração.

O reconhecimento da área através de visita “*in situ*” também foi de grande importância, para a análise dos pontos críticos sujeitos a manutenção sugerida através dessa monografia. Com base em equações, objetivando dimensionar adequadamente as bocas coletoras (bocas de lobo), tornando-as eficientes para o período projetado.

II MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia desse artigo consistiu da realização de cálculos estatísticos, dados documentais e visita “*in loco*” para coleta de dados da eficiência do sistema de drenagem de águas pluviais na Avenida Getúlio Vargas, localizada no Centro da cidade de Manaus. Os métodos aplicados para a avaliação foram os seguintes:

- Estudo das informações e dados disponibilizados pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana de Manaus sobre a

intensidade das chuvas máximas (mm/h) para diferentes tempos de retorno e duração, calculada para a capital amazonense;

- Aferição da vazão do escoamento superficial das águas das chuvas no local onde se aplica a metodologia aplicada pelo Método Racional [6];

- Verificação técnica das informações sobre a microdrenagem urbana para passagem das águas pluviais para as galerias; O dimensionamento das bocas coletoras pelo método da Capacidade de Engolimento [7].

II.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo envolve um trecho da Avenida Getúlio Vargas, localizada no Centro de Manaus, Zona Sul da capital amazonense. O campo de análise se delimita à 200 metros de extensão, entre a Rua Lauro Cavalcante e a Rua 24 de Maio sentido centro/bairro (Figura 1).



Figura 1: Recorte de imagem de satélite do Avenida Getúlio Vargas.

Fonte: Google Earth, (2018).

O ambiente observado caracteriza-se como uma região de alta impermeabilidade, com edificações comerciais de até três pavimentos, havendo ainda vegetação no centro da via e área de calçada com grande fluxo de pedestres, quantidade considerável de vendedores ambulantes e pontos de transporte coletivo.

II.2 OBSERVAÇÃO DOS DADOS DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

Para o estudo das precipitações máximas, período de retorno e duração, foi utilizada a pesquisa mostrada no Relatório Parcial 2 do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Manaus, com aplicação de registros pluviométricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e cálculos feitos pela Concremat, para um período de 1997 a 2010. Com base nos resultados mostrados nessa pesquisa, verificou-se os valores máximos e mínimos da série precipitação, sua duração e frequência durante os anos de 1997 a 2010, originando uma tabela que define o índice

denominado de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) da chuva (Tabela 1), que é expressa pela equação genérica 1:

$$i = \frac{a \cdot T_r^b}{(t+c)^a} \quad (1)$$

Onde, i = intensidade (mm/h); T_r = tempo de retorno (anos); t = duração da chuva (min); a , b , c e d = parâmetros de adaptações apontados para cada região.

Os parâmetros de ajuste da equação de IDF para cada região brasileira foi definido após estudos de [7], resultando:

$$i = \frac{1280,038 \cdot T_r^{0,18177}}{(t+11)^{0,7703}} \quad (2)$$

Assim, foram consideradas as seguintes durações de precipitação: 10, 20, 30, 40 e 50 min, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 horas. O tempo de retorno (T_r) é fixado para cada tipo de construção, macrodrenagem ou microdrenagem para o caso de drenagem urbana, traçado em: 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos.

A partir dos dados registrados, definiu-se o tempo de retorno da chuva de projeto, com base na tabela 2, que indica o período útil da obra com relação a diferentes áreas de ocupação. O local de estudo se trata de uma área comercial e artéria de tráfego, por isso, determinou-se um período entre 5 à 10 anos de tempo de uso para a construção na etapa de microdrenagem. Tendo como relevante o fator econômico, utilizou-se o tempo de 5 anos para retorno do fenômeno de projeto com duração de 20 minutos, obtendo assim o valor de 121,77 mm/h de intensidade de precipitação.

Para [7], ao decidir que uma determinada obra será projetada para suportar uma vazão com tempo de retorno (T_r), é possível definir também o grau de proteção do local e o risco que a comunidade correrá mesmo após a construção da obra, uma vez que poderá ocorrer fenômenos hidrológicos que ultrapassem os calculados no projeto. Tais definições devem levar em consideração os fatores econômicos e sociais, ou seja, quanto maior o período de retorno mais caro se torna a construção, e a porcentagem de risco aceitável pela comunidade. O período de retorno é fixado para cada tipo de construção, como mostra a Tabela 2.

Tabela 1: Intensidade das chuvas máximas (mm/h), para diferentes tempos de retorno e duração, calculadas pela equação IDF para Manaus/AM.

Duração	Tempo de Retorno (anos)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
24hs	5,3	6,3	7,1	7,7	8,1	8,4	9,6	10,9
12hs	9,0	10,7	12,1	13,0	13,7	14,3	16,2	18,4
6hs	15,2	18,0	20,4	21,9	23,2	24,1	27,4	31,0
5hs	17,5	20,6	23,2	25,2	26,5	27,6	31,3	35,5
4hs	20,6	24,3	27,6	29,7	31,3	32,6	36,9	41,9
3hs	25,4	30,0	34,0	36,6	38,6	40,2	45,6	51,7
2hs	33,9	40,1	45,5	48,9	51,6	53,8	60,9	69,2
1hs	54,5	64,3	72,9	78,5	82,8	86,2	97,7	110,9
50min	61,2	72,3	82,0	88,3	93,01	96,9	109,9	124,6
40min	70,3	82,9	94,1	101,3	106,8	111,2	126,1	143,1
30min	83,1	98,2	111,4	119,9	126,3	131,5	149,2	169,2
20min	103,1	121,7	138,1	148,7	156,7	163,2	185,1	209,9
10min	139,2	164,4	186,4	200,7	211,2	220,2	249,8	283,3

Fonte: Plano de Drenagem Urbana de Manaus, (2014).

Tabela 2: Período de retorno para diferentes ocupações de área.

Tipo de Obra	Tipo de Ocupação da Área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviço ao público	5
	Aeroportos	2 – 5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 – 10
Macrodrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 – 100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: Hidrologia: Ciência e Aplicação, (2013).

II.3 VAZÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Para aferição do volume do escoamento superficial, foi utilizado o Método Racional. Ao longo do tempo foram desenvolvidos inúmeros métodos para cálculo de escoamento, mas o Método Racional foi o primeiro e mais duradouro, o qual é usado para calcular a vazão de pico (Q_p) produzida após precipitação em uma determinada bacia hidrográfica [6].

A fórmula oficial do Método Racional (equação 3) é:

$$Q_p = A i \quad (3)$$

Onde, Q_p = Vazão máxima (m^3/s); A = Área de drenagem (km^2); i = Intensidade da precipitação (m/s).

O método proposto por [7], baseia-se em uma bacia de drenagem completamente impermeável, onde toda a precipitação se transforma em escoamento superficial. Posteriormente atribuído ao método proposto, o Coeficiente de Deflúvio (c), foi usado com o intuito de considerar uma possível infiltração no solo e evapotranspiração. Logo, a equação passou a ser (4):

$$Q_p = 0,278 A c i \quad (4)$$

Onde c é o coeficiente adimensional e seus valores variam de 0,0 a 1,0, de acordo com a tipologia da superfície (Tabela 3). Os valores estipulados para Coeficiente de Deflúvio são típicos para chuvas de fraca intensidade e com período de retorno de até 25 anos. Ultrapassando esse período, são usadas outras formas de definição.

Tabela 3: Valores típicos do coeficiente de deflúvio para uso com o Método Racional.

Coeficiente de Deflúvio		
Tipo de Superfície	Intervalo de Valores	Valor Usual de Projeto
Impermeável (pavimento, telhado)	0,75 – 0,95	0,95
Gramado	0,05 – 0,35	0,30
Cobertura Natural (florestas, arbustos)	0,10 – 0,30	0,20

Fonte: Introdução a Hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais, (2016).

A vazão máxima é então calculada usando a equação 3, (como mostra a Tabela 1), onde emprega-se uma duração de 20 minutos de precipitação e intensidade da chuva para o tempo de retorno de 5 anos, será:

$$i = 121,77 \text{ mm/h}$$

Por se tratar de um local impermeável, o Coeficiente de Deflúvio observado na tabela 3 se aplica em:

$$c = 0,95$$

A área de estudo se por:

$$A = 1 \text{ km}^2$$

Logo, a vazão máxima de escoamento superficial se obtém pela equação 4:

$$\begin{aligned} Q_p &= 0,278ci \\ &= 0,278 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 121,77 \\ Q_p &= 32,16 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

A valor obtido para vazão máxima de escoamento superficial levou em consideração o tamanho total das bacias hidrográficas da área urbana, integrantes da bacia do rio Negro, totalizando 412,2 km² [4].

Estimou-se o valor médio da vazão de escoamento para a área de estudo desse artigo que é de 1 km², possua uma vazão de escoamento superficial de 0,078m³/s.

II.4 DIMENSÕES PARA BOCA DE LOBO

Para o dimensionamento das bocas de lobo, utilizou-se a equação da Capacidade de Engolimento. O método indicado por TUCCI [7], considera que a água acumulada sobre a boca de lobo gera uma lâmina d'água menor que a altura da guia, a capacidade de engolimento dessa boca de lobo pode ser por:

$$Q = 1,7Ly^{3/2} \quad (5)$$

Onde: Q= vazão de engolimento (m³/s); y = altura de água próximo à abertura na guia (m); L= comprimento da soleira (m).

No caso das bocas de lobo com grelhas [7] é avaliado como um desaguador de soleira livre, com profundidade de lâmina d'água até 12cm (y). Para os pontos de entradas adjacentes as guias, este lado se abandona para efeito de cálculo. Se tratando de uma boca coletora com grelha, é substituído L por P, onde P é o perímetro de abertura em m. Então a equação passar a ser :

$$Q = 1,7Py^{3/2} \quad (6)$$

Onde: $Q = 1,7Py^{3/2}$; $P = Q/1,7 \cdot y^{3/2}$; $P = 0,078/1,7 \cdot 0,12^{3/2}$ e finalmente, $P = 1,11\text{m}$.

Logo, terá necessidade de uma boca de lobo com grelha, de perímetro 1,11m, desconsiderando os lados próximos às guias, com lamina d'água de até 12cm e com distância longitudinal linear de até 75m, para outro ponto de engolimento de águas pluviais conforme adotado por [6].

II.5 VERIFICAÇÃO TÉCNICA DA MICRODRENAGEM URBANA

Nesta etapa foi necessário a visita "in loco" da área de estudo, onde se observou o sistema de entrada de águas no sistema de coleta, a localização dos pontos, a distância entre cada boca de lobo. Em [6], o autor caracteriza essa componente do

sistema de drenagem como estruturas geralmente quadradas ou retangulares de concreto pré-moldado, que se denomina boca de lobo, com proteção de uma grelha de ferro fundido ou concreto no nível do solo. Ainda, [6] mostra que o espaçamento de cada ponto de entrada esteja próximo o bastante para que não ocorra excesso de vazão em nenhum dos elementos, essa distância não pode exceder o espaço de 75 metros lineares, buscando a prevenção de inundações no local.

Assim, para uma verificação do local foram usados alguns itens como: trena metálica de 5m de alcance, para medição da distância entre cada boca de lobo e também da aferição das cotas das grelhas de proteção, onde analisou-se o comprimento, largura e espaçamento, e ainda, para o registrar os detalhes durante a visita ao local, foi usado uma câmera digital.

Ao longo da Avenida Getúlio Vargas no sentido centro/bairro, foram identificadas 4 bocas de entrada de águas pluviais, todas com existência de grelhas e sem pressão.

A boca de lobo I verificada, se localiza no ponto entre a Avenida Getúlio Vargas e a Rua Lauro Cavalcante, mais precisamente em frente a sorveteria Glacial. As imagens identificam uma entrada com formato retangular e com posicionamento inferior ao nível da via, por conta da pavimentação asfáltica, apresentando 33 cm de comprimento e 30 cm de largura, totalizando assim um perímetro de 93 cm, desconsiderando a face adjacente a guia, apresentado na Figura 2.

A boca de lobo II encontra-se a uma distância linear de 125 m à entrada anterior, na esquina entre a Avenida Getúlio Vargas e a Rua Huascar de Figueiredo, Figura 3. As dimensões da boca de lobo II levou em consideração os espaços eficientes, com comprimento de 84cm e largura de 60 cm, totalizando um perímetro de 204 cm, estando assim dentro do valor de cálculo aceitável, sugerido nesse estudo.



Figura 2: a) e b) Boca de Lobo I, frente a Sorveteria Glacial
Fonte: Autores, (2018).



Figura 3: Boca de lobo II, esquina Avenida Getúlio Vargas/Rua Huascar Figueiredo.
Fonte: Autores, (2018).



Figura 3: b) Boca de lobo II, esquina Avenida Getúlio Vargas/Rua Huascar Figueiredo.
Fonte: Autores, (2018).

A boca de lobo III verificada se localiza no lado oposto da via Huascar de Figueiredo cruzamento com a Avenida Getúlio Vargas, Figura 4 (a e b). A distância entre os pontos de entrada é aproximadamente 7m. O ponto de microdrenagem urbana está abaixo do nível da via estudada, por conta da pavimentação asfáltica, porém, seu perímetro é significativo, com 150cm de comprimento e 110cm de largura, o ponto de captação da precipitação tem um perímetro de 410cm, com espaçamento entre grelhas bem expressivo, obtendo grande eficiência na entrada de águas pluviais.



Figura 4: a) e b) Boca de lobo III, esquina Avenida Getúlio Vargas/Rua Huascar Figueiredo.
Fonte: Autores, (2018).

A boca de lobo IV, é fixado no ponto limite desse estudo, na esquina da Avenida Getúlio Vargas com a Rua 24 de Maio, com distância linear de aproximadamente 65m do ponto examinado anteriormente. A boca de entrada se apresenta no nível abaixo da via como os demais pontos verificados. Seu perímetro de engolimento de águas calculado é de 200cm, composto por 80cm de comprimento e 60cm de largura (Figura 5).



Figura 5: a) e b) Boca de lobo IV, esquina Avenida Getúlio Vargas/Rua 24 de Maio.
Fonte: Autores, (2018).

III RESULTADOS

III.1 INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA (IDF)

Conforme a aplicação dos tempos de retorno da Tabela 1, tendo como fatores consideráveis uma precipitação de rápida duração e conseqüentemente de alta intensidade, propõe-se o tempo de chuva de 20min e um tempo de retorno (T_r) de 5 anos, e com base na tipologia da obra (Tabela 2), chegando assim ao valor da intensidade de precipitação de 121,77 mm/h.

III.2 VAZÃO MÁXIMA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL PELO MÉTODO RACIONAL

Com a definição de intensidade-duração-frequência, pode-se fixar o valor máximo de vazão de águas das chuvas no local de estudo. A área de pesquisa foi limitada à 1km². Se tratando de uma via de tráfego e com alta impermeabilidade, o Coeficiente de Deflúvio (Tabela 3) foi determinado no valor adimensional de 0,95. Através do Método Racional, se definiu a vazão máxima em 32,16m³/s.

III.3 DIMENSÕES PARA BOCA DE LOBO

Logo após calculou-se as dimensões adequadas para atender com eficiência a vazão de projeto. Usando o método de engolimento indicado por [7], aplicando a vazão máxima na área de estudo e a altura da lâmina d'água, se propôs um perímetro mínimo para atender ao escoamento superficial das águas pluviais, que foi 1,11m.

III.4 VERIFICAÇÃO “*IN LOCO*” DAS BOCAS DE ENTRADA DE ÁGUAS PLUVIAIS

Na extensão da área de análise da Avenida Getúlio Vargas sentido centro/bairro, foram identificadas 4 bocas de entrada de águas pluviais, todas com existência de grelhas de proteção. É importante enfatizar o grande volume de folhagem e lixo depositado nas bocas de entrada do sistema de drenagem.

Notou-se que o espaço linear entre a boca de lobo I e II, é de aproximadamente de 125m, levando em conta a distância máxima sugerida por [6] que é de 75m, se faz necessário a instalação de um novo ponto de entrada entre as duas bocas de bolo já existentes, com o perímetro de mínimo de 111cm.

Na boca de lobo III, o ponto de microdrenagem urbana está abaixo do nível da via estudada por conta no pavimento asfáltico, porém, seu perímetro é significativo. Entretanto, a espaço que tal boca de lobo assume no ambiente da via que se apresenta como local destinado a travessia, dificultando a passagem de pedestres, podendo ocorrer algum tipo de acidente. Sugere-se diminuir os espaços entre grelhas para assim ocorrer o trânsito de pedestres sem haver riscos acidentais.

IV DISCUSSÃO

VI.1 INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA (IDF)

Tais resultados indicam um valor total de precipitação, com probabilidade de retorno como as mesmas características no tempo definido. Enfatiza-se que o valor IDF encontrado é apontado para a bacia inteira, se estendendo em sua área total.

VI.2 VAZÃO MÁXIMA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL PELO MÉTODO RACIONAL

A valor obtido para vazão máxima de escoamento superficial levou em consideração o tamanho total das bacias hidrográficas da área urbana, no total de 412,2 km² ([4]).

Estimou-se que o valor médio da vazão de escoamento para a área de estudo desse artigo que é de 1 km², possua uma vazão de escoamento superficial de 0,078m³/s.

Assim, os resultados demonstram que na área de estudo, levando em consideração o valor IDF de precipitação, a vazão máxima é de 78l/s em uma área de 1 km².

VI.3 DIMENSÕES PARA BOCA DE LOBO

O perímetro sugerido através do método de engolimento, leva em consideração apenas três lados dos pontos de boca de lobo, por conta de que a boca de coleta se encontra fixa ao lado da guia de calçada, fazendo com que a parte adjacente à guia seja descartada para efeito de cálculo.

Logo, terá necessidade de uma boca de lobo com grelha, de perímetro 1,11m, desconsiderando os lados próximos as guias, com lamina d'água de até 12cm e com distância longitudinal

linear até 75m, para outro ponto de engolimento de águas pluviais conforme adotado por [6].

VI.4 VERIFICAÇÃO “*IN LOCO*” DAS BOCAS DE ENTRADA DE ÁGUAS PLUVIAIS

Considerando os resultados obtidos pelo Cálculo de Dimensionamento sugerido por [6], a boca de lobo I apresentaria entrada grelhada com perímetro inferior ao mínimo de (111cm) necessário para uso eficiente sugerido em projeto, cabendo assim, um aumento de suas dimensões de 6cm para cada lado da entrada (Figura 6).



Figura 6: Boca de lobo I.
Fonte: Autores, (2018).

A boca de entrada II apresentou uma abertura maior, porém, com alguns espaços entre grelhas interrompidos por sedimentação arenosa, presença de pavimentação asfáltica e acúmulo de resíduos. O lixo orgânico e industrializado também é encontrado na área de entrada da boca de lobo, dificultando ainda mais a passagem de água das chuvas (Figura 7).



Figura 7: Boca de lobo II.
Fonte: Autores, (2018).

Na boca de lobo III, também é existente a presença de folhagem e entulhos, por cima da grelha de proteção como também, dentro da boca de lobo, podendo causar assim assoreamento da tubulação no caso de precipitação de grande intensidade (Figura 8).



Figura 8: Boca de lobo III.
Fonte: Autores, (2018).

O ponto de boca de lobo IV, em sua entrada, apresenta como nos demais pontos estudados, grande acúmulo de folhagem e lixo depositado na grelha, ocasionando obstrução de engolimento de águas (Figura 9). Podendo se propor nesta boca de coleta de águas pluviais, um aumento no espaço entre grelhas para obter uma maior eficiência na vazão do escoamento superficial.



Figura 9: Boca de lobo IV.
Fonte: Autores, (2018).

V CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente trabalho possibilitou a verificação e o estudo do sistema de drenagem de águas pluviais da região Sul da cidade de Manaus, onde se localiza o centro comercial e histórico da capital amazonense. Além disso, permitiu o conhecimento dos dados e fatos relacionados ao processo de construção e desenvolvimento da infraestrutura do município, levando em conta o aspecto ambiental, econômico e social.

Feito o estudo sobre o funcionamento do sistema de captação de água da chuva em um trecho da Avenida Getúlio Vargas, considerada uma das vias principais e antigas do

município, foi constatado que a principal causa da ineficiência do sistema de drenagem é a inadequação dos pontos de microdrenagens, juntamente com o acúmulo de lixo nas entradas das bocas de captação do escoamento superficial.

Através dos cálculos sugeridos para a obra em questão, e visita “*in situ*” para a visualização dos pontos de entrada de águas pluviais, se confirmou a necessidade de ações de manutenção como:

- Medidas estruturais, como mais pontos de boca de lobo e desobstrução das grelhas de proteção dos pontos de coleta de água das chuvas, com intervalo máximo de 5 anos, como sugerido nesse estudo.
- Medidas não estruturais, como limpeza das entradas grelhadas das bocas de lobo e a conscientização da comunidade relacionado ao destino do lixo, para diminuição do acúmulo dos mesmos nas vias mitigando a possibilidade de inundações ocasionado por entupimento da microdrenagem urbana causado por detritos. Dessa forma, com os ajustes sugeridos pode-se obter um sistema de drenagem de águas pluviais mais eficiente, melhorando a vida da comunidade local e diminuindo gastos públicos com reparos pós inundação. Possibilitando vantagens para as partes envolvidas.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] JR Philippi, Arlindo. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 2º Coleção. Barueri, São Paulo, editora Manole, 2005.
- [2] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama populacional de Manaus**. Disponível da internet via: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/manaus/panorama>. Consultado em 20 de setembro de 2017.
- [3] Cruz, Marcus A. S., Tucci, Carlos E. M. **Avaliação dos Cenários de Planejamento na Drenagem Urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 13 n.3 Jul/Set 2008, 59-71.
- [4] Município de Manaus, Secretaria Municipal de Infraestrutura, **Plano Diretor Urbano e Ambiental**. Manaus, 2014.
- [5] Município de Manaus, Secretaria Municipal de Infraestrutura, **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Manaus**. Manaus, CONCREMAT Engenharia, 2011.
- [6] Gribbin, John E. **Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. 4º edição tradução Norte-americana. São Paulo, editora Cengage Learning, 2016.
- [7] Tucci, Carlos E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4º edição. Porto Alegre, editora da UFRGS, 2013.

Technical and economic feasibility of the use of rainwater for non-potable purposes for a residence in the city of Manaus-AM

Reylla Carvalho Ribeiro¹, Alexandra Amaro de Lima², Andreia Rodrigues Gomes³

^{1,2,3}Universidade Paulista - UNIP, Brasil, Av Mario Ypiranga 4390, – Parque 10 de Novembro, Manaus – AM, CEP: 69050-030.

Email: reylla.carvalho@gmail.com, xanduca@gmail.com, arodriguesm.eng@gmail.com

ABSTRACT

Several countries face problems of water scarcity, making it imperative to raise questions about the conservation and preservation of water resources. As causes for this problem, are related the development of cities, population growth, related with the increasing demand for water by industry and agriculture. In an attempt to solve this problem it is necessary to reformulate the water supply system, especially with regard to the use of non-potable water in residences. In the incessant search for viable alternatives, there is the reuse of precipitation, which with its utilization brings benefits such as a reduction of drinking water consumption and flood control in regions with large paved areas. The objective of this article is to design and implement a system of reuse of rainwater for non-potable purposes, presenting a capture and storage process. For the development of the methodology, data lengths of the precipitation of the city of Manaus were provided by the National Institute of Meteorology (INMET). With the data, the dimensioning of the size of the rainwater reservoir was compared through the English Practical Method, German Practical Method and Rippl Method. Based on the results obtained, it was established the type of reservoir to be adopted and the calculation to find the pump-motor capacity to be used in the elevation of the water to a superior reservoir, as well to demonstrate the economy that the implantation of this system will go generate.

Keywords: Water. Reuse. Rain. Rainwater.

Viabilidade técnica e econômica do aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis destinada a uma residência na cidade de Manaus-AM

RESUMO

Vários países enfrentam problemas de escassez de água, tornando-se imprescindível levantar questões sobre a conservação e preservação dos recursos hídricos. As causas para este problema estão relacionadas ao desenvolvimento desordenado das cidades, crescimento populacional, aliado ao aumento da demanda de água pela indústria e pela agricultura. Na tentativa de solucionar este problema é preciso que se reformule o sistema de abastecimento de água, principalmente no que diz respeito ao uso de água não potável nas residências. Na busca incessante para alternativas viáveis, encontra-se o reuso da precipitação que com a sua utilização traz benefícios como a redução do consumo de água potável e o controle de enchentes em regiões com grandes áreas pavimentadas. Este artigo tem por objetivo dimensionar e implantar um sistema de reaproveitamento da água pluvial para fins não potáveis, apresentando processo de captação e armazenamento. Para o desenvolvimento da metodologia, foram utilizados dados de precipitação da cidade de Manaus fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Com os dados, foi comparado o dimensionamento do tamanho do reservatório de águas pluviais através do Método Prático Inglês, Método Prático Alemão e Método Rippl. Através dos resultados pôde-se definir o tipo de reservatório a ser adotado e a potência da bomba-motor a ser utilizada na elevação da água, bem como demonstrar a economia que a implantação deste sistema irá gerar.

Palavras-chave: Água. Reaproveitamento. Chuva. Águas Pluviais.

Received: October 16th, 2018

Accepted: November 27th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



I INTRODUÇÃO

A água é fonte de vida e essencial para a vida no planeta. Com o crescimento populacional e desenvolvimento econômico, o consumo de água vem sendo maior, onde se torna imprescindível seu uso em diversas atividades, além de sua constante degradação. Várias alterações na sua qualidade ocorrem durante o ciclo ecológico, devido às influências sofridas nos centros urbanos, como as indústrias, agricultura e falta de saneamento (diluição de resíduos e esgotos). Um tratamento prévio desses esgotos é fundamental para manter certa qualidade, compatível com a utilização desse recurso natural para os diversos fins.

O Instituto Trata Brasil (2017) informa que “a cada 100 litros de água coletados e tratados, em média, apenas 63 litros são consumidos.” O restante da água é desperdiçado através de vazamentos, roubos e ligações clandestinas, falta de medição ou medições incorretas no consumo de água.

A distribuição deste recurso natural torna-se desigual não sendo proporcionais às necessidades, tornando este fator preocupante. [1] afirma que “[...] potências mundiais não mais disputarão pela hegemonia nuclear e petrolífera, e sim pela detenção de reservas hídricas que atendam a demanda de consumo de seus países.” Além disso, a água possui um valor econômico alto, na qual é capaz de delimitar o desenvolvimento que uma região pode alcançar.

O Brasil é um país privilegiado, pois possui 53% da água doce da América Latina. Segundo [2], os locais mais populosos são justamente os que possuem pouca água, por outro lado onde há muita água possuem baixo índice populacional. Como exemplo, temos a Região Norte do país, onde localiza a Bacia Amazônica, contando com 69% do recurso hídrico nacional e 8% da população brasileira.

Em [3] explica que a civilização ainda não se conscientizou de que dependem da água e necessitam conservá-la, pois, trata-se de um recurso limitado e vulnerável.

Durante os últimos séculos a água serve-nos para múltiplos usos, como: geração de energia elétrica, abastecimento doméstico e industrial, irrigação, navegação, recreação, aquíicultura, piscicultura e pesca, enquanto grande quantidade é desperdiçada diariamente.

A prática de aproveitamento de águas pluviais vem sendo adotado em diversos países Europeus e Asiáticos. No Brasil, esta técnica vem sendo muito utilizado nas comunidades do interior do Nordeste, onde ocorre escassez de água potável e a água captada é usada como fonte de suprimento. Outros usos para a utilização da água são aproveitamentos para fins não potáveis, como uso na descarga de vasos sanitários, torneiras de jardins e lavagem de pátio, onde será possível a redução do consumo de água tratada.

Devido ao crescimento populacional desenfreado nos centros urbanos, resultando no uso irracional dos recursos hídricos, há grandes contribuições para um maior consumo deste bem natural. Torna-se imprescindível a conscientização das pessoas para o uso sustentável da água, principalmente no que diz respeito à preservação dos recursos hídricos para hoje e as futuras gerações.

Desta forma, tendo em vista os fatores legais e a busca incessante por alternativas que promovam a economia dos recursos hídricos, este estudo propõe a análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de captação e distribuição de águas pluviais com fins não potáveis, de modo a demonstrar, de forma prática e funcional, o custo-benefício que esse sistema irá gerar.

A região Amazônica é conhecida mundialmente por sua

disponibilidade hídrica e variedade de fauna e flora ocupando uma área total da ordem de 6.110.000 km², desde suas nascentes nos Andes Peruanos até sua foz no oceano Atlântico. Mas ao mesmo tempo, a região Amazônica apresenta médias anuais em torno de 2300 mm, conforme [4], mostrando um grande potencial no reuso e tratamento das águas pluviais. A distribuição espacial e temporal das chuvas foi detalhadamente estudada por [5], utilizando-se de 226 estações pluviométricas, mostrando um forte potencial pluviométrico na região.

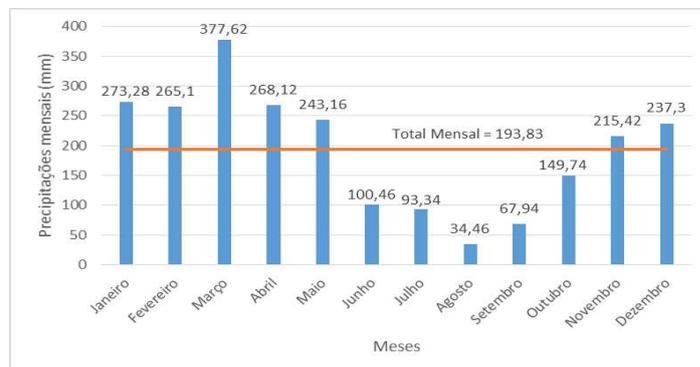


Figura 1: Médias mensais de precipitações (mm) na cidade de Manaus, durante o período de 2012 a 2016.

Fonte: Autores, (2018).

O uso racional da água pode definir-se como um conjunto de atividades onde tem como principais objetivos; reduzir a demanda de água; melhorar o uso da água e reduzir as perdas e desperdícios; implantar práticas e tecnologias para economizar água; informar e conscientizar a população. [6] esclarece que a economia de água em meios urbanos, pode ser classificada em convencionais e não convencionais.

O reuso da água não potável pode servir para diversas atividades, tais como: recargas de aquíferos subterrâneos, aquíicultura, industriais, agrícolas e usos domésticos (rega de jardins, descargas sanitárias, lavagem de pátio). Essas águas podem ser reutilizadas várias vezes, desde que recebam tratamento adequado, garantindo condições de potabilidade adequado, pois deve-se considerar as impurezas presentes no ar contaminando a precipitação e resíduos contidos nos telhados, calhas e pisos.

O resultado da instalação de um sistema para captação minimiza partes do escoamento de água, funcionando também como uma drenagem urbana. A forma de captação mais tradicional e simples para captar as águas das chuvas é através de calhas instaladas em telhados ou até mesmo pelos pisos de estacionamentos. Essas águas passam por tubos e são armazenadas em cisternas, normalmente acoplados abaixo do nível do solo. Antes de ocorrer o armazenamento no reservatório, a água deverá passar por um filtro, na qual eliminará as impurezas da água, como resíduos líquidos e sólidos e folhas.

Para evitar que a água chegue ao solo, onde normalmente ocorre a contaminação, tem-se a ideia de usar calhas nos telhados. Para o dimensionamento do volume do reservatório, alguns fatores deverão ser levados em consideração, tais como: séries históricas das precipitações e área do telhado da residência. O formato cilíndrico da cisterna garante uma melhor manutenção da qualidade da água por longo tempo, fazendo-se necessário algum tipo de filtragem dessas águas. [7] sugere o uso de filtro volumétrico, que vem pronto para instalação, tendo baixa necessidade de revisões e limpezas.

Conforme NBR 15.527 [8], as tubulações provenientes do reservatório de águas pluviais devem ser claramente identificadas

em relação às demais tubulações da edificação. A frequência de manutenção para cada componente pode ser conferida na tabela abaixo. O uso de sistema de aproveitamento de águas pluviais é uma alternativa que deve-se considerar em novos projetos, pois toda a água captada ajudará a minimizar a ocorrência de enchentes e falta de água, sem falar do consumo indevido de água tratada, a qual possui um custo relativamente elevado, procurando assim motivar a sociedade e os órgãos governamentais para que as medidas de captação comecem a ser usadas.

Tabela 1: Frequência de manutenção.

COMPONENTE	FREQUÊNCIA DE MANUTENÇÃO
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal / Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: Autores, (2018).

II MÉTODOS

Para a análise do comportamento da precipitação na cidade de Manaus/AM foram utilizadas as médias mensais de durante o período de 2012 a 2016, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), conforme pode-se verificar abaixo.

Nota-se que os altos índices pluviométricos concentram-se entre os meses de dezembro e maio, caracterizado como a estação chuvosa/transição na região. Entre os meses de agosto e setembro é caracterizado por baixos índices pluviométricos

O projeto da residência contempla 140,00 m² de área construída de padrão popular para uma família de quatro pessoas. Sendo composta por sala de estar/jantar, cozinha, dois quartos, uma suíte, banheiro social, lavanderia e garagem. A cobertura será de telhas trapezoidais, tendo como área de captação pluvial de 140,62 m².

Tabela 2: Quantidade de chuva acumulada (mm).

MÊS	ANO					MÉDIA (MM)
	2012	2013	2014	2015	2016	
Janeiro	365,2	314,6	253,3	303,7	129,6	273,28
Fevereiro	288,7	342,1	245,4	214,0	235,3	265,1
Março	277,4	427,4	527,7	373,7	281,9	377,62
Abril	195,6	420,6	255	165,5	303,9	268,12
Maio	167,8	238,4	411,3	280,8	117,5	243,16
Junho	85,4	32,3	211,7	75,8	97,1	100,46
Julho	83,0	167,1	66,1	47,3	103,2	93,34
Agosto	26,6	53,0	32,2	10,7	49,8	34,46
Setembro	90,3	121	0,6	15,8	112,0	67,94
Outubro	181,3	193	190,9	31,3	152,2	149,74
Novembro	284,5	312,2	196	90,7	193,7	215,42
Dezembro	266,2	101,3	173,8	126,4	518,8	237,3
TOTAL ANUAL						2325,94
TOTAL MENSAL						193,83

Fonte: Autores, (2018).

Para poder analisar a eficiência do sistema de aproveitamento de água da chuva e seu dimensionamento, foi necessário quantificar as previsões de consumo de água na residência. O trabalho de [9] mostra que o consumo diário por pessoa é de 150 litros. Considerando que o total de moradores será de quatro pessoas mais uma empregada teremos; um consumo diário de 150 l/dia para 5 pessoas, totaliza em média 750 litros, adicionalmente se faz necessário uma reserva de incêndio (20%):150 litros, que totaliza 900 litros/dia. Nota-se que essa quantidade mostrada acima engloba toda a água tanto para fins potáveis quanto não potáveis. De acordo com [10], do total de água consumida em uma residência, 40% deste total são destinadas aos usos não potáveis.

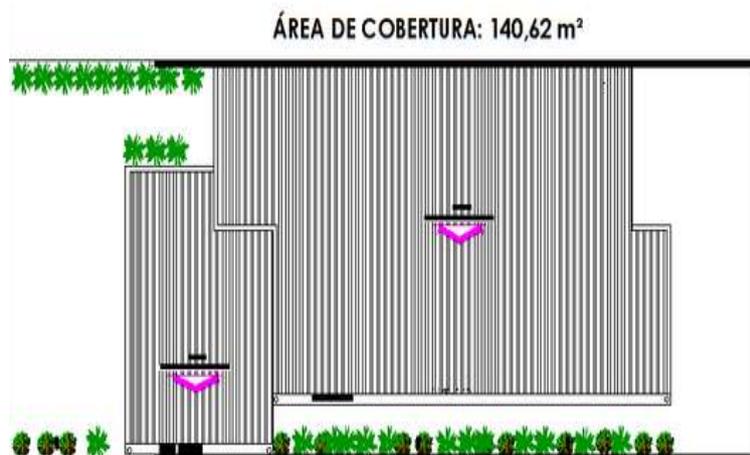


Figura 2: Projeto da área de cobertura para a captação de águas pluviais.

Fonte: Autores, (2018).

III RESULTADOS

III.1 MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Considerando o método prático Inglês conforme Equação 1 para dimensionarmos o reservatório, chegaremos a um volume mensal de captação, conforme demonstrado abaixo:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (1)$$

$$V = 0,05 \times 2353,82 \times 140,62$$

$$V = 16,54 \text{ m}^3$$

Onde: P = Precipitação média anual (mm); e A = Área de coleta em projeção (m²).

III.2 MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Considerando o método prático Alemão conforme Equação 2 para dimensionarmos o reservatório, chegaremos a um volume de captação, conforme demonstrado abaixo:

$$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo entre } (V \text{ e } D) \times 0,06. \quad (2)$$

$$V1 = 0,06 \times 330,46 = 19,82 \text{ m}^3$$

$$V2 = 0,06 \times 131,40 = 7,88 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{adotado}} = 7,88 \text{ m}^3$$

Onde: V = Volume anual de precipitação aproveitável (m³); e D = Demanda anual de água não potável (m³).

III.3 MÉTODO DE RIPPL

Considerando o método de Rippl para dimensionarmos o reservatório, chegaremos a um volume mensal de captação, conforme demonstrado abaixo na Tabela 3. O coeficiente de runoff (CR) utilizado foi de 0,8.

De acordo com os resultados apresentados através do Método Prático Inglês, Método Prático Alemão e Método de Rippl para o dimensionamento, optou-se por utilizar um tanque de poliéster reforçado em fibra de vidro da marca FIBRATEC com capacidade de 10 m³, devido a disponibilidade no mercado, com uma bomba de transferência de água para o reservatório superior.

$$P = \frac{1000xQxHm}{75xn}$$

Tabela 3: Aplicação do Método de Rippl. Legenda das Colunas (C1 – Média Mensal (MM); C2 – Demanda Mensal (M³); C3 – Área de Captação (M²); C4 – Volume de Chuva Mensal (M³); C5 – Diferença entre volume da demanda e Volume de Chuva (M³); C6 – Diferença entre acumulada dos valores positivos de C6 (M³); C7 – Situação do Reservatório.

MESES	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Janeiro	301,16	11,16	140,62	34,0	-22,84	0,0	E
Fevereiro	265,1	10,08	140,62	30,0	-19,92	0,0	E
Março	377,62	11,16	140,62	42,0	-30,84	0,0	E
Abril	268,12	10,8	140,62	30,0	-19,2	0,0	E
Mai	243,16	11,16	140,62	27,0	-15,84	0,0	E
Junho	100,46	10,8	140,62	11,0	-0,2	0,0	E
Julho	93,34	11,16	140,62	11,0	0,16	0,16	D
Agosto	34,46	11,16	140,62	4,0	7,16	7,32	D
Setembro	67,94	10,8	140,62	8,0	2,8	10,12	D
Outubro	149,74	11,16	140,62	17,0	-5,84	4,28	S
Novembro	215,42	10,8	140,62	24,0	-13,2	0,0	E
Dezembro	237,3	11,16	140,62	27,0	-15,84	0,0	E
Total	2353,82	131,4		265,0		10,12	

Fonte: Autores, (2018).

III. 4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO

Para realizar o cálculo da potência da bomba, a fim de

transportar a água pluvial a ser reutilizada para o reservatório superior, iremos estabelecer a vazão da água a ser utilizada, conforme resultante pela Equação 3.

$$Q = V/T \quad (3)$$

Onde: V: é o volume de água em m³; e T, é o tempo de funcionamento da bomba em minutos.

$$Q = 10.000 / 8$$

$$Q = 1.250 \text{ L/h} \rightarrow 1,25 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 0,000347 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para encontrarmos o diâmetro do recalque utilizamos a fórmula da NBR 5626 [11] recomendada para funcionamento intermitente ou não contínuo, deve-se utilizar a equação 4, conforme demonstrado abaixo:

$$D_r = 1,3 \times \sqrt[4]{\frac{T}{24} \times \sqrt{Q}} \quad (4)$$

Onde; Dr: diâmetro de recalque – em metros ou milímetros; T, período - número horas de funcionamento da bomba por dia; e Q, vazão - em m³/s ou m³/h e Ds é o diâmetro de sucção é o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro de recalque calculado pela Equação 4 – em metros ou milímetros.

$$D_r = 1,3 \times \sqrt[4]{\frac{8}{24} \times \sqrt{0,000347}}$$

$$D_r = 0,018 \text{ m ou } 18 \text{ mm}$$

Ao mesmo tempo, o Ds mostrado acima é o diâmetro de sucção, considerado o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro de recalque calculado pela fórmula anterior – em metros ou milímetros (m ou mm).

$$\text{O } D_r = 20 \text{ mm} \rightarrow 0,020 \text{ m e } D_s = 25 \text{ mm} \rightarrow 0,025 \text{ m}$$

Apesar disso, verificou-se que a tubulação de sucção é a tubulação antes da bomba e a tubulação de recalque é a tubulação após a bomba, será então dimensionada uma instalação de bombeamento de água sabendo que a vazão a ser recalçada é de 0,347 L/s e as tubulações serão de PVC, na qual apresentam comprimentos de 1,80 e 15,46 metros, para a sucção e recalque, respectivamente.

A cota da água é de zero metro, a cota do conjunto moto-bomba é de 1 metro e a cota do reservatório é 4,40 metros. Serão desconsideradas as perdas de carga localizada. Paralelamente, através da equação de Hazen-Williams foi obtida a perda de carga na sucção e recalque, utilizaremos a Equação 5 conforme demonstrado abaixo:

$$hf = 10,646 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,97}} \quad (5)$$

Onde, hf é a perda de carga contínua, m; Q, a vazão, m³ s⁻¹ e C, o coeficiente que depende da natureza da perda do tubo (material e estado).

$$hfs = 10,646 \left(\frac{0,000347}{145} \right)^{1,852} \frac{1,80}{0,025^{4,87}}$$

$$hfs = 0,0472 \text{ m}$$

$$hfr = 10,646 \left(\frac{0,000347}{145} \right)^{1,852} \frac{15,46}{0,025^{4,87}}$$

$$hfr = 1,203 \text{ m}$$

Portanto, para o cálculo da altura manométrica utilizaremos a Equação 6, conforme abaixo:

$$Hm = HGS + HGR + hfS + hfR \quad (6)$$

$$Hm = 1,00 + 3,40 + 0,0472 + 1,203 = 5,65 \text{ m}$$

Sabendo-se que HGS é 1,00m (diferença entre cota de bomba e nível da água da cisterna); HGR é usado 3,40 (diferença entre reservatório elevado e cota da bomba); e o valores constantes hfS = 0,0472 m hfR = 1,203 m.

Para a potência da bomba, utilizaremos a Equação 7.

$$P = \frac{1000 \times 0,000347 \times 5,65}{75 \times 0,40} \quad (7)$$

$$P = \frac{1000 \times Q \times Hm}{75 \times n}$$

Onde, P é a potência necessária em C.V.; Q, a vazão do recalque em m³/s; n, o rendimento da moto-bomba; e finalmente Hm é a altura manométrica, em m.

$$P = 0,065 \text{ C.V.}$$

A potência calculada deve ter um acréscimo de 50%, visto que a potência calculada é inferior a 2 C.V., portanto será utilizada uma bomba com potência de 0,1204 C.V. A menor bomba comercial é de 0,5 C.V., portanto será a adotada.

A residência possuirá duas caixas d'água para atender a demanda da casa, sendo que uma delas será abastecida somente pela empresa responsável pelo fornecimento de água (Manaus Ambiental) com capacidade de 1000 litros e terá como finalidade atender os usos em que é necessário melhor qualidade da água. A caixa para usos não potáveis será de 500 litros, sendo abastecida pelo reservatório inferior através de uma bomba de 0,5 c.v. e possuirá duas fontes de abastecimento, sendo que funcionará de forma automática com a bóia elétrica conforme a demanda existente e em caso de falta de água no reservatório, está será desligada e será aberto o registro de gaveta que permitirá a passagem de água da concessionária para não prejudicar o funcionamento do sistema.

III.5 ECONOMIA NA TAXA DE ÁGUA E ESGOTO

Para realizar a implantação do sistema serão gastos os materiais conforme pode ser verificado na Tabela 4.

III.6 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA CAPTADO

Em [12] apresenta os cálculos abaixo demonstrado como alternativa para reduzir custos com água tratada. O volume de água captado será de 327,07 m³/ano, sendo considerado a área de captação de água e a precipitação pluviométrica anual.

Para uma residência de 140,62 m² de cobertura na cidade de Manaus pode captar em média 327,07 m³ de água por ano.

O gasto de água e esgoto varia conforme o consumo de m³ de água na residência, portanto esse valor não será igual em todos

os meses. Conforme informação disponibilizada na fatura de saneamento, a tarifa de esgoto é 100% do valor referente ao consumo de água.

Na Tabela 5 são apresentados os valores referentes a economia por ano de água e esgoto em relação ao valor cobrado por m³ para cada faixa de consumo. Ao mesmo tempo, na Tabela 6 é possível verificar a quantidade de anos que será possível obter o retorno do investimento de acordo com a faixa de consumo.

Tabela 4: Custo para implantação do sistema de captação.

ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QTD	VALOR TOTAL
01.01	Caixa d'água em polietileno, 500 l, com acessórios	Und.	1,00	R\$ 557,74
01.02	Cisterna 10.000 l em fibra de vidro azul com tampa p/ enterrar – fornecimento e instalação	Und.	1,00	R\$ 6.000,00
01.03	Boia automática p/ caixa d'água – 15 amperes	Und.	1,00	R\$ 59,52
01.04	Torneira de boia real, roscável, 1", fornecida e instalada em reservação de água	Und.	1,00	R\$ 74,01
01.05	Registro de gaveta bruto, roscável, 1", instalado em reservação de água de edificação que possua reservatório de fibra – fornecimento e instalação	Und.	1,00	R\$ 58,31
01.06	Bomba recalque d'água trifásico 0,5 hp	Und.	1,00	R\$ 686,47
01.07	Filtro VF1 – Acquasave/3P Technik	Unid.	1,00	R\$ 2.530,00
01.08	Tubo, Pvc, soldável, Dn 25 mm, instalado em reservação de água de edificação que possua reservatório de fibra – fornecimento e instalação	M	15,46	R\$ 6,02
01.09	Tubo, Pvc, soldável, Dn 20 mm, instalado em ramal de distribuição de água – fornec. e instalação	M	1,80	R\$ 4,48
01.10	Disjuntor monopolar tipo din corrente nominal de 16A – fornecimento e instalação	Und.	1,00	R\$ 9,68
TOTAL				R\$ 9.986,23

Fonte: Autores, (2018).

Tabela 5: Economia de água e esgoto por ano relacionado a faixa de consumo.

FAIXAS DE CONSUMO (M ³ /MÊS)	ÁGUA E ESGOTO (R\$/M ³)	ECONOMIA / ANO DE ÁGUA (R\$)	ECONOMIA / ANO DO ESGOTO (R\$)
0 a 10 m ³	3,274	939,20	751,36
11 a 20 m ³	6,345	1.820,16	1.456,13
21 a 30 m ³	9,686	2.778,57	2.222,86
31 a 40 m ³	13,195	3.785,18	3.028,14
41 a 60 m ³	15,223	4.366,94	3.493,55
> 60 m ³	17,358	4.979,40	3.983,52

Fonte: Autores, (2018).

Tabela 6: Retorno de investimento relacionado a faixa de consumo.

FAIXAS DE CONSUMO (M ³ /MÊS)	TOTAL ECONOMIZADO / ANO (R\$)	RETORNO DE INVESTIMENTOS (ANOS)
0 a 10 m ³	1.690,55	5,91
11 a 20 m ³	3.276,28	3,05
21 a 30 m ³	5.001,43	2,00
31 a 40 m ³	6.813,33	1,47
41 a 60 m ³	7.860,50	1,27
> 60 m ³	8.962,92	1,11

Fonte: Autores, (2018).

O total economizado por ano e o cálculo de retorno para o investimento, referem-se ao benefício financeiro do valor aplicado no sistema de captação e armazenamento de água pluvial, demonstrando a economia anualmente na residência com 140,62 m² de cobertura.

Para uma residência na cidade de Manaus com 140,62 m² de cobertura e uma família de cinco pessoas na qual consomem 21 m³/mês tem-se que 8,4 m³ desse total no mês são destinados para uso não potável.

Tabela 7: Resultados obtidos.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	RESULTADO
Consumo em 1 ano na residência	m ³ /ano	100,80
Valor do consumo de água em 1 ano na residência	R\$	976,35
Valor do consumo de esgoto em 1 ano na residência	R\$	976,35
Economia por ano de água e esgoto	R\$	1.952,70
Valor da implantação do sistema	R\$	9.986,23
Tempo de retorno do investimento	Anos	5,5

Fonte: Autores, (2018).

IV DISCUSSÕES

Os resultados mostrados nesse trabalho concordaram com

trabalhos anteriores assim como os de [7], no qual conclui que Rippl “[...] é o método mais usado no aproveitamento de águas pluviais devido a facilidade na aplicação.” Por outro lado, nossos resultados assim como, os resultados mostrados em [14] aplicando os métodos práticos, mostraram que estes são indicados para residências unifamiliar, pois são de fácil aplicação. Ao mesmo tempo, os métodos mais complexos, como o Método de Rippl apresentam uma eficiência considerável para construções maiores.

Os resultados desse artigo ainda mostram que, o método mais indicado para as regiões onde ocorre escassez de água é o Prático Inglês e o Prático Alemão é instruído a ser usado quando ocorre o interesse na diminuição de gastos com a implantação do sistema, pois o volume do reservatório é reduzido.

Estudos que tratam de métodos para o dimensionamento de reservatório para o armazenamento de água pluvial já foram apresentados por diversos autores, dentre eles [14], na qual constatam que para os métodos de Rippl e Prático Alemão, os volumes de reservatório resultantes aumentam com a demanda de água pluvial. Ou seja, aumentando-se a demanda, verifica-se que a capacidade necessária no reservatório também será maior.

Assim, a opção por um método ou outro deve ocorrer com base no espaço disponível para instalação do reservatório. Foi efetuado comparativo entre três métodos, sendo dois práticos (Inglês e Alemão) e o Método de Rippl. No tocante ao volume de reserva, o Método Inglês resultou em 16,54 m³; no Método Alemão o volume foi de 7,88 m³ e o Método Rippl o resultado foi de 10,12 m³. Levou-se em consideração a disponibilidade dos reservatórios comercializados, onde a melhor escolha para a solução proposta foi a implantação de um com capacidade de 10 m³.

Considerando o valor da implantação do sistema na residência de R\$ 9.986,23, os cálculos econômicos obtidos permitem que esse custo seja amortizado em cinco anos e meio.

V CONCLUSÕES

Neste artigo foi comparado três métodos de dimensionamento para o reservatório e demonstrado a possibilidade de reduções da utilização de água tratada para fins não potáveis através da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial em uma residência na cidade de Manaus.

A partir destes resultados obtidos nos cálculos econômicos, verificou-se o retorno em curto prazo, tendo o custo do sistema amortizado em um período de cinco anos e meio, tempo que permite obter o retorno do valor investido na implantação do sistema de captação e reaproveitamento de águas pluviais, podendo considerar após este retorno de investimento uma economia no valor do consumo de até R\$ 1.952,70 ao ano. Com esse resultado, é possível trabalhar com a redução do consumo excessivo da água no dia-a-dia.

VI REFERENCIAS

[1] GOMES, M. A. F., EMBRAPA, <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/921047/1/2011AM02.pdf>. Acessado em outubro de 2016.

[2] GHISI, E. “Potential for Potable Water Savings by Using Rain water in the Residential Sector of Brazil.” *Building and Environment*, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.

[3] SZÖLLÖSI-NAGY, András. *O Correio da UNESCO*, 1º ed., Rio de Janeiro, Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1993.

[4] FISCH, G., MARENGO, J. A., NOBRE, C. A., “Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia”, *ACTA Amazônica* 28(2): 101-126, 1998.

[5] Figueroa, S.N.; Nobre, C.A. “Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America.” *Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, 5(6):36-45, 1990.

[6] TOMAZ, P. *A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água*. Navegar Editora, São Paulo, 2001.

[7] TOMAZ, P. *Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis*. Navegar Editora, São Paulo, 2003.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro, NBR 15.527:2007 - Sobre aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.

[9] CREDER, H. *Instalações hidráulicas e sanitárias*. 6 ed., Rio de Janeiro, LTC, 2006.

[10] GONÇALVES, R. F., *Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro, NBR 5626:1998 - Instalação predial de água fria.

[12] PEREIRA, L. R., PASQUALETTO, A., MINAMI, M. Y. M., *Viabilidade econômica/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100 m² de cobertura*. Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental. Goiânia, GO, Brasil, 2008.

[13] AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A., “Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial.” *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008.

[14] RUPP, R. F.; GHISI, U. M. E. “Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial.” *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 47-64, out./dez. 2011.