

Tópicos de Engenharia Civil



Organizadores

SUELÂNIA CRISTINA GONZAGA DE FIGUEIREDO

FABRÍCIO DE AMORIM RODRIGUES

LUCIANE FARIAS RIBAS

Editora Poisson

VOLUME

1

Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo

Fabrício de Amorim Rodrigues

Luciane Farias Ribas

(Organizadores)

Tópicos especiais de Engenharia Civil

Volume 1

1ª Edição

Belo Horizonte

Poisson

2022

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Ms. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
Msc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Comitê Científico

Eng^a. M.Sc. Aline Araújo da Silva – UFAM
Eng^a. Dr^a. Samantha Coelho Pinheiro – UEA
Eng^o. M.Sc. Samuel Antão Ferreira do Nascimento - UFAM
Eng^o. M.Sc. Frank Albert Araújo – UFAM/AMTech
Eng^o. Dr^a. Natasha de Paula Amador da Costa – COPPE/UFRJ

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T674
Tópicos especiais de Engenharia Civil - Volume 1/ Organização: Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo, Fabrício de Amorim Rodrigues, Luciane Farias Ribas. Belo Horizonte - MG: Editora Poisson, 2022
Formato: PDF ISBN: 978-65-5866-214-3 DOI: 10.36229/978-65-5866-214-3
Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia
1. Engenharia Civil 2. Inovação. 3. Tecnologia I. FIGUEIREDO, Suelânia Cristina Gonzaga de II. RODRIGUES, Fabrício de Amorim III. RIBAS, Luciane Farias IV. Título
CDD-620
Sônia Márcia Soares de Moura - CRB 6/1896



O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.

Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

Comissão organizadora

Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo

Possui graduação em Economia, mestrado em Desenvolvimento Regional e doutorado em Ciências da Educação. Atualmente é Coordenadora de Pesquisa e Extensão do Instituto Metropolitano de Ensino-IME, atuando principalmente nos seguintes temas: Sustentabilidade, Pesquisa, Iniciação Científica, Articulação entre Pesquisa, Ensino e Extensão. Autora do Projeto Produzir e Publicar.

Fabício de Amorim Rodrigues

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Amazonas (2008) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (2015). E atualmente coordena do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Fametro.

Luciane Farias Ribas

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Desenvolve pesquisas na área de Engenharia civil, com ênfase em estruturas e materiais de construção, principalmente na pesquisa dos seguintes temas: Beneficiamento e reaproveitamento de resíduos de construções e demolições, argamassas, concreto de alto desempenho, concreto autoadensável, concreto leve, concreto reforçado com fibras e técnicas de microanálise de materiais. Atua, também, em trabalhos na área de gestão na construção civil, Modelagem da informação na Construção Civil (Building Information Modeling - BIM) e Construção Enxuta (Lean Construction). Busca sempre alinhar suas pesquisas para produzir conhecimento que promova o desenvolvimento sustentável no ambiente construído e urbano.

Prefácio

Na jornada da graduação os alunos desenvolvem habilidades e competências que os capacitam a desenvolver um conhecimento mais técnico sobre qualquer tópico da área da engenharia. Neste volume abordamos alguns tópicos desses conhecimentos empregados no desenvolvimento de técnicas na área de engenharia civil.

A estruturação dos artigos foi baseada em uma metodologia de “Escrita Acadêmica Ágil”, desenvolvida especificamente para quem nunca escreveu um artigo científico, isso por que nós, do Grupo Fametro, acreditamos que a ciência é para todos, e criamos oportunidades o tempo todo para que isso seja uma realidade em nossos cursos.

No curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Fametro da nossa Unidade Sede, foi instituída a modalidade de artigo como uma alternativa aos alunos para desenvolverem seus trabalhos de forma rápida e de qualidade. O método de “Escrita Acadêmica Ágil” foi desenvolvido para o perfil dos nossos alunos, que nunca escreveram um artigo científico, portanto não familiarizados com a Linguagem Acadêmica Técnica-Científica.

O que vemos nesta obra intitulada “Tópicos Especiais de Engenharia Civil” é que não só se reuniu profissionais que conhecem muito bem o tema abordado, mas que conseguiram transferir para o papel esse conhecimento com qualidade, tornando os conteúdos aqui publicados possíveis de serem lidos, citados e compartilhados.

Essa publicação foi realizada em parceria com a Editora Poisson faz parte de um Programa Institucional intitulado “Produzir & Publicar” que cria ações para promover a produção acadêmica no Grupo Fametro. Os frutos desse trabalho e parceria são representados pelas diversas publicações já realizadas.

É indescritível a satisfação de ver aqui reunidos trabalhos de qualidade após uma jornada de muitos altos e baixos, mais ainda a sensação de dever cumprido ao apresentar esses conteúdos inspiradores.

Gratidão

Prof.^a Dr.^a Luciane Farias Ribas

Professora da disciplina TCC do Curso de Engenharia Civil do CEUNI FAMETRO

SUMÁRIO

Capítulo 1: Monitoramento do nível de água em reservatórios residenciais..... 08

Caio Pedrosa Galvão

DOI: 10.36229/978-65-5866-214-3.CAP.01

Capítulo 2: Gerenciamento de resíduos da construção civil: Manual teórico sobre descarte e reutilização de resíduos 18

Daniel Vitor Azulay Menezes de Aguiar

DOI: 10.36229/978-65-5866-214-3.CAP.02

Capítulo 3: As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos de produção 33

Daniele Progênio da Silva, Priscila de Paula Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-214-3.CAP.03

Capítulo 4: Mapeamento de fluxo de valor: Um estudo de caso durante execução de parede de concreto com formas de alumínio 41

Dário Ferreira Martins

DOI: 10.36229/978-65-5866-214-3.CAP.04

Capítulo 5: Automação industrial e o aumento da produtividade, vantagem competitiva e redução de custos 52

Fabrcio dos Santos Arevalo

DOI: 10.36229/978-65-5866-214-3.CAP.05

Capítulo 6: Análise da ação do vento em estruturas de edifícios na região norte 63

Felipe Viana dos Santos, David Cardoso dos Santos

DOI: 10.36229/978-65-5866-214-3.CAP.06

Capítulo 7: Transporte de Resíduos da Construção Civil na Cidade de Manaus 72

Francisco Carlos Fonseca de Souza, Anaize Monteiro de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-214-3.CAP.07

Capítulo 8: Resíduos de concreto na fabricação de blocos intertravados 84

Frank William Paulino

DOI: 10.36229/978-65-5866-214-3.CAP.08

SUMÁRIO

Capítulo 9: Análise dos benefícios ecológicos da utilização de materiais sustentáveis na construção civil. 94

Gilberto Fabre de Jesus Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-214-3.CAP.09

Capítulo 10: Construções sustentáveis: Reaproveitamento de águas pluviais em projetos residenciais 105

Guilherme Beraldo Amed Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-214-3.CAP.10

Capítulo 11: Perda de resistência do concreto em situação de incêndio..... 126

Reynalds Lucas Nascimento de Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-214-3.CAP.11

Capítulo 12: Edificação em estrutura de madeira através da técnica wood frame como alternativa de redução no impacto ambiental 137

Victor Corrêa Bastos, Igor Bezerra de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-214-3.CAP.12

Capítulo 1

Monitoramento do nível de água em reservatórios residenciais

Caio Pedrosa Galvão¹

Resumo: A instabilidade do abastecimento de água em nosso século é um tema na agenda dos órgãos ambientais é uma questão que vem causando incômodo ao poder público. O acesso à tecnologia nos possibilita alternativas de gestão da água. O nosso projeto propõe um sistema automático de monitoramento de abastecimento capaz de reduzir o desperdício de água normalmente encontrado em sistemas manuais. Integrar Tecnologia de sistema embarcados, o nosso projeto combina a conveniência do usuário com a economia de água. O desenvolvimento desse projeto prever o uso de componentes viáveis e capazes de fornecer resultados consistentes. Basicamente você tem um micro controlador Arduino que recebe informações do sensor de fluxo e controla o acionamento bombear e se comunicar com a interface do usuário. Tudo através de seus periféricos. Depois do desenvolvimento de todo o sistema, uma etapa importante é verificar a consistência dos dados coletados para avaliar a viabilidade do projeto.

Palavras-chave: Arduino; reservatórios residenciais; dispositivo; consumidor.

¹ Caio Pedrosa Galvão: Discente do Curso de engenharia Elétrica. Formação. Bacharelado. Fametro.

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas enfrentados pela maioria dos países é a escassez de água no mundo. A escassez se deve principalmente ao desperdício de recursos hídricos. O sistema de monitoramento do nível da água é uma das tecnologias para solucionar o problema da escassez de água. Ele observa o nível da água e fornece informações ao usuário. Diante disso, um sistema de monitoramento de nível de água baseado em um módulo bluetooth é uma ideia inovadora, que notificará o usuário sobre o nível de água e evitará que ele fique sem água ativando o enchimento do tanque de água. O sistema de monitoramento de nível de água é um processo automático para detectar e indicar o nível de água nos reservatórios, tanque superior ou qualquer outro recipiente de armazenamento, quando a água é armazenada no tanque, ninguém pode identificar o nível de água e também, ninguém pode saber quando o tanque de água será enchido. Assim, há um transbordamento de água no tanque, o que resulta em desperdício de energia e água. Para resolver este tipo de problemas recorrendo à implementação de monitores de nível de água e sistemas de controle por tecnologia sem fios que transmitirão a informação para o monitor LCD e indicarão o nível de água nos tanques superiores.

O Brasil tem uma posição privilegiada no mundo em termos de disponibilidade hídrica, com grandes rios como o Amazonas, que detêm 74% dos recursos hídricos do país. No entanto, apenas 5% da população brasileira vive na região, restando os 26% restantes com 95% (MARENGO, 2018). O abastecimento de água do Brasil permanece amplamente dependente de fenômenos climáticos e naturais, como El Niño e La Niña, que causam mudanças nas temperaturas da superfície do mar nos trópicos e no Atlântico Sul, e têm grande impacto nas chuvas e no ciclo anual de chuvas. Anomalias climáticas (MARENGO, 2018). Esse problema de escassez de água também existe em apartamentos, onde a maioria da população vive em centros urbanos, onde existem muitas barreiras em termos de incentivos e percepções dos moradores sobre hábitos diários e mudanças de comportamento (OLIVEIRA; HENKES, 2016).

Para desenvolver projetos acessíveis aos usuários finais, utiliza a tecnologia como solução de monitoramento. O sistema fornece informações sobre seu reservatório e fornece avisos para mantê-lo informado sobre a situação em que você encontra.

O projeto visa demonstrar os problemas de abastecimento de água da cidade de Manaus, desenvolva um dispositivo de monitoramento de nível de água em um reservatório residencial conectado por um dispositivo sem fio de baixo valor. O sistema deve sempre verificar o nível de água naquele reservatório, sabendo que o abastecimento de água fornecido pelo franqueado não é estável.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), no Brasil, o consumo de água é estimado em cerca de 200 litros por pessoa por dia, e uma pessoa precisa de pelo menos 110 litros de água por dia para suprir suas necessidades. Em outros países menos desenvolvidos e com menos abastecimento de água, como Angola e Etiópia, o número caiu para 15 litros. Em alguns países desenvolvidos, esse número pode ser bastante elevado, chegando a 575 litros nos Estados Unidos (ROCHA; FERREIRA; HEROSO; ZALESKI, 2016).

2.1. SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE NÍVEL DE RESERVATÓRIO

Os reservatórios consistem em unidades hidráulicas de armazenamento e vazão localizadas estrategicamente. Foi construído para diversos fins, entre eles: geração de energia, controle de enchentes, transporte marítimo, abastecimento da população, etc. Reservatórios são projetos que possuem longa vida útil devido à facilidade de expansão e, em geral, há vantagens econômicas em fazê-los em etapas (POMPEO et al., 2017).

Uma das observações de um reservatório refere-se ao seu nível de água, tais como: Nível mínimo operacional, que é o nível mais baixo necessário para que o reservatório funcione adequadamente; volume morto, que corresponde à parcela do volume total do reservatório que está inativa ou indisponível para captação de água; nível máximo de operação, refere-se ao nível de água mais alto permitido para o funcionamento normal do reservatório; volume útil é o volume que pode atender a demanda de água; volume de espera, a enchente é controlada; o nível máximo de água, que ou seja, a altura máxima do nível da água, medida a partir do valor máximo operacional disponível para passagem de cheia (POMPEO et al., 2017).

2.2. MICROCONTROLADOR ARDUINO

Os microcontroladores são amplamente utilizados em aplicações de controle e monitoramento de processos, desenvolvimento de pequenos robôs e automação geral. Dada a grande variedade de placas de desenvolvimento disponíveis, como Arduino, ESP e PIC para pequenas aplicações eletrônicas. Com interface livre programável por computador, o Arduino é uma placa baseada no ATmega328, microcontrolador da Atmel com arquitetura RISC AVR, com excelente desempenho e eficiência do compilador (PÉREZ, 2019). O Arduino Uno possui 14 pinos de entrada e saída digital, dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM e 2 podem ser usados como interrupções, contém 6 entradas analógicas, um cristal de quartzo de 16 MHz e um conector USB para interface com um computador. Programação de comunicação e código na placa de gravação (SOUZA, 2017).

2.3. SISTEMAS EMBARCADOS

Um sistema transportado (embarcado) é definido como um sistema de computador com a finalidade específica de controlar um sistema maior, como eletrodomésticos, automatização de escritório, automóveis e produtos de consumo. Assim, podemos dizer que os sistemas embarcados estão limitados a uma única tarefa, por meio de sensores e atuadores, interagindo com o ambiente ao seu redor.

Os sistemas embarcados são parte integrante dos diversos dispositivos que encontramos em nossa vida moderna, como roteadores de celular, câmeras digitais, fornos de microondas, máquinas de lavar, impressoras, travões ABS, etc. e que de acordo com CHASE, Ovans (2017), existem diversas aplicações para um sistema de bordo a partir do controle de freio de um carro capturando informações de sensores de temperatura e umidade enviando-as para uma tela ou um computador.

2.4 ÁGUA

A água é considerada o recurso natural mais importante do planeta. Essencial para a existência humana, agricultura, indústria, geração de energia, um exemplo são as hidrelétricas, alimentação, transporte, lazer dentre outros.

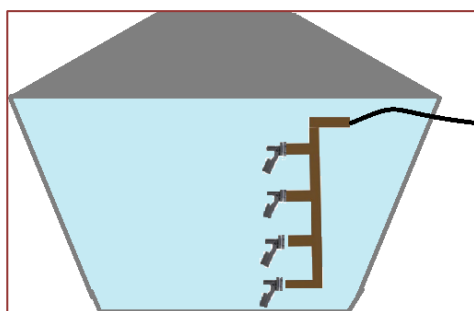
O Planeta Terra é constituído em sua maioria por água representando assim 70%, dessa porcentagem apenas 1% é apropriada. Desse total 97,5 % estão localizadas em mares e oceanos que representam nesse contexto água salgada, na qual não é apropriada para consumo humano, somente 3% são água doce (Água considerada ideal e apropriada para consumo)

Enquanto em alguns locais existe abundância, em outros é enfrentado a escassez, como por exemplo a falta de tratamento hídricos, e a degradação do meio ambiente. A expansão industrial é um fator que contribui de maneira negativa, a mineração é um exemplo. Pode citar também a falta de tratamento de esgoto, os quais são despejados diretamente nos rios, causando assim a poluição.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O projeto consiste no monitoramento de um reservatório de água. O sistema é composto por hardware e software. A parte física corresponde a uma régua onde são acoplados os sensores do tipo boia que se ligam ao micro controladores. A figura 1 representa a forma que esses sensores se encontram conectados.

Figura 1. Representação da caixa d'água com os sensores



Fonte: Autoria própria (2022).

3.1 LINGUAGEM UTILIZADA NO PROJETO

A linguagem usada foi C++. O software, desenvolvido como parte deste projeto, recebe a informação do volume de água na caixa d'água e, de acordo com a leitura envia os dados (100%, 75%, 50%, 25%) por uma placa de transmissão para uma base que possui uma outra antena configurada como receptor. A transmissão é feita pelo conjunto de códigos apresentados, sendo dividido em código de transmissão e recepção.

Código 1. Transmissão do nível d'água do reservatório

```

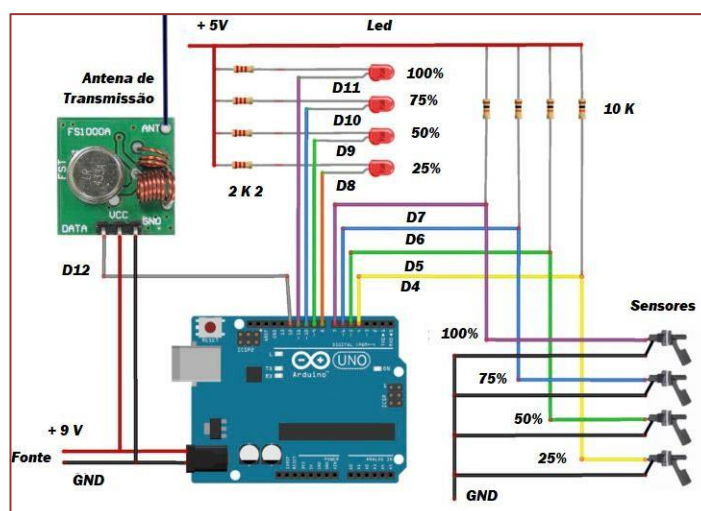
#include <RCSwitch.h>
RCSwitch transmissor = RCSwitch();
transmissorint sensor_100 = 7;
int sensor_75 = 6;
D6int sensor_50 = 5;
pino D5int sensor_25 = 4;
25% - pino D4int led_100 = 11;
int led_75 = 10;
D10int led_50 = 9;
pino D9 int led_25 = 8;
pino D8
int nivel_25;void setup()
{
int nivel_100;
nivel_75;
nivel_50;

```

Fonte: Autoria própria (2022).

A figura 2 apresenta os componentes e suas descrições de conexão. As siglas D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11 e D12, representam as portas digitais onde sensores estão conectados. É apresentada também a imagem de um micro controlador Arduino juntamente com sua fonte de alimentação de 9V. A imagem apresenta também o micro controlador Arduino com o valor de fonte externa de alimentação de 9 volts. Os 4 leds vermelhos representam a leitura do nível da água nos reservatórios e estão conectados diretamente com os sensores de chave de boia. Por fim o sistema apresenta uma placa de transmissão via rádio responsável em transmitir em tempo real os 4 níveis senhorizados.

Figura 2. Conexão do transmissor dos dados



Fonte: Autoria própria (2022).

Já a recepção do sinal é feita através do segundo bloco de códigos apresentados.

Código 2. Recepção dos dados oriundos da caixa d'água.

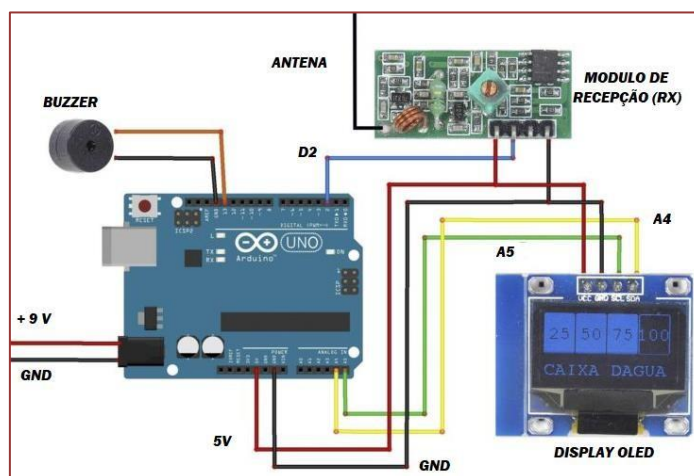
```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
pinMode(led_90, OUTPUT);
pinMode(led_70, OUTPUT);
pinMode(led_50, OUTPUT);
pinMode(led_20, OUTPUT);
pinMode(sensor_100, INPUT);
pinMode(sensor_70, INPUT);
pinMode(sensor_50, INPUT);
pinMode(sensor_10, INPUT);
transmissor.enableTransmit(12);
transmissor.setPulseLength(400);
transmissor.setProtocol(6);
transmissor.setRepeatTransmit(16);
}
#include <Fonts/FreeMono9pt7b.h>
#include <RCSwitch.h>
RCSwitch receptor = RCSwitch();
#define SCREEN_WIDTH 128
pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);
int valor;
unsigned long inicialTimer = 0; unsigned long finalTimer; boolean falha = false;
void setup(){
pinMode(13,OUTPUT);display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC,0x3C); display.clearDisplay();
display.setFont(&FreeMono9pt7b);
display.setTextSize(1);
displayMessage (); }
void caixa25(boolean cheia){
if (cheia == true){
display.fillRoundRect(0, 0, 60, 70, 2, WHITE); }
else{
display.fillRoundRect(0, 0, 60, 70, 2, BLACK);
display.drawRoundRect(0, 0, 30, 40, 2, WHITE);
display.setTextColor(WHITE);}
display.setCursor(4, 25); display.println("25"); display.display();}
void caixa50(boolean cheia){
if (cheia == true){
display.fillRoundRect(0, 0, 60, 70, 2, WHITE); }
else{
display.fillRoundRect(0, 0, 60, 70, 2, BLACK);
display.drawRoundRect(31, 0, 30, 40, 2, WHITE); }
display.setCursor(35, 25);
display.println("50");
display.display();}
void caixa75(boolean cheia){
if (cheia == true){
display.fillRoundRect(62, 0, 30, 40, 2, WHITE); }
else{
display.fillRoundRect(62, 0, 60, 70, 2, BLACK);
display.drawRoundRect(62, 0, 30, 40, 2, WHITE);
} display.setCursor(66, 25);
display.println("75");
display.display();}
```

Fonte: Autoria própria (2022).

A figura 3 apresenta os componentes e suas respectivas conexões como ilustrado. A placa do Arduino se encontra conectado diretamente com três circuitos sendo o primeiro o buzzer que é uma forma de aviso sonoro de mudança do nível de água entre as boias. O módulo de recepção do sinal emitido pelo transmissor e por fim o display que apresenta em tempo real o nível de água no reservatório. Como o sistema do display apresenta o nível de água em forma de uma escala é utilizado as portas analógicas A4 e A5

Figura 3. Conexão de recepção dos dados enviados



Fonte: Autoria própria (2022).

3.2. ETAPAS VERIFICAÇÃO DE FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO.

ETAPA 1

Identificar as bibliotecas, com as funções específicas para a medição do nível de água em reservatório, por meio de pesquisa bibliográfica, viabilizando a transmissão via rádio.

No caso, a biblioteca utilizada no dispositivo transmissor será: `#include <RCSwitch.h>`

```
Já no receptor serão usadas:#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Fonts/FreeMono9pt7b.h>
#include <RCSwitch.h>
```

ETAPA 2

Avaliar a forma mais adequada para a compilação em arduino, por meio de linguagem C++, utilizando funções simples como “if” e “else” e outras já predefinidas nas bibliotecas utilizadas.

ETAPA 3

Testar sistema protótipo. Através do Fritzing (Possível baixar em fritzing.org), é possível testar o micro controlador, bem como os códigos e seu funcionamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o sistema operando da forma desejada, o próximo passo é coletar amostras para verificar a confiabilidade do projeto proposto.

4.1. COLETA DE AMOSTRAS

Geralmente, de acordo com o QS-9000 MSA Handbook (1997), quando o erro de dispersão do sistema de medição é inferior a 10%, eles são considerados aceitáveis. Com base nessas informações, uma amostra do sistema proposto foi coletada para avaliar sua confiabilidade e aceitação. Dez amostras de volume conhecido foram realizadas e, após a coleta de dados, calculadas pela média e desvio padrão do sistema. Em cada amostra, o volume a ser medido é definido como 80 L. Para obter este valor e verificar erros sistemáticos, foi adicionado 80 L de água pelo sensor de entrada e retirado 50% pelo sensor de saída. A tabela 1 representa os dados coletados para teste de amostra.

Tabela 1 – Amostra de valores de medições do reservatório

Sensor de Entrada (L)	Sensor de Saída (L)	Valor no reservatório (L)
79	36	43
81	37	44
84	41	43
81	42	39
78	39	39
83	40	43
82	38	44
80	39	41
79	42	37
82	44	38

Fonte: Autoria própria (2022).

4.2 ERRO SISTEMÁTICO

Usando os dados da tabela acima, extraia o valor médio do volume de água medido e calcule o erro sistemático estimado do sistema pela seguinte fórmula 1

$$E_s = X - V_x \quad (1)$$

Em que,

E_s - Erro sistemático estimado;

X - média dos valores de volume obtidos nas dez medições;

V_x - volume real que o sistema deveria apresentar.

A média de 10 amostras foi de 41,1 L. Portanto, o valor de E_s é 1,1 L. Erros sistemáticos estimados ocorrem em processos que são afetados por mudanças no ambiente, como pressão e temperatura. A calibração do sistema deve ser minimizada e o resultado é um dos indicadores de confiabilidade do instrumento ou sistema de medição.

4.3. DESVIO PADRÃO

Depois de calcular o erro sistemático do sistema de medição de nível proposto, o desvio padrão amostral é calculado para obter o erro padrão estimado e analisar a confiabilidade da medição. O desvio padrão é calculado de acordo com a Equação 2 e é dado pela raiz quadrada da variância da amostra.

$$\sigma = \sqrt{\sum \frac{(x_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Discriminada abaixo,

σ - desvio padrão;

x_i - valor individual de cada medição;

\bar{X} - média dos valores de volume obtidos nas dez medições;

n - tamanho amostral.

Para a valor coletado, de σ foi de 3,211, representando um desvio de 8% do valor real medido.

O desvio padrão representa o índice de dispersão de uma amostra, a partir do qual podemos calcular o erro padrão do sistema, que é uma medida da confiabilidade da verificação da média amostral, dividida pela raiz quadrada do tamanho da amostra, dada pela Equação 3.

$$Er = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

onde,

Er - Erro padrão do sistema.

Trocando os valores de desvio padrão e tamanho da coleta, temos um erro padrão estimado de 1,011 para a questão colocada

4.4 INTERVALO ACEITÁVEL

Por fim, com base nos resultados acima, pode-se determinar um intervalo de confiança para a amostra utilizada. Com 95% de probabilidade de sucesso, o percentil 1,96 é utilizado para calcular o intervalo de confiança da amostra. A equação 4 estabelece os valores mínimo e máximo para este intervalo.

$$[X - Er \cdot 1,96; X + Er \cdot 1,96] \quad (4)$$

Intervalo de Confiança da amostra [39,12 L; 42,98 L].

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dada a importância da água para a humanidade e o contexto geral da consequente escassez hídrica nos próximos anos, este trabalho demonstra o desenvolvimento de sistemas de monitoramento de reservatórios de água, além da incapacidade de muitos gerenciarem o consumo desse bem. A água é o nosso petróleo do futuro ou o bem mais valioso da humanidade. O sistema em questão é baseado no conceito de automação. O reservatório comunica o nível de água em tempo real ao morador da residência. Com o protótipo implementado, pode-se verificar que o sistema é comprovadamente viável em futuras implementações práticas. Embora apenas um tanque tenha sido usado nos testes, o sistema é escalável, pois permite que vários tanques sejam registrados, cada um devidamente identificado. À medida que este trabalho se desenvolve, o conhecimento adquirido no curso pode ser colocado em prática, o que incluindo em outras áreas de atuação. Por fim, novas funcionalidades do monitoramento do reservatório poderão ser implementadas em trabalhos futuros como: registro do histórico de gastos de água, envio de e-mails e relatórios com informações de nível de água aos moradores e envio de alertas por e-mail, WhatsApp e SMS, quando o nível da água se mostrar crítico. Levando em conta a maior situação em nível de cidade e IoT em áreas de cidades inteligentes, o sistema de monitoramento pode ser adaptado para monitoramento de rios, alertando os usuários sobre eventos de inundação em comunidades e cidades.

REFERÊNCIAS

- [1] EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. Arduino em Ação. Editora Novatec: São Paulo/SP, 2018.
- [2] JÚNIOR, J. G. D. Sistema Automatizado de Reuso de Águas Pluviais e Residuais para fins não potáveis. 2016. 94p. Disponível em: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:uoiMSLFkWTwj:arquivos.info.ufrn.br/arquivos/20160541314dc43750535427cb7de13f2/Relatrio_de_Estgio_de_JOS_GERALDO_DINIZ_JNIOR.pdf+&cd=9&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em 23 de maio de 2022.
- [3] MARENGO, J. A. (2018). Água e mudanças climáticas. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p.83–96.
- [4] OLIVEIRA, A. P. N. HENKES, J. A. (2016). Condomínios sustentáveis: desafios da escassez dos recursos naturais. p. 602–625.
- [5] PÉREZ, A. Conhecendo o cerne do microcontrolador ATmega328p Arduino Uno. 2019. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/microcontrolador-/138-atmel/14863-conhecendo-o-cerne-do-microcontrolador-atmega328p-arduino-unomic165>>. Acesso 22 de maio de 2022.
- [6] POMPEO, M. et al. Ecologia de reservatórios e interfaces. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2017.
- [7] ROCHA, C. B.; FERREIRA, H. S.; HEROSO, L. F.; ZALESKI, R. H. Sistema de Monitoramento de Consumo de Água Doméstico com a Utilização de um Hidrômetro Digital. 2016. Trabalho de Disciplina – Oficina De Integração 3 - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.
- [8] SOUZA, F. Arduino Uno. 2017. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduino-uno/>>. Acesso 19 março 2022.

Capítulo 2

Gerenciamento de resíduos da construção civil: Manual teórico sobre descarte e reutilização de resíduos

Daniel Vitor Azulay Menezes de Aguiar

Resumo: A preocupação com o meio ambiente tornou-se evidente a partir da década de 70, sendo que os Estados passaram a criar ações para diminuir a emissão de efluentes que agredem o mesmo. Neste enfoque a preocupação com os resíduos gerados pela construção civil e seu impacto ambiental fez com que novas estratégias para a redução e reutilização de tais resíduos fossem abordadas. Com o aumento significativo da construção civil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA codificou os resíduos em classes, determinando seu reaproveitamento e disposição final de maneira sustentável. Por meio de estudo de normas, literaturas e legislação especializada e com o uso da metodologia de pesquisa exploratória e bibliográfica, foi elaborado um manual elucidativo no qual explica teoricamente o gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil, demonstrando como uma empresa deve dispor de seus resíduos de maneira legal. Constatou a carência e dificuldade em reutilização de algumas classes de resíduos, e as dificuldades na implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil. Concluiu por meio de comparações entre autores que um correto gerenciamento, manejo e descarte de resíduos gera impactos positivos tanto ao meio ambiente quanto na obra.

Palavras-chave: Manual. CONAMA. Meio ambiente. Resíduos. Reutilização.

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos da construção civil podem ser constituídos de fragmentos de tijolos, blocos cerâmicos, concretos, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, argamassas, gessos, dentre outros. Com a Resolução 306 da Comissão de Meio Ambiente – CONAMA, tais resíduos foram classificados conforme classes, demonstrando resíduos que podem ser reutilizáveis ou reciclados para serem utilizados como agregados. Assim, os resíduos da construção civil são classificados em Classe A (resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados), Classe B (resíduos recicláveis para outras destinações), Classe C (resíduos nos quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis), Classe D (resíduos perigosos oriundos do processo de produção) e Classe E (resíduos comuns de características domésticas). Para atender ao gerenciamento de tais resíduos, as obras devem ser direcionadas através de um plano, conhecido como Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC. Este plano deve atender as diretrizes para obtenção de resultados eficientes e eficazes no processo de gestão de resíduos sólidos).

Portanto, através da pesquisa bibliográfica e elaboração do manual o trabalho tem a finalidade de servir como instrumento de consulta ajudando empresas e trabalhadores do ramo da construção civil por meio de um compilado de práticas de boa utilização e reaproveitamento dos resíduos gerados nos canteiros de obras, demonstrando aspectos que uma obra deve atender buscando melhor rendimento e economia da empresa, gerenciando os resíduos da construção. A importância de um gerenciamento de resíduos sólidos se dá pelo fato de que os problemas relacionados aos resíduos sólidos têm se avolumado nas sociedades contemporâneas, implicando a deterioração da qualidade de vida nos grandes centros urbanos. Os resíduos sólidos urbanos gerados pela sociedade em suas diversas atividades resultam em riscos à saúde pública, provocando degradação ambiental, além dos aspectos sociais, econômicos e administrativos envolvidos na questão.

O gerenciamento de resíduos consegue satisfazer às demandas de todos os cidadãos; promover a saúde e o bem-estar da população; proteger a qualidade e garantir a sustentabilidade do ambiente urbano; preservar os recursos naturais, desde sua extração, passando por sua transformação, até a disposição final dos resíduos sólidos; aumentar a eficiência e a produtividade da economia e gerar emprego e renda. Com a possibilidade maior de compra, cada vez mais se consome no Brasil e no mundo. As pessoas se desfazem das coisas com muita facilidade e conseqüentemente adquirem outras coisas, criando e fomentando a cultura do desperdício e da geração de resíduos e assim gerando cada vez mais lixo. Na construção civil e nas indústrias a realidade é bem parecida, mas os aspectos são outros. A falta de planejamento leva a gastos desnecessários e aquisições impensadas, que resulta, em geração de resíduos e conseqüentemente desperdício.

2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil tem impactado o meio ambiente de maneira exponencial nas últimas décadas grande parte do problema advém da geração de resíduos e de sua disposição em locais inadequados, A resolução n 307 do conselho nacional do ambiente (CONAMA) e a política nacional de resíduos sólidos (PNRS) atribui a responsabilidade

dos resíduos da construção aos geradores, transportadores e gestores municipais (CABRAL; MOREIRA, 2011).

A NBR 10004 (ABNT, 2004) define resíduos como resíduos sólidos e semissólidos provenientes de atividades diversas, embora a construção civil não esteja exemplificada ainda se encaixa nos resíduos da indústria ou mesmo atividades de serviço.

Já a resolução n 307 (CONAMA, 2002) introduz um rol taxativo de resíduos da construção civil entre eles tijolos, cerâmicas, concretos etc. Também chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Para Leite (2001) a falta de qualidade dos bens e serviços, urbanização, aumento de consumo, estruturas mal concebidas desastres naturais são geralmente a origem dos resíduos. A maior parte da geração de resíduos tem origem nas atividades de canteiros de obras e de serviços demolição (PINTO, 1999).

Os resíduos da construção civil segundo a resolução n 307 (CONAMA, 2002) estão classificados em 4 classes de A até D, sendo a classe A resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados, a classe B possui os plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e gessos. A classe C apresenta os resíduos para os quais não foram desenvolvidos tecnologia que permita sua reciclagem ou recuperação. E por último a classe D que contém as tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais, telhas e demais objetos que contenham amianto.

2.2. IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE E SAUDE

Os entulhos gerados na construção civil não remanejados ou descartados, atualmente os resíduos da construção civil são responsáveis pela lotação de áreas do aterro de resíduos sólidos urbanos (ÂNGULO, 2003). Grande parte desses resíduos são indesejáveis para o meio ambiente por possuírem em sua composição materiais como cimento amianto, gesso, argamassas, cerâmicas, os quais se depositados inadequadamente podem causar grandes impactos no meio ambiente e prejudicar a saúde da população.

Outra problemática além da preocupação com o meio ambiente é em relação a saúde pública pois os resíduos descartados em locais inapropriados são a principal moradia para animais peçonhentos e transmissores de doenças, como ratos, cobras, escorpiões e aranhas. Portanto deve se ter um cuidado especial a destinação desses, materiais na área urbana.

O descarte inadequado pode gerar o nascimento de um aterro, a destinação em um lugar acaba por influenciar a população local e outras construtoras a localizar seus resíduos onde encontra-se qualquer tipo de entulho, gerando um ciclo no qual só termina quando a prefeitura envia uma equipe para limpar o local, resolvendo temporariamente até que um novo aterro temporário tenha sido encontrado e assim repetindo o processo.

Segundo Cabral (2011) os entulhos podem afetar também a drenagem de águas pluviais ou até mesmo o entupimento de redes de esgoto, gerar transtornos ao trânsito ocupando uma parte percentual da pista podendo acarretar acidentes, gera problemas de assoreamento de rios e lagos, prejudica espécies terrestres e aquáticas

São notáveis os elevados custos com o manuseio e transporte de resíduos muitas vezes usando transporte de aluguel elevado e maquinários pesados para fazer o transporte e carregamento dos resíduos (PINTO, 2001).

Segundo a resolução n 307 (CONAMA, 2002) os resíduos devem ser descartados em aterros de inertes sendo preferencialmente reciclados, o que geralmente não ocorre na prática, pois ainda se encontram resíduos em rios, lagos, aterros urbanos, florestas e alguns casos nem ocorre destinação.

2.3. PERDAS NO CANTEIRO DE OBRAS

A principal maneira de combater aumento de problemas com resíduos da construção civil é impedindo seu nascimento e isso ocorre com boas práticas, planejamento e reutilização.

As perdas geradas ocasionadas pelo desperdício de materiais durante a construção são responsáveis pela geração de resíduos da construção e demolição (RCD) nos canteiros de obras (CABRAL; MOREIRA, 2011).

A perda gerada por excesso de produção ocorre quando se produz mais que o necessário, um exemplo seria a produção em excesso de argamassa, superior a necessária por dia, gerando desperdícios e aumento de gastos.

Segundo Soilbelman (1993) a falta de cuidado no manejo de materiais dentro do canteiro de obras, perdas durante o transporte por erros fixação, peças advindas defeituosas de fábrica, perdas por recortes em cerâmicas e tijolos, gera grandes quantidades de resíduos e afetam diretamente o custo de uma obra e seu valor final, tornando algo que deveria ser um valor exato em valores a serem acrescidos devido a perda e compra de novos materiais.





Cimento, areia e argamassa são desperdiçados em maior quantidade nos canteiros de obras, e a maior perda desses materiais ocorre com o transporte e estoque desses materiais (FORMOSO,1996)

Segundo Formoso (1996) as correções podem ser feitas utilizando materiais de alta resistência, equipamentos de ponta e técnicas avançadas de gerenciamento.

2.4. CLASSIFICAÇÃO RCD

A resolução Conama n 307(2002) primariamente tem como objetivo a não geração de resíduos sólidos da construção e a minimizar os danos ao meio ambiente causados pelo descarte incorreto de acordo com as normas e diretrizes especificadas pela resolução. A tabela abaixo especifica e exemplifica as classes de resíduos sólidos de acordo com o art.3 da resolução.

Tabela 1. Classificação RCD

Classes	Elementos	Composição	Exemplos
A	Materiais cerâmicos, blocos ou tijolos de alvenaria, telhas, argamassa, concreto, solos de terraplenagem	Materiais que podem ser reutilizados na própria obra, podem ser encaminhados para unidades de reciclagem ou aterros próprios para materiais de construção civil.	
B	Papel/papelão, plásticos, metais, vidros, madeiras, gesso	São aqueles que podem ser reciclados para outros fins	
C	Isopor, serragem, telas	São materiais que não podem ser reciclados pois ainda não há técnicas para o processo de reaproveitamento	
D	Tintas, solventes, vernizes, materiais e telhas de amianto, materiais das classes A, B e C contaminados	São materiais perigosos que podem causar danos à saúde humana e animal e ao meio ambiente	

Fonte: Portal resíduos sólidos (2022)

2.5. A GESTÃO DE RCD LEGALIZADA

Segundo Cabral, Moreira (2011) o principal instrumento para controle dos RCD é a implementação plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil que devem ser elaborados pelos municípios e pelo distrito federal, implementando um Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC) e Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).

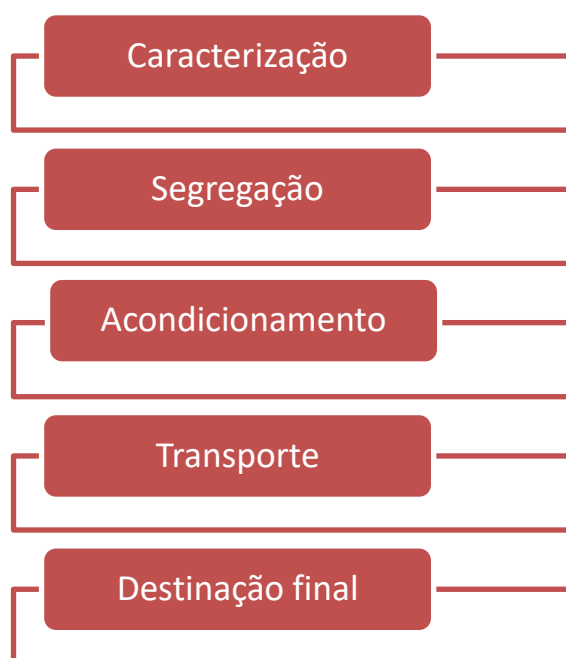
O PGRCC é elaborado com a finalidade de estabelecer procedimentos para manejo e destinação ambiental adequada dos resíduos. Atende aos grandes geradores.

O PMGRCC atende aos pequenos e médios geradores estabelecendo técnicas e procedimentos para o exercício das grandes responsabilidades.

Em empreendimentos que não sejam objetos de licenciamento ambiental, o PGRCC deverá ser apresentado juntamente com o projeto para análise pelo órgão competente do poder público municipal. Em empreendimentos sujeito ao licenciamento ambiental este deverá ser analisado dentro do processo de licenciamento.

Em 2 de agosto entrou em legalidade a lei federal n 12305, a qual institui a política nacional dos resíduos sólidos (PNRS) os objetivos da lei são a diminuição da geração de resíduos reciclagem e tratamento dos mesmos, bem como a sua disposição final ambientalmente adequada.

O PGRCC deve conter as seguintes etapas:



2.5.1. NORMAS TÉCNICAS

Os comitês técnicos elaboraram as normas e foram publicadas em 2004 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). As normas abrangem assuntos sobre áreas de transbordo, diretrizes para implantação, aterros e pavimentos.

A tabela abaixo relaciona as normas com seus títulos e um resumo sobre os assuntos contidos nelas.

Tabela 2.NBR

Norma	Título	Resumo
NBR 15112(ABNT 2004)	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos	Áreas de transbordo e triagem-Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15113(ABNT 2004)	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes	Aterros-Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15114(ABNT 2004)	Resíduos sólidos da construção civil	Áreas de reciclagem-Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15115(ABNT 2004)	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil	Execução de camadas de pavimentação-procedimentos
NBR 15116(ABNT 2004)	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil	Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural-requisitos

Fonte: Autoria própria (2022)

2.6. GESTÃO DE RCD NO CANTEIRO DE OBRAS

2.6.1. CARACTERIZAÇÃO

Quando se fala em gerenciamento se implementa os processos do PGRCC seguindo todas as etapas: caracterização, segregação, acondicionamento, transporte e destinação final. Antes de iniciar as etapas deve ser estimado por meio de probabilidade a quantidade que possivelmente será gerada no empreendimento para que possa ser feito o dimensionamento adequado dos recipientes que acondicionarão os RCD.

Para esse levantamento geralmente utiliza dados arquivados das empresas em construções passadas tendo uma média da geração de resíduos por obra. Estes dados são documentos exigidos pelo órgão fiscalizador competente de preenchimento obrigatório durante toda a fase da obra, na qual discriminam a quantidade de resíduos produzida por classe e por fase da obra, a empresa contratada para o transporte dos mesmos o local de destinação final e o endereço da obra. Os dados devem estar similares com os das empresas contratadas para a coleta e destinação final.

Ao final da obra esses dados tanto da empresa de coleta quanto gerados pelo fiscalizador na obra devem ser encaminhados ao órgão fiscalizador para averiguação da quantidade de resíduos prevista no PGRCC e a efetiva gerada.

2.6.2. SEGREGAÇÃO

Considerada a etapa mais importante por ser a locação dos resíduos na obra separados em compartimentos adequados, esta etapa é fundamental pois se feita de modo correto permitirá o máximo da reciclagem de resíduos, considerando que eles tenham a finalidade de serem reciclados.

A reciclagem com materiais contaminados impede a máxima qualidade na reciclagem, pelo fato de estarem contaminados com material de difícil extração e reciclagem. Então é de fundamental importância a separação desses materiais em obra a fim de evitarem perda e a contaminação.

Para a separação a equipe deve ser instruída e se necessário treinada para que façam o descarte correto nos compartimentos. O procedimento de separação de resíduos também gera benefícios na obra, permitindo um ambiente livre e limpo terá necessariamente reduzido as chances de ocorrer qualquer tipo de acidentes, além de motivar os trabalhadores a sempre deixarem o ambiente limpo.

2.6.3 ACONDICIONAMENTO

A etapa de condicionamento é interligada entre locação atual de resíduos e final dentro de uma obra, para a locação atual esta deve estar em cada pavimento ou localização específica determinada pelo projetista da obra, possuindo recipientes capazes de acomodar os materiais, em alguns casos esses recipientes devem ser reforçados com sacos resistentes e materiais a fim de receber objetos cortantes ou de pesos elevados.

Em caso de resíduos orgânicos ou papeis deve se usar recipiente com tampa e saco de lixo simples, sua localização é próxima de onde a presença humana. Para resíduos pesados podem ser utilizadas baias fixas ou móveis.

Resíduos leve e grandes devem ser localizados em áreas cobertas e de fácil acesso para a empresa coletora.

A sinalização nas caçambas ou lixeiras deve ser seguida segundo a sinalização prevista na resolução n 275 (CONAMA, 2001) em que especifica os códigos de cores para os diferentes tipos de resíduos.

Figura 5. Código de cores para resíduos



Fonte: reciclagem no Brasil

2.6.4. TRANSPORTE

O transporte de resíduos dentro do canteiro de obras é realizado de maneira horizontal por carrinhos-de-mão e giricas, já o deslocamento vertical é realizado em materiais não tão pesados por meio de tubos verticais, quando a carga é muito pesada utiliza-se elevadores de carga.

O transporte por meio de vias até a destinação final é realizado por meio de empresas contratadas especializadas e registradas e credenciadas pelo órgão responsável.

2.6.5. DESTINAÇÃO FINAL

A resolução n 307 do CONAMA especifica que a classe A deve ser reciclada ou reutilizada na forma de agregados, em último caso podem ir para aterros de resíduos da construção civil, quando se trata das classes B, C e D não existem especificação apenas indicação que devem ser locados conforme norma específica.

A seguinte tabela tem por finalidade demonstrar a disposição final de alguns resíduos reciclados.

Tabela 3. Reciclagem

Material	Destinação
Entulho de concreto	Concretos sem função estrutural, estradas, material para aterro, agregados
Madeira	Reutilizada na obra se não estiver suja ou danificada, usada para combustíveis, fabricação de papel
Papel, plástico e papelão	Catadores
Vidro	Novo vidro, fibra de vidro, telha e bloco de pavimentação ou adição na fabricação de asfalto
Resíduos de alvenaria	Produção de concreto, concreto especiais, massa na fabricação de tijolos, material de preenchimento
Sacos de cimento	Retornados a fábrica para utilização com combustível na fabricação de cimento
Gesso	Pó de gesso, corretivo de solo

Fonte: Adaptado manual de gestão de resíduos sólidos (2022)

2.7. REDUÇÃO, RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RCD

A resolução n 307 do CONAMA em seu artigo 4 especifica que os geradores de resíduos devem ter como prioridade a sua não geração e posteriormente a reciclagem ou reutilização.

Segundo a NBR 15116 (ABNT) os agregados a serem utilizados em pavimentação e concreto sem função estrutural se forem reciclados de RCD devem passar por um processo de beneficiamento para se adequar a sua utilização.

Estes agregados provenientes do beneficiamento pertencentes a classe A podem ser divididos em 2 tipos, agregado reciclado de concreto (ARC) que contém no mínimo 90% de fragmentos de concreto, o outro agregado é o agregado reciclado misto (RAM) que possui menos de 90% de massa de concreto.

O custo dos agregados reciclados é bem inferior aos agregados naturais o que seria uma vantagem no orçamento de uma obra.

Por se tratar de um concreto sem finalidade estrutural, pode se usar agregados reciclados isso se dá no fato de os agregados reciclados apresentarem quantidades de cerâmica em sua composição como fato de conhecimento as cerâmicas não possuem capacidade de resistência a compressão elevada o que inviabiliza sua utilização em concretos de função estrutural fora outras impurezas que os agregados reciclados apresentam que influencia diretamente no FCK do concreto.

Os equipamentos necessários para uma usina de reciclagem de resíduos são simples basta apresentar um britador, peneira e esteira, semelhante ao processo que ocorre em acabamentos de britas.

Agregados reciclados estão sendo usados como fonte de estudo em busca de alternativas a substituição da brita, muitos testes estão sendo feitos em faculdades para testar sua capacidade em atividade estrutural e não estrutural, um exemplo desses estudos são os que estão sendo realizados no estado do Ceará, com o grupo de pesquisa em materiais de construção e estruturas (GPMATE) o qual utiliza a trituração de material cerâmico até a finura para uso como aglomerante em argamassas de revestimento.

A pavimentação com uso de agregados reciclados é a mais difundida e aceita por possuir diversos estudos consolidados.

Segundo Carneiro (2001) a utilização de agregados reciclados na pavimentação apresenta grandes vantagens como a utilização de grande parte de agregados reciclados dando finalidade útil a eles, processo de reciclagem simples apresenta vantagens quanto a rapidez da obra, possibilidade de utilização do entulho, utilização de grãos do entulho diminuindo o processo e energia para a reciclagem deste entulho.

A NBR 15115 trata da parte executório com agregados reciclados em pavimentação já a NBR 15116 trata dos requisitos para aplicação dos agregados reciclados.

3.PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa em questão é de caráter qualitativa e bibliográfica, pois mostrará narrativas, ideias e hipóteses. A finalidade desta pesquisa é mostrar através de um manual compilado como é feito o gerenciamento dos resíduos sólidos da obra. Como já dito, o objetivo geral é mostrar que utilizando boas práticas e fazendo a reutilização de alguns resíduos será possível gerar economia e menos dispêndios, em relação ao gerenciamento dos resíduos. Os objetivos específicos são: Conceituar os resíduos da construção civil; demonstrar os tipos de resíduo, conforme o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente); fundamentar a reciclagem de resíduos sólidos da Construção civil; explanar a disposição de resíduos nos termos da lei.



3.1. MANUAL DE BOAS PRÁTICAS

3.1.1. SEPARAÇÃO DE RCD NO CANTEIRO DE OBRAS

Esta etapa foi realizada buscando informações por meio de pesquisas em artigos e trabalhos de conclusão de curso. O mecanismo de busca utilizado foi o google acadêmico onde por meio dele foi encontrado artigos relacionados ao tema, o tema buscado na plataforma foi gerenciamento de resíduos da construção civil, as palavras-chave usadas forma RCD, resíduos e reciclagem, quanto ao critério temporal foram usados artigos recentes de 5 anos decorridos e trabalhos de conclusão de curso com mais de 10 anos.

A resolução Conama n 307 foi a principal referência usada para as classificações dos resíduos.

3.1.2. REUTILIZAÇÃO DE RCD NO CANTEIRO DE OBRAS

Esta etapa foi realizada buscando informações através de manuais e artigos relacionados ao tema, o mecanismo de busca para os artigos foi o google acadêmico utilizando palavras-chave como RCD e reutilização, o critério temporal de busca foi definido para mais de 10 anos, os manuais de resíduos foram encontrados por meio do google nos site do ibere e cetesp.

3.1.3. RECICLAGEM DE RCD

Esta etapa foi realizada adquirindo informações por meio de artigos, trabalhos de conclusão de curso, manuais e sites de engenharia. O mecanismo de busca para os artigos e trabalhos de conclusão foi o google acadêmico, utilizando palavras-chave como reciclagem, RCD e resíduos, o critério temporal de busca foi de até 10 anos . Os manuais utilizados foram encontrados no site do ibere e cetesp, os sites de engenharia utilizados foram engenharia civil e blog da engenharia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. MANUAL DE BOAS PRÁTICAS

4.1.1. SEPARAÇÃO DE RCD NO CANTEIRO DE OBRAS

A separação nos canteiros de obras do RCD deve ser semelhante ao processo de coleta seletiva de lixo, a cada pavimento e a locais próximos da obra devem estar locados recipientes que possuam resistência e volumes adequados para o descarte desses materiais.

Os recipientes devem ser de fácil visibilidade e discernimento e separados de acordo com a classe de RCD, classe A até D, em seus corpos devem apresentar adesivos com as cores especificadas pela Conama: azul(papelão/papel), vermelho(plástico), verde(vidro), amarelo(metal), preto(madeira), laranja (resíduos perigosos), branco (ambulatório e saúde), roxo(radioativos), marrom (resíduos orgânicos), cinza (não reciclável ou contaminado).

Em caso de os RCD forem materiais pontiagudos ou cortantes é necessário um maior cuidado e uso de EPIS adequados na hora de fazer o manuseio, usar luvas grossas e diminuir o tempo de contato com esses materiais para evitar o surgimento de acidentes.

Os recipientes devem ser localizados em áreas de fácil acesso tanto para o descarte quanto para facilitar a entrada dos veículos e recebimento desse material para que sejam descartados em locais adequados.

Quanto ao local de destinação desses RCD, as classes que possuam possibilidade de reutilização ou reciclagem serão destinadas as usinas de reciclagem para serem transformados em agregados, já as que não podem ser reutilizadas ou recicladas irão para aterros específicos e adequados para sua locação.

Segundo Nascimento (2017) como resultado de sua pesquisa sobre gerenciamento de resíduos analisando a gestão de empresas de grande porte e médio porte constatou que as empresas de grande porte estavam em total acordo com a políticas de gerenciamento de resíduos e tentavam ao máximo reduzir a geração de RCD já a sua análise das empresas de médio porte confirmou que nem todas apresentavam descarte correto ou ocorria algum tipo de atenção especial aos RCD.

O grupo de Pesquisa em Materiais de Construção e Estruturas (GPMATE) da universidade federal vem realizando pesquisas com RCD e obteve resultados utilizando a trituração de material cerâmico até a finura de pó para uso como aglomerante em argamassas de revestimento. Esse estudo e pesquisa só obteve resultados graças a separação dos materiais e a destinação de RCD para pesquisa.

4.1.2. REUTILIZAÇÃO DE RCD NO CANTEIRO DE OBRAS

Após a destinação aos recipientes os RCD são estudados para uma possível reutilização ainda na obra, a madeira por exemplo pode ser reutilizada nos casos de formas e no escoramento se não flambarem, as cerâmicas podem ser picotadas e usadas para fazer desenhos em jardins ou calçadas, podem ser usadas como pedras para acabamentos em decorações, as cerâmicas também podem ser usadas como britas em alguns concretos sem função estrutural.

O Grupo de Estudo em Materiais Alternativos para Construção e Concretos Especiais (MACCE) realizou pesquisas utilizando a cerâmica como uma alternativa a brita na fabricação de concreto e obteve resultados satisfatórios quando a finalidade.

Com relação ao gesso, ele é separado e destinado a uma empresa de coleta certificada, um container é preenchido com material e ao chegar ao limite a empresa solicita o transporte do resíduo.

Segundo nascimento (2017) em sua pesquisa as empresas de médio porte verificadas davam os resíduos para moradores próximos para aplicação em pavimentação e ruas circunvizinhas, essas empresas não tinham manejo e cuidado com os resíduos gerados de suas obras.

Os RCD que não são reutilizados na própria obra devem ser destinados a aterros ou em caso de classes recicláveis são enviados para usinas de reaproveitamento de RCD.

4.1.3. RECICLAGEM DE RCD

Os resíduos são transportados da obra até as usinas de reaproveitamento por meio de veículos especializados no transporte, a classe transportada é necessariamente a classe A que são os reutilizáveis ou recicláveis como agregados.

O processo para beneficiamento e separação dos RCD são inspirados em técnicas utilizadas em operações de beneficiamento de minérios. Os processos baseiam-se em moagem e trituração e peneiramento do RCD.

Os resíduos são levados do veículo até a peneira por equipamentos de grande porte, na peneira os resíduos são separados em finos (<300mm) e grossos (>300mm) os resíduos finos passam pela peneira e os grossos são enviados para o britador onde passam por um processo de trituração até possuírem espessuras finas e se juntar aos resíduos finos. Após passar pela peneira 1 passam pelo separador magnético onde será mantido os pregos e pedaços de vergalhões, depois passam por outro peneiramento onde irá separar em agregado reciclados grosseiros (>5mm) e outra parte vai para o separador pneumático, seguindo o processo passa por um britador onde será formado o agregado reciclado fino.

Uma alternativa é usar usinas moveis, seguem o mesmo princípio das usinas normais a única diferença está na locomoção, muitas empresas podem comprar ou alugar essas máquinas.

Após a reciclagem os resíduos agregados estão prontos para serem usados novamente. Esses resíduos podem ser empregados em elaboração de pavimentos e formação de concreto.

O GPMATE tem pesquisas com resultados no uso de agregados reciclados para produção de concretos estruturais, chegando a resistências de até 35 Mpa.

O MACCE também possui pesquisas nessa área, utilizando agregados reciclados foi elaborado tijolo de solo-cal com incorporação de pó cerâmico.

Portanto com base em resultados científicos apresentados em pesquisa o uso dos agregados reciclados além de ser uma boa solução para o meio ambiente é também uma fonte de inovação, abre um leque de possibilidades futuras para a construção e evita a dependência dos materiais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho era a elaboração de um manual elucidativo que tenha a finalidade de guia e literatura de conhecimento de fácil acesso e linguagem simples para atender a todos, abrangendo pontos importantes como a legalidade, classificação, gestão em canteiros e reciclagem.

O manual conseguiu abranger todos esses pontos de maneira geral e não foi muito a fundo nas explicações e processos.

Por ter abrangido de maneira geral muitos aspectos dos pontos abordados ainda carecem de literatura e pesquisa, portanto sua pesquisa ficaria a escolha de quem complementar os dados do manual.

Portanto por apresentar de maneira geral com a finalidade de atrair mais pessoas para a problemática dos resíduos da construção civil buscando soluções, o manual não pode entrar na categoria guia definitivo e sim um guia de entrada para o assunto em questão. Assim é necessário complementar as páginas desse manual com literatura e buscar soluções para reciclagem das classes além da classe A que ainda carecem em tecnologia e alternativas para a reciclagem.

REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004f.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004e.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004d.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004c.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004b.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004^a
- [7] ASSIS, Camila M. de. Subsídios para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.
- [8] BARROS, Raphael T. V. Elementos de gestão de resíduos sólidos. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. 423, p. BOSCOV, Maria E.G. Geotecnia Ambiental. São Paulo: Oficina de textos, 2008.
- [9] VIEIRA, Alexandre L. Propriedades do microconcretos fabricados com agregados contaminados por resíduos de gesso. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.
- [10] PINTO, T.P. Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. In: CASSA, J.C.S. et al. (Org). Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção: projeto entulho bom. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.
- [11] LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. (tese de doutorado)

- [12] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução N° 307, de 25 abril 2001. Brasília, 2001.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004a.
- [14] CABRAL, MOREIRA. Manual sobre resíduos sólidos da construção civil. Fortaleza, 2011
- [15] ANGULO, S.C. et al. Metodologia de caracterização de resíduos de construção e demolição. In: VI Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil. IBRACON CT-206. São Paulo, 2003.
- [16] MOREIRA, L.H.H. Avaliação da influência da origem e do tratamento dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto estrutural. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010. (dissertação de mestrado)
- [17] NASCIMENTO, L.C. Classificação dos resíduos de construção e demolição (RCD) e potencialidades de reciclagem ou reutilização em obras de edificação na região de Ipojuca: muro alto.

Capítulo 3

As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos de produção

Daniele Progênio da Silva²

Priscila de Paula Lima

Resumo: As ferramentas da qualidade, além de servirem para solucionar e analisar situações problemas das empresas de produção, também são subsídios planejados para o alcance de metas reduzindo também as atividades que não agregam valor ao produto, assim sendo, as ferramentas de qualidade surgem para auxiliar nesse processo de gestão e controle. Considerando esses aspectos, tivemos como objetivo principal relacionar as ferramentas da qualidade com a eficácia no gerenciamento de processos de produção. Para isso aplicamos uma metodologia de gênero teórico, com objetivo descritivo, utilizando-se de uma abordagem qualitativa e de natureza básica. Como resultado comprovou-se que as ferramentas da qualidade, de fato, oferecem uma maneira sistemática de analisar e reduzir perdas de processo, podendo auxiliar empresas a cumprir suas metas de produção e qualidade de produtos. Nesta última etapa, tivemos êxito em nossa hipótese, pois de fato as ferramentas da qualidade contribuem de maneira positiva no gerenciamento de processos.

Palavras-chave: Ferramentas da qualidade; Gerenciamento; Processos de produção.

² Acadêmica do Curso de Engenharia da Produção. Faculdade Metropolitana de Manaus - FAMETRO

1. INTRODUÇÃO

Em meados da década de 80 e 90 a Gestão de Processos começou a ganhar maiores propulsões, uma nova onde chamada *reengenharia de processos* tomou conta nos cenários e praticas do mercado com uma visão multifuncional. Desta forma, o gerenciamento de processos se tornou indispensável para gestão de processos de produção.

O grande desafio do gerenciamento de processos desde então é integrar conceitos da reengenharia com a melhoria continua. Tudo isso somado a tecnologia se torna uma ferramenta de extrema importância para auxiliar o mapeamento, a execução e o monitoramento do processo de produção.

Com o passar dos anos, foram surgindo diversas ferramentas da qualidade para auxiliar o gerenciamento de processos e na tomada de decisão. O objetivo do uso destas ferramentas é chegar a um grau de eficiência/eficácia em uma determinada atividade ou processo.

As ferramentas da qualidade são portanto, meios que facilitam a resolução de problemas que possam interferir no bom desempenho de um processo, produto ou serviço, e permitem que a melhoria contínua seja aplicada a uma organização. É através da utilização das ferramentas da qualidade que as organizações conseguem identificar a causa de um problema e desta forma tomar decisões para a resolução do mesmo (PACHECO et al., 2011).

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi relacionar as ferramentas da qualidade com a eficácia no gerenciamento de processos de produção, gerando subsídios básicos sobre os métodos para gestores ou administradores que tenham como intuito de melhorar a gestão de suas atividades ou processo produtivo dentro da empresa.

As ferramentas que serão abordadas são:

- ✓ Folha de Verificação
- ✓ Estratificação
- ✓ Diagrama de Pareto
- ✓ Técnica de Coleta de Dados (*Brainstorming/Brainwriting*);
- ✓ Diagrama de Causa e Efeito;
- ✓ Fluxograma;
- ✓ Sistema de Gerenciamento de Processos (PDCA);

O artigo foi dividido em 3 momentos, o primeiro contextualizamos o surgimento do Gerenciamento do processo de produção, no segundo momento trouxemos a conceituação de maneira sucinta das principais Ferramentas da Qualidade e sua aplicação e por último, correlacionamos as Ferramentas da Qualidade ao gerenciamento do processo de produção de maneira explicativa onde ficaram evidentes a sua contribuição.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO CONCEITO DE QUALIDADE

Até o período que antecedeu a Revolução Industrial, a qualidade era uma atividade de autocontrole, realizada pelos artesãos. Nesta fase, o artesão desenvolvia todas as atividades: concepção, escolha de materiais, produção e comercialização, mantendo um contato direto com os clientes. Produziam-se pequenas quantidades de cada produto, e as peças eram ajustadas manualmente. A inspeção, após o produto pronto, era informal, quando feita. Nesta fase, o conceito de qualidade é sinônimo de perfeição técnica.

No início do Século XX, com o advento da produção em massa e das teorias de Administração Científica da Produção, lançadas por F. W. Taylor (Principies of Scientific Management, Harper & Brother, NY, 1911), ainda que o conceito de qualidade continuasse a ser o de perfeição técnica, a prática do controle da qualidade mudou substancialmente. O controle de qualidade passou a ser atividade externa à produção. Segundo Faesarella (2004), Taylor já afirmava:

O inspetor é responsável pela qualidade do trabalho, e tanto os operários quanto os mestres (que providenciam o uso das ferramentas de corte apropriadas, que verificam se o trabalho está no rumo certo e se os cortes estão sendo feitos na parte certa da peça) tem que cuidar para que o trabalho seja acabado de maneira a satisfazê-lo.

Ou seja, a inspeção tinha por objetivo separar os produtos bons dos defeituosos, antes de serem despachados para o consumidor. As atividades de inspeção foram relacionadas mais formalmente com o controle de qualidade em 1922, com a publicação da obra *The Control of Quality in Manufacturing*, de G. S. Radford. Pela primeira vez, a qualidade foi vista como responsabilidade gerencial distinta e como função independente.

Faesarella (2004) ressalta que, a partir da década de 50, o conceito de qualidade foi radicalmente revisto, com a introdução dos conceitos de Qualidade Total por pioneiros como Deming, Juran, Feigenbaum, entre outros, que hoje são tidos como os Gurus da Qualidade. A solidificação da filosofia de Qualidade Total aconteceu primeiro no Japão, que revolucionou e assustou a indústria Ocidental.

Dentro desse novo contexto, a qualidade deixou de ser vista como uma função separada e enfocada no processo de produção. Ao contrário, a qualidade, como qualidade total, passou a ser entendida como uma parte de cada função que direta ou indiretamente interfere em cada uma das fases do ciclo de vida do produto.

2.2 PROCESSOS: CONCEITO E GESTÃO

Para Werkema (1995) processo é:

uma combinação dos elementos equipamentos, insumos, métodos ou procedimentos, condições ambientais, pessoas e informações do processo ou medidas, tendo como objetivo a fabricação de um bem ou o fornecimento de um serviço (WERKEMA, 1995, p. 6).

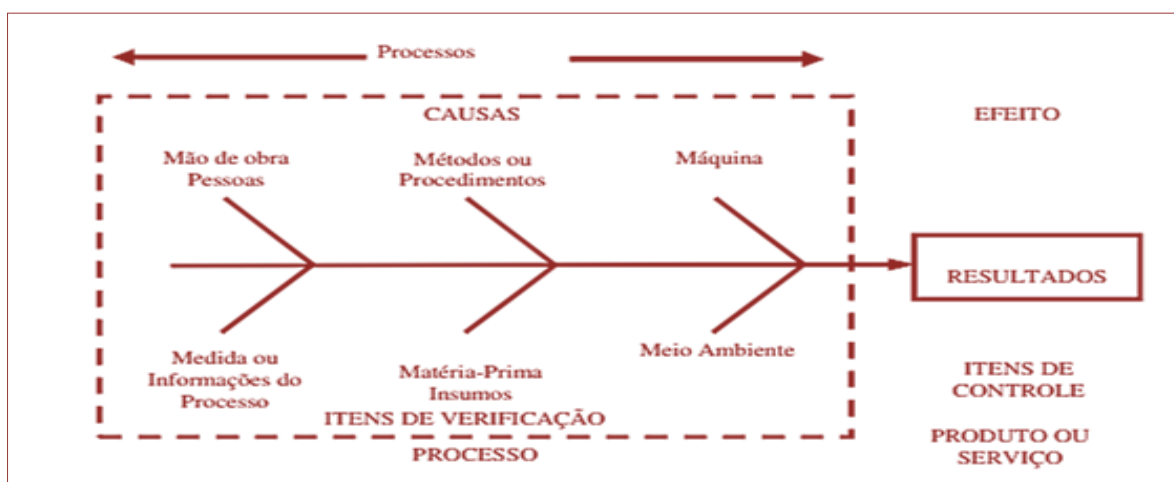
Portanto, uma organização pode ser visualizada e caracterizada como um processo, e dentro dela pode-se perceber a existência de conjuntos processuais menores, que compõem o fluxo de produção de bens ou o fornecimento de serviços, que exigem acompanhamento constante.

Tal acompanhamento, ou controle de processo para Campos (1992),

é a essência do gerenciamento em todos os níveis da empresa. O primeiro passo no entendimento do controle de processo é a compreensão do relacionamento causa-efeito sempre que ocorre (efeito, fim, resultado) existe um conjunto de causas (meios) que podem ter influenciado. Observando a importância da separação das causas de seus efeitos no gerenciamento e como nós temos a tendência de confundi-los, os japoneses criaram o diagrama de causa e efeito (CAMPOS, 1992, p. 17).

A Figura 1, a seguir, traz a representação gráfica de um processo como um conjunto de causas, capaz de produzir um determinado efeito; no caso das empresas, o produto ou serviço destinado ao cliente interno ou externo. Para um efeito que supere as expectativas do cliente, é necessária uma gestão de processos, com qualidade.

Figura 1 - Definição de processos



Fonte: Whiteley (1992)

A gestão dos processos, nas organizações, exige a definição de itens de controle e de verificação: são características utilizadas para avaliar os desejos subjetivos dos clientes transformando-as em grandezas mensuráveis de satisfação, de conhecimento de todas as pessoas da organização.

2.3. FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Para gerenciar os processos e, sobretudo, tomar decisões com maior precisão, se fez necessário trabalhar com base em fatos e dados, ou seja, informações geradas no

processo buscando e interpretando corretamente as informações disponíveis como forma de eliminar o empirismo.

Segundo Rodrigues (2013), as ferramentas da qualidade são técnicas destinadas a medir, analisar e propor soluções para problemas que possam interferir no desempenho produtivo de empresas.

As principais ferramentas da qualidade apresentadas neste trabalho são:

- **A folha de verificação** é um formulário para tabular dados de uma observação amostral, identificando a frequência dos eventos previamente selecionados em um período determinado (RODRIGUES, 2012).

- **A estratificação** consiste em dividir um problema em grupos de problemas de origens diferentes. É uma análise de processo, visto que é um método que busca a origem do problema (CAMPOS, 2004).

- **O gráfico (ou diagrama) de Pareto** é uma ferramenta utilizada para analisar a importância relativa de cada problema dentro de uma lista de problemas. É uma maneira de determinar qual problema deve ser tratado em primeiro lugar baseado em dados quantitativos. Os problemas são comparados utilizando um único conjunto de critérios (tal como a frequência de ocorrência) e os resultados são apresentados graficamente em ordem decrescente de importância (MCCORMICK, 2002).

- **Técnica de coleta de dados (brainstorming)** - são geradas ideias sobre as causas potenciais, que são estruturadas no diagrama de causa-e-efeito para melhor visualização (ORIBE, 2008). Esta ferramenta obriga classificar as ideias do grupo, eliminar as redundâncias e evidenciar eventuais omissões que possam ter ocorrido, cumprindo assim o seu objetivo, que é o foco nas causas dos problemas (CUNHA, 2010).

- **O diagrama de causa e efeito** é usado para exibir todas as possíveis causas de um determinado problema. Isso ajuda a obter uma visão geral do mesmo antes de selecionar áreas específicas para a investigação. O problema (ou efeito) é escrito em uma caixa no lado direito do diagrama, e as possíveis causas são listadas à esquerda (MCCORMICK, 2002).

- **A matriz (ou diagrama) de priorização** mostra a priorização dos fatores componentes de um problema, sendo utilizada quando: Os pontos-chaves de um problema foram identificados, mas sua quantidade precisa ser reduzida.

- **Sistema de Gerenciamento de Processos - PDCA** é uma ferramenta “gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização” (WERKEMA, 2006, p. 24). Os autores Ishikawa (1993) e Campos (1992) descrevem as seguintes etapas do ciclo PDCA: P – Planejamento (Plan): essa etapa consiste em estabelecer as metas do processo analisado e estabelecer os métodos para alcançar as metas; D – Execução (Do): consiste em educar e treinar para a correta aplicação dos métodos definidos na etapa de planejamento, executar as tarefas exatamente conforme previsto na etapa anterior e coletar os dados que serão utilizados na próxima etapa; C – Verificação (Check): consiste em comparar os resultados obtidos (dados coletados na etapa de execução) com a meta planejada; A – Atuação corretiva (Act): consiste em atuar no processo em função dos resultados obtidos: a) Se a meta for alcançada: adotar como padrão o plano proposto; b) Se a meta não for alcançada: agir sobre as causas do não atingimento da meta.

As mesmas passam a ser de grande utilidade no momento em que as pessoas que compõem a organização começam a dominar e praticar o método PDCA de gerenciamento de processos, com a necessidade de trabalhar e dominar as técnicas de tratamento das informações, denominadas ferramentas da qualidade dentro do sistema de gestão pela qualidade e produtividade.

Essas ferramentas são utilizadas nas organizações, para registrar e interpretar o uso de dados. São ferramentas simples e importantes para as organizações descobrirem as causas dos problemas, a quantidade, as relações entre as causas e problemas, entre outras, ou seja, as ferramentas da qualidade auxiliam na melhoria dos processos (SOUZA NETO *et al.*, 2017).

As ferramentas da qualidade, além de servirem para solucionar e analisar situações problemas, também são subsídios planejados para o alcance de metas. Ishikawa (1986) relatou que 95% dos problemas organizacionais poderiam ser resolvidos com técnicas estatísticas elementares, que devido a sua simplicidade poderiam ser utilizadas por qualquer colaborador, proporcionando base para o planejamento e elaboração de ações visando a alcançar e manter ações de melhoria da qualidade.

Fica claro portanto, que a gestão da qualidade complementa a gestão de processos e ambas têm papéis significativos dentro das organizações, pois as ferramentas da qualidade são quem promovem este “suporte” para a gestão de processos. Tais ferramentas, quando utilizadas em conjunto, podem obter resultados bastante satisfatórios como controle das operações, novos patamares de excelência e até mesmo a tão almejada satisfação dos clientes.

Entretanto, vale ressaltar que para o programa acontecer de forma efetiva, com resultados a curto, médio e longo prazo, faz-se necessário uma coordenação integrada e orientada para o uso dos potenciais de tais ferramentas. O sucesso de um programa de qualidade está ligado a uma série de fatores, destacando-se o treinamento dos funcionários, a disciplina, a qualidade das ferramentas selecionadas e a competência para geri-las.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Aplicamos uma metodologia de gênero teórico, com objetivo descritivo, utilizando-se de uma abordagem qualitativa e de natureza básica. Considerando o caráter teórico da pesquisa, ressalta-se que esta também se utilizou dos princípios do método dialético (SILVA e MENEZES, 2005), a partir do qual as definições foram confrontadas na tentativa de encontrar semelhanças (coerência) e diferenças (inconsistências relativas).

A construção do artigo, segue as características de pesquisa exploratória, pois teve como objetivo oportunizar maior familiaridade com o problema, objetivando torná-lo melhor definido ou construir hipóteses. Para Gil (2002), este tipo de pesquisa também proporciona a otimização de ideias ou descoberta de intuições, pois seu planejamento é flexível, o que possibilita a consideração dos mais variados aspectos referentes ao fato estudado. Pesquisas exploratórias, na maioria dos casos, envolvem levantamento bibliográfico, análise de exemplos que melhorem o entendimento e entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado, sendo que o referente artigo é baseado no primeiro e segundo itens listados acima.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pôde-se observar que o Diagrama de Causa e Efeito e o Diagrama de Pareto foram as ferramentas da qualidade de maior aplicabilidade, conforme constatado nos trabalhos avaliados. Muitos dos pesquisadores buscaram identificar problemas nas empresas, representando-os por meio do Diagrama de Pareto e, posteriormente, descrever os fatores que favorecem um ou mais problemas, por meio do Diagrama de Causa e Efeito. Neste contexto, tais ferramentas demonstram aplicabilidade, sendo muito utilizadas em empresas

A partir das leituras e revisões feitas, notou-se também que para cada etapa do processo de uma determinada atividade avaliada, uma ou mais ferramentas da qualidade podem ser usadas, no entanto, para cada momento do processo ou conforme a finalidade desejada, determinada ferramenta pode ser mais adequada que outra. As ferramentas são complementares entre si e, quando utilizadas em conjunto, permitem a apuração das causas dos problemas e/ou efeitos encontrados.

Portanto, levando em consideração o presente trabalho, conclui-se que já é consagrado na literatura e na prática de mercado, que a implantação das ferramentas da qualidade auxilia as organizações, não apenas a resolver problemas, detectar falhas e propor planos de ação, mas também reflete nos valores/missão da empresa, tais como: garantir produtos de qualidade e competitivos, minimizar as perdas advindas de desvios da qualidade e potencializar os lucros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do trabalho foi alcançado uma vez que foi apresentada, de maneira sucinta, informações e conceitos sobre as sete ferramentas básicas da qualidade. Ferramentas, estas, que são amplamente utilizadas nas organizações e apesar de diferentes aplicações e conceitos, têm como objetivo buscar a qualidade e eficiência de processos por meio da identificação e minimização de falhas e problemas.

De modo geral, constatamos que tais ferramentas não apresentam grande complexidade de uso, podendo ser facilmente implementadas, não apenas em organizações de grande porte, mas em qualquer rotina onde se queira mapear um processo, visualizar oportunidades de melhorias e/ou pontos de gargalo e, por fim, estabelecer um plano de ação.

Portanto, o estudo torna-se relevante por ampliar o acervo bibliográfico sobre as ferramentas da qualidade. Além disso, auxiliar acadêmicos e outros profissionais a compreenderem a relevância da utilização das ferramentas da qualidade nas organizações para a identificação dos problemas e suas possíveis causas, na frequência de ocorrência, na elaboração de plano de ações e meios para manter seu monitoramento, auxiliando assim, na obtenção de resultados cada vez mais eficazes.

A presente revisão não abordou todas as ferramentas da qualidade disponíveis para a utilização, visto que o escopo do estudo se limitou às ferramentas da qualidade mais difundidas e de fácil aplicação. Dependendo do intuito da utilização, outras ferramentas devem e podem ser utilizadas, apesar de menos comuns e mais complexas. Ressalta-se que esta pesquisa apresenta um panorama geral sobre o tema e gerou informações que podem servir de base para outros estudos complementares e/ou mais específicos ou, ainda, complementando e aprofundando o tema aqui abordado.

REFERÊNCIAS

- [1] CAMPOS, Vicente Falconi. TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês). 8. ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004. 256 p.
- [2] CAMPOS, V. F. TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês). Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.
- [3] CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- [4] COELHO, F. P. S.; DA SILVA, A. M.; MANIÇÓBA, R. F. Aplicação das ferramentas da qualidade: Estudo de caso em pequena empresa de pintura. REFAS – Revista FATEC Zona Sul, v. 3, n. 1, p. 31, 2016.
- [5] CUNHA, V. L. S. Melhoria contínua do sistema de controlo da qualidade. 2010.F65p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, Portugal, 2010. Disponível em: . Acesso em: 4 mai. 2022.
- [6] FAESARELLA, I. S.; SACOMANO, J. B. Gestão da Qualidade: Conceitos e Ferramentas. São Carlos: EESC - USP, 2004.
- [7] GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4ª Edição. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- [8] ISHIKAWA, K. Controle de qualidade total à maneira japonesa. Rio de Janeiro, Campos, 1993.
- [9] MARIANI, Celso Antonio. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. RAI - Revista de Administração e Inovação, vol. 2, núm. 2, 2005, pp. 110-126 Universidade de São Paulo São Paulo, Brasil.
- [10] MCCORMICK, K. Quality tools and techniques. Quality. 2002. cap. 15. 2002, p. 231-249. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1016/B978-075065113-4/50016-7>>. Acesso em: 5 mai. 2022.
- [11] MONTGOMERY, D. C. Introdução ao controle estatístico da qualidade. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- [12] ORIBE. C. Y. Quem resolve problemas aprende? a contribuição do método de análise e solução de problemas para a aprendizagem organizacional. 2008. 168f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em:<http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Educacao_OrubeCY_1.pdf>. Acesso em: 26. Abr. 2022.
- [13] PACHECO M.; SAMPAIO, P.; RODRIGUES, C. Ferramentas da qualidade: estudo da sua aplicação e uso nas organizações certificadas. In: ENEGI, 2011, Guimarães. Anais eletrônico. Universidade do Minho/Escola de Engenharia: Portugal, 2011. p. 237-239. Disponível em: . Acesso em: 6 mai. 2022.
- [14] RODRIGUES Marcus Vinícius. Ações para a qualidade. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p.338.
- [15] RODRIGUES LEITE, H. C. Ferramentas da qualidade: um estudo de caso em empresa do ramo têxtil. 2013. 53 f. Monografia (Graduação em Administração) – Faculdade Cenecista de Capivari, Capivari, 2013.
- [16] WERKEMA, M. C. C. As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.
- [17] WHITELEY, R. C. A empresa totalmente voltada para o cliente: do planejamento a ação. Tradução Ivo Korytowski. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

Capítulo 4

Mapeamento de fluxo de valor: Um estudo de caso durante execução de parede de concreto com formas de alumínio

Dário Ferreira Martins

Resumo: A indústria da construção civil é conhecida pela ocorrência de elevados índices de desperdício em seus processos de produção. Com o intuito de conduzir a construção para níveis de produtividade e eficiência satisfatórios, surge o Lean Construction, trazendo os princípios da mentalidade enxuta. Essa nova maneira de pensar no sistema produtivo pode ser adaptado a execução de parede de concreto com formas de alumínio reduzindo o desperdício e com isso agregar mais valor ao produto final. Por essa razão, o objetivo geral desta pesquisa é analisar atividades realizadas em serviços de estrutura em parede de concreto, através da aplicação da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor (FMV). Para isso será necessário estar levantando os dados referentes aos serviços de estrutura em parede de concreto, retratando o estado atual e recriando os procedimentos padronizados por meio do cálculo do lead time. Espera-se como resultados identificar as fases do serviço, os processos improdutivos que não agregam valores perdas e o impacto com a redução de perdas. Assim será possível demonstrar que o MFV tem a função de propor melhorias pois explícita as perdas e cadeias de valor e orienta uma melhor forma de execução do processo mapeado no qual busca-se recriar processos de serviços afim de eliminar os desperdícios.

Palavras-chave: Mapeamento de fluxo de valor; parede de concreto; mentalidade enxuta, eliminar os desperdícios.

1. INTRODUÇÃO

O termo Produção Enxuta (*Lean Production*) pode ser definido pelo sistema utilizado na indústria automobilística no Japão e que tem como característica principal a eliminação de desperdícios. Em busca de mudar a realidade da indústria da construção civil, em relação ao desperdício, Lauri Koskela adaptou os conceitos do Sistema Toyota de Produção para as individualidades da indústria da construção, publicando em 1992 seu estudo seminal que originou o termo Lean Construction.

Hoje o conceito de mentalidade enxuta vem ganhando espaço dentre as construtoras isso foi possível pelo amadurecimento do conhecimento e dada a comprovação de sua eficiência. Porém, é comum que ainda haja uma certa resistência de lideranças para mudança de mentalidade que se faz necessária para a implementação e manutenção da filosofia Lean.

Ao aplicar a ferramenta de mapeamento do fluxo de valor, o primeiro passo para o emprego da mentalidade enxuta é definir o que o cliente final considera como sendo de valor, a partir disso faz-se possível compreender os processos de produção identificando quais atividades agregam valor e quais não estão agregando, definindo onde será possível fazer mudanças afim de otimizar o processo no canteiro de obras. São gerados então os mapas de fluxo de valor, diagramas nos quais facilitam a compreensão das fontes de desperdício na produção, todas as famílias de processos de maneira integrada, a ligação de fornecedores e clientes e melhor opção para o ajuste do lead time.

Para atender um mercado sempre em expansão, a busca por novos métodos construtivos mais eficientes e que demandam menos tempo de execução faz-se necessário, sendo o sistema de parede de concreto em forma de alumínio uma boa alternativa para atender essa demanda. Porém, ainda há falhas durante o processo de produção, muitas vezes herdando um caráter improvisado muito comum à construção civil, portanto faz-se necessário buscar a melhoria da produtividade através da eliminação de desperdícios e replanejamento das atividades através da ferramenta MFV. A filosofia Lean Construction foi totalmente adaptada do modelo de produção desenvolvido para a indústria automobilística japonesa e através de ferramenta como o mapeamento do fluxo de valor em atividades de estrutura, tendo com foco a eliminação dos desperdícios, sendo definido como desperdício toda atividade que consome recurso e não gera valor no produto final. Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo geral analisar atividades realizadas em serviços de estrutura em parede de concreto, através da aplicação da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor (FMV).

A proposição de melhorias para o processo de execução de parede de concreto em forma de alumínio irá contribuir para a discussão teórica da aplicação dos princípios do Lean Construction com uma utilização prática do mapeamento do fluxo de valor em uma área que vem ganhando cada vez mais espaço dentre grandes construtoras.

Neste trabalho ainda serão abordados os tópicos Lean Construction, mapeamento de fluxo de valor e parede de concreto com forma de alumínio.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. LEAN CONSTRUCTION

Não é de hoje que é possível observar um grande crescimento na indústria da construção civil, mas se comparada a indústria automobilística onde há um processo robotizado e padronizado que é capaz de produzir um automóvel em pouco tempo, não são notados grandes avanços nos processos de produção. Os métodos construtivos ainda dependem da mão de obra humana e muitas vezes não seguem um processo de padronização o que acarreta desperdícios e atrasos. Buscando uma possível solução para este problema, surge a adaptação do pensamento de produção enxuta (Lean Production), para a indústria da construção civil, o Lean Construction ou Construção Enxuta, visando o planejamento e controle do canteiro de obras, tornando as atividades mais enxutas por meio da eliminação dos desperdícios, sendo desperdício definido como qualquer atividade que consuma recurso, mas não gera valor em retorno (WOMACK e JONES,1998).

De acordo com (WOMACK; JONES, 1998), a aplicação da mentalidade enxuta inicia-se definindo o que é considerado como valor para o cliente final. A partir disso, fica viável entender dentro dos processos de produção quais atividade agregam valor, quais geram desperdícios e onde buscar melhorias. E (KOSKELA, 1997) conceitua que a base em um sistema *Lean* de desenvolvimento e produção é conhecimento de que há dois aspectos em qualquer sistema de produção: fluxos (não agregam valor) e conversões (agregam valor). Assim, fluxo de valor pode ser definido com sendo o conjunto de atividade necessárias, que agregam ou não valor, para fazer a matéria prima se transformar em produto acabado.

Com a adaptação dos conceitos da produção enxuta da manufatura aplicada as particularidades da construção civil podem ser possíveis haver uma melhora na produtividade por meio da eliminação dos desperdícios.

2.2. PROCESSO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

O padrão de procedimento da Construção Enxuta, evidencia que um processo consiste em um fluxo de materiais, a partir de a matéria prima até o produto final, sendo o próprio constituído por atividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção. Essas atividades não agregam valor ao produto final, sendo por esta razão denominadas atividades de fluxo. Assim nem toda atividade do processo agrega valor ao produto final.

Nessa esfera foi proposto por Ohno (1997) uma tipologia com sete tipos de perdas: superprodução, espera, produtos defeituosos, transporte, processamento em si, estoques e excesso de movimento. E anos mais tarde, Bertelsen e Koskela (2004), propuseram um oitavo tipo: o *Making-do*, tipo de atividade que costuma a dar retrabalho por estar relacionada ao improvisado, comumente visto na engenharia civil. Womack e Jones (1998), consideram a mentalidade enxuta como sendo um antídoto às perdas e estabelece cinco princípios para o pensamento enxuto: valor, capacidade oferecida a um cliente pelo preço adequado, ou seja, sem embutir valores a mais devido a perdas por desperdícios; fluxo de valor, atividades necessárias para produzir um produto específico da matéria-prima até o cliente final; fluxo, processo de produção do produto sem interrupções até que o mesmo seja entregue; produção puxada, sistema de produção que

vem com a necessidade do cliente, sem criação de estoques; perfeição, total eliminação dos desperdícios para que toda atividade do fluxo de valor criem valor.

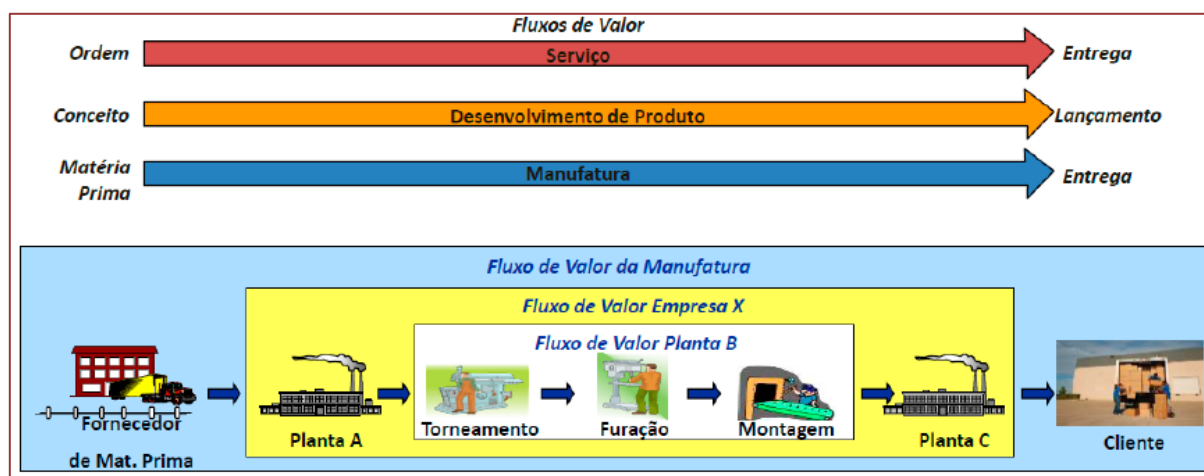
Por meio dos processos descritos é possível alcançar êxodo na criação agregação de valor do produto final, tornando-o competitivo e com um preço justo.

2.3 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR APLICADO A ATIVIDADES DE ESTRUTURA EM PAREDE DE CONCRETO

O mapa do fluxo de valor (MFV) é uma das principais ferramentas da metodologia LEAN, considerada a mais analítica e que mais ajuda a identificar desperdícios. Pasqualini (2005) julga o MFV como sendo uma ferramenta essencial e garante que é a porta de entrada para a implementação dos conceitos Lean, visto que possibilita a visualização sistêmica do processo produtivo, a identificação dos reais problemas e desperdícios e a proposição de melhorias.

O fluxo de valor se assemelha a um processo de negócio e seu conceito é aplicável para o desenvolvimento de produtos com um escopo definido de modo que a análise possa ser feita de maneira mais clara possível.

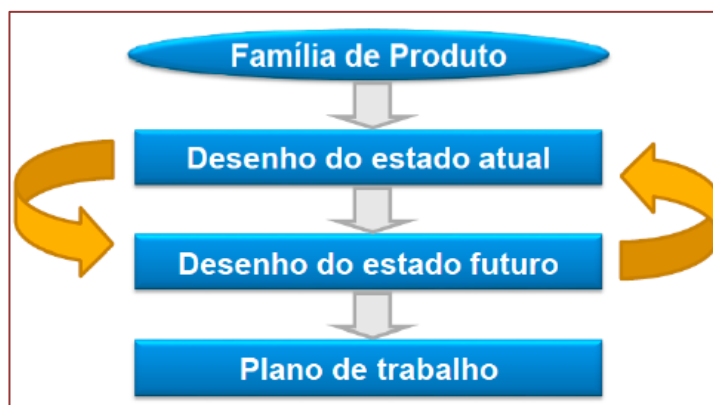
Figura 1. Escopo do fluxo de valor



(Fonte: Hominiss Consulting)

Dessa forma para a aplicação da ferramenta a atividade de execução de parede de concreto com formas de alumínio, deve-se iniciar fazendo a definição das famílias de produto, conforme estrutura simplificada na figura 2. Nesse fundamental processo o mapeamento é realizado diretamente por família de produto, e não na fábrica como um todo.

Figura 2. Estrutura da ferramenta de mapeamento do fluxo de valor



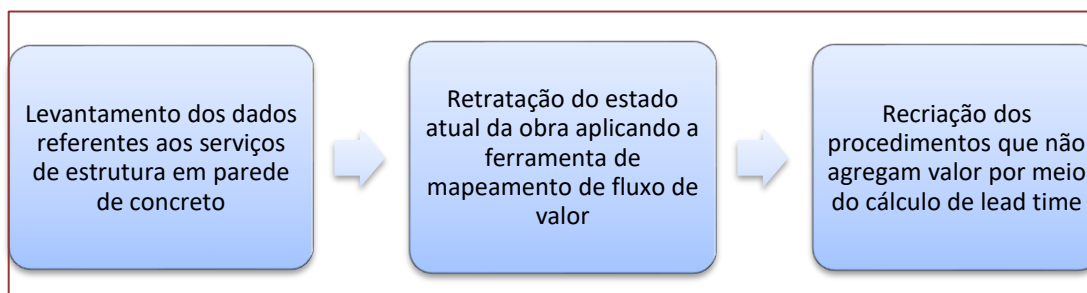
Fonte: Autoria própria (2022)

Com a aplicação do MFV em atividade da estrutura será possível enxergar o fluxo de valor, mostrar o link entre o fluxo de informação e fluxo de materiais, proporcionar uma visão como sobre o processo de trabalho, irá permitir enxergar as fontes de desperdício, além de formar uma base para a implementação do processo de melhoria. Corroborando com o elucidado, Gallardo et al. (2014), fala que a produção enxuta através do *Just in time* pode criar uma quantidade grande de produtos no menor período de tempo possível sem comprometimento da produtividade esperada. (SHINGO, 1996).

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O estudo trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, sendo descritiva quanto aos objetivos, com uma abordagem mista. Quanto ao procedimento, trata-se de um estudo de caso. Para alcançar o objetivo geral de analisar atividades realizadas em serviços de estrutura em parede de concreto, através da aplicação da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor, foram necessárias as seguintes etapas representadas na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2022)

3.1. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso em questão será realizado em uma obra de construção de dois edifícios residenciais de 8 pavimentos e 8 apartamentos por pavimento, com edifício garagem e área de lazer completa, totalizando 8.598,52 m² de área construída. A obra encontra-se em fase de acabamento na torre 1 e concretagem do 3º pavimento na torre 2, atualmente conta com 135 funcionários, localizada na cidade de Manaus. O período de coleta do dado estendeu-se de 10/01/2022 até 25/03/2022, em um total de 02 meses e 15 dias. Essa obra foi escolhida devido a implantação do sistema Lean em outras obras da mesma empresa, e que obtiveram resultado satisfatório quando comparada a obras sem a metodologia, reduzindo o período de entrega da parte de estrutura dos apartamentos com isso aumentando a parcela geradora do valor agregado que o produto tem que atingir.

3.2. LEVANTAMENTO DOS DADOS REFERENTES AOS SERVIÇOS DE ESTRUTURA EM PAREDE DE CONCRETO

O produto analisado é a produção da parede de concreto utilizando forma de alumínio, que possui as seguintes famílias de produção: montagem de tela para armação, elétrica e hidráulica; montagem de formas para a parede e laje; concretagem e desforma. Sendo observados os seguintes itens: layout do canteiro para armazenamento dos materiais e equipamentos, funções e quantitativo de funcionários, instalação das telas de aço, matérias elétricos e hidráulicos, layout de início da montagem de forma para recebimento do concreto, concretagem e desmontagem da forma, programa de demanda da produção, tempo de ciclo de cada subprocesso, *lead time*, perdas e suas razões de existência.

3.3. RETRATAR O ESTADO ATUAL DA OBRA

Levantado os dados da etapa 1, é possível elaborar o primeiro mapa de fluxo que corresponde a como todo o processo está sendo executado. Para a construção do MFV atual, será utilizado o conceito de visões, que são etapas da construção onde são incluídos os itens do MFV. Esse mapa é um diagrama composto por ícones que representam o consumidor com seus respectivos dados, processo e estoques, fluxo de materiais que sai desde os fornecedores, passando pelas operações e chegando até o cliente. Mostra como acontece o fluxo de informação e todos os dados relacionados a ele. É a visão completa do Lead Time.

3.4. RECRIAR OS PROCEDIMENTOS QUE NÃO AGREGAM VALOR

Após a etapa 2, será feita uma análise, identificando os tipos de perdas e eliminando atividades que não agrega valor, através de melhoria de layout, unificação de processo e por fim a validação das sugestões propostas para obtenção e aplicação do mapa futuro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. LEVANTAMENTO DOS DADOS REFERENTES AOS SERVIÇOS DE ESTRUTURA EM PAREDE DE CONCRETO ATRAVÉS DA DELIMITAÇÃO DOS PROCESSOS DE TRABALHO

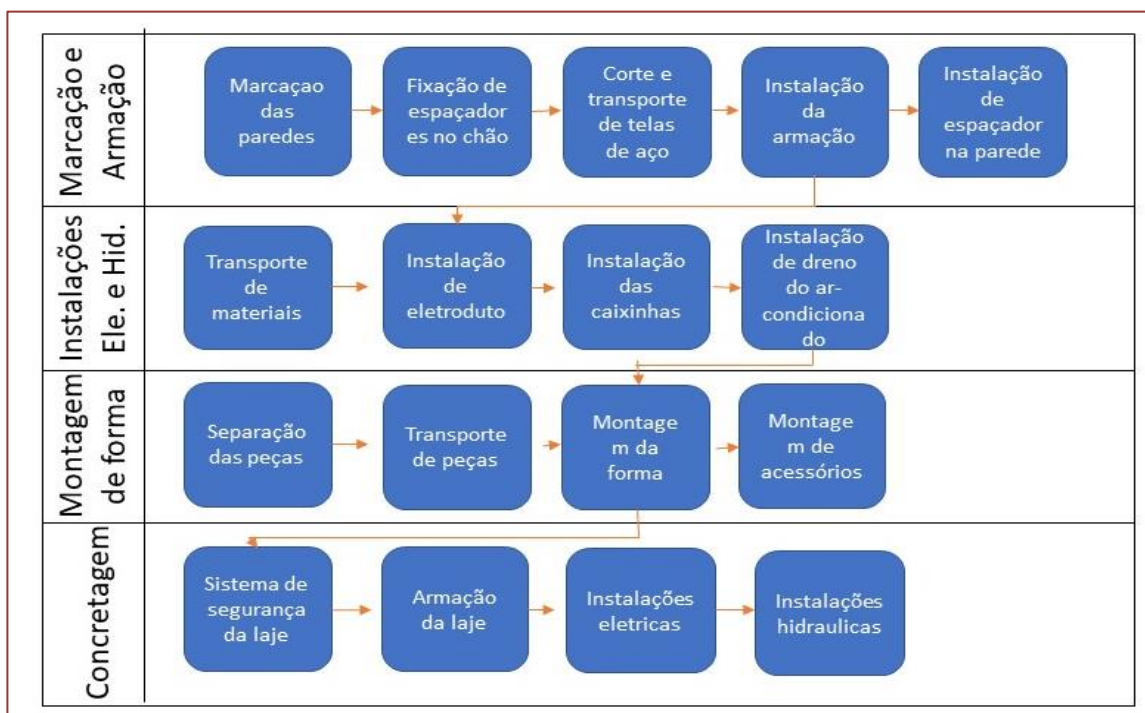
A intenção do trabalho abrange a observação da execução da parede de concreto utilizando forma de alumínio, seguindo uma sequência produtiva que está descrita no fluxograma (Figura 3). No primeiro dia de acompanhamento a equipe responsável pela atividade, foi possível avaliar o processo como estável, não sendo mencionado algum desperdício aparente. O planejamento existente não parecia eficaz para o processo, que seguia sem transparência com relação a plano de produção para alcançar a meta. Havia pouco controle de estoque sobre insumos utilizados por não se conseguir levar além do controle de curto prazo. Perdia-se muito tempo realizando atividades sem o planejamento de rota e tempo de produção, e comumente os colaboradores utilizavam métodos empíricos e também seus próprios, para executar a atividade.

Com o objetivo de propor melhorias ao processo escolhido, por meio da aplicação e discussão dos conceitos da ME, utilizando a ferramenta MFV, as falhas durante o processo evidenciam o tamanho espaço que há para ser discutido, além de evidenciar a importância do planejamento correto para execução de parede de concreto utilizando formas de alumínio.

Para a definição dos processos que fazem de produção de uma família de produto, fez-se necessário acompanhamento diário de todo o ciclo, que se inicia com a marcação no piso de onde irão ficar as paredes, seguido pela instalação de espaçadores faceando as marcações, instalação das armações das paredes e reforço, instalações de sistema elétricos e hidráulico, montagem da forma de alumínio, montagem de armação na laje, sistema elétrico e hidráulico na laje e por fim a concretagem.

De acordo com conceitos de Rother e Shook (2003), a primeira ação para aplicação do MFV, é a definição de famílias de produtos, sendo os serviços que tenham similaridade em etapas de processo e uso de equipamentos e que tenha o mesmo fluxo de produção, portanto para o presente estudo a empresa X fabrica parede de concreto utilizando formas de alumínio, sendo os processos para a fabricação do produto separado por: marcação e montagem de armação; instalações elétricas e hidráulicas; montagem de forma e concretagem.

Figura 3. Sequência de Serviços



Fonte: Autoria própria (2022)

4.2. RETRATAR O ESTADO ATUAL DA OBRA APLICANDO A FERRAMENTA DE MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR, IDENTIFICANDO PROCESSOS IMPRODUTIVOS

A partir da definição dos processos para a produção do produto, foi possível definir o layout do canteiro para armazenamento dos materiais e equipamentos, funções e quantitativo de funcionários, instalação das telas de aço, materiais elétricos e hidráulicos, layout de início da montagem de forma para recebimento do concreto, concretagem, programa de demanda da produção, tempo de ciclo de cada subprocesso, lead time, perdas e suas razões de existência. Sendo possível elaborar o primeiro mapa de fluxo que corresponde a como todo o processo está sendo executado. Para a primeira elaboração do mapa de fluxo, foram acompanhados dois ciclos de serviços que são finalizados com a concretagem da parede, ficando essas informações ilustradas por um MFV (Figura 4).

Sendo considerado, segundo a tipologia de Ohno (1997), a seguinte distribuição das etapas:

I. Agregam valor: Marcação de paredes com linha de algodão e pó xadrez; instalação de distanciadores para parede; instalação de tela de aço e barras de reforço para as paredes e lajes; execução de instalações elétricas e hidráulicas em parede e laje; montagem de forma; e concretagem.

II. Atividades de setup: Medição para marcação de paredes, corte e dobra telas para armação de parede e lajes, separação do material elétrico e hidráulico; medição para instalação do material elétrico e hidráulico; e limpeza de forma.

III. Perdas: Movimentações desnecessárias entre as atividades; transporte de longa distância das telas; retrabalho para cortar telas com tamanho maior que a medida

dos vãos; preparação do material hidráulico durante a montagem; separação e procura de peça de forma; e retrabalho para montagem da forma.

O mapa partiu de um ciclo de 1440 minutos considerando um dia igual a 480 minutos trabalhados, três dias de produção, nesse tempo foi concluído um ciclo onde são concretados quatro apartamentos, obtendo-se a produção de um apartamento concretado a cada 360 minutos, ou seja, um apartamento e meio por dia. Uma meta de produção adotada pela equipe de trabalho de forma empírica, considerando o elevado nível de desgaste físico para realização do trabalho.

Todos os processos acontecem de forma contínua e quase sempre simultaneamente, porém, ainda foi possível encontrar esperas entre os processos uma considerado o tempo de ciclo para 4 apartamentos a cada três dias para cada equipe concluir sua atividade. Por exemplo, o processo de montagem de armação tem um tempo de 960 minutos ininterruptos de atividade para 4 apartamentos, ainda restarão 480, do ciclo de 1440 minutos, de espera para iniciar outro ciclo.

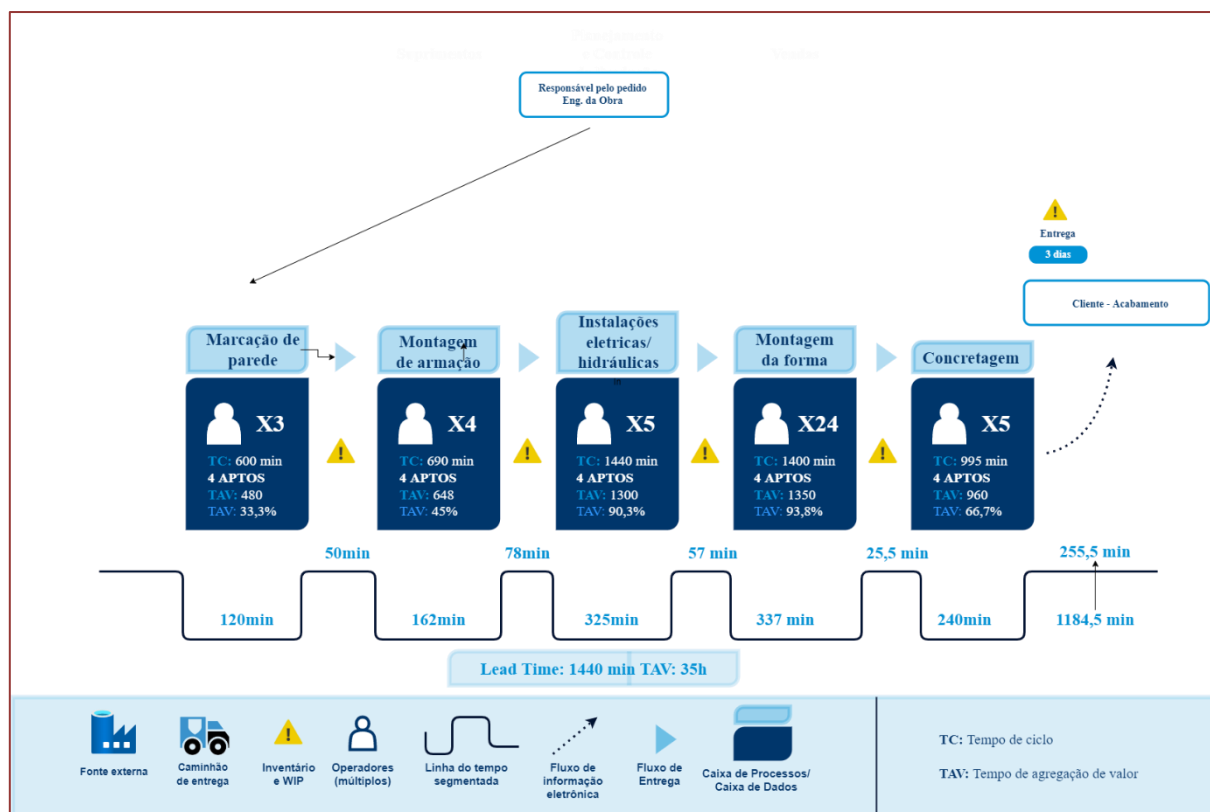
Conforme ilustrado no mapa, dos 1440 minutos totais, foram utilizados apenas 960 minutos (66,7%) do para realização do trabalho de armação e desse total, apenas 45% do tempo agrega valor, retirando o tempo de transporte das telas, totalizando 648 minutos de valor agregado em um total de 1440 minutos. As demais atividades seguem a mesma análise, sendo calculadas e analisadas conforme quadro abaixo.

Tabela 1. Índices atuais

PROCESSOS DE PRODUÇÃO	Marcação de paredes	Montagem de armações	Instalações elétricas/hidráulicas	Montagem de forma	Concretagem
TAV (min)	480	648	1300	1350	960
TAV/Lead Time (%)	33,3%	45,0%	90,3%	93,8%	66,7%
Lead Time (min)	1440				

Fonte: A autoria própria (2022)

Figura 4. Mapa atual



Fonte: Autoria própria (2022)

4.3. RECRIAR OS PROCEDIMENTOS QUE NÃO AGREGAM VALOR IDENTIFICANDO O IMPACTO COM A REDUÇÃO DE PERDAS

De acordo com as análises levantadas, foram identificados alguns pontos para sugestão de melhoria do Lead Time da etapa da obra e conforme a origem de planejamento da produção propõe, a primeira melhoria consiste em planejar o processo de forma a definir a quantidade de funcionários, as atividades que serão executadas por eles, métodos que devem aplicar, e quando deverá ser feita a atividade (LAUFER E TUCKER, 1987). Tal planejamento deverá ser apresentado de forma clara, com o objetivo de ser corretamente entendido por cada uma das partes envolvidas na atividade, com isso evitando retrabalhos e evitando influências externas no planejamento.

Quanto as melhorias para o processo analisado pode-se aplicar algumas observações, como: movimentar as telas de aço para mais próximo de onde será usada, evitando perda de tempo com movimentação devido a distância; almoxarifado próximo do canteiro e com local reservado para os materiais que serão utilizados no dia seguinte, com isso evita-se a perda de tempo procurando os materiais e tempo de transporte; corte prévio das telas e separação por kit's para cada 4 apartamentos, diminui o tempo de instalação das telas; separação e fabricação de kit's dos materiais elétricos e hidráulicos, isso reduziria o tempo de instalação desses materiais; marcação das formas por cômodos e padronização no sentido de montagem.

Para que a obra não venha sofrer com paralizações por falta de material ou qualquer outro motivo, deve-se implantar uma rotina de reunião semanal com os envolvidos em frentes de serviços para planejamento das próximas 5 semanas. Além da aplicação de ferramentas como 5S, que poderá proporcionar condições de transparência ao processo, tonado os caminhos ótimos mais perceptíveis, assim como perdas aparentes, clareza nas atividades consequentes, entre outros benefícios.

O mapa de fluxo de valor futuro será considerado para uma produção de 4 apartamentos a cada 2 dias, com as devidas melhorias aplicas o lide time será reduzido em 480 minutos quando comparado ao mapa atual.

5. CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a identificação das principais perdas: altos tempo de setup, espera, desperdício de mão-de-obra. Foi possível elaborar o MFV do estado atual permitindo enxergar o lead time de todo o processo o ter saber o quanto cada atividade influencia do tempo de atravessamento. Assim foi possível aplicar o MFV para a discussão de melhorias durante a execução do processo analisado, evidenciado que a ferramenta mapeamento do fluxo de valor pode ser facilmente aplicada para a implementação dos princípios da mentalidade enxuta e com isso melhorar o sistema de produção da empresa.

As principais discussões do presente trabalho procuram contribuir com a melhoria da produção; além de ressaltar a importância da estabilidade básica para atingir uma boa produtividade. Algumas limitações do trabalho foram: falta de acompanhamento do elo entre os serviços; a falta de um plano de trabalho e mudança de mentalidade para a implantação da ME, onde as sugestões aqui discutidas surtiram melhor efeito.

Concluindo-se então, que para o acompanhamento e eventuais futuras pesquisas, sugere-se: A verificação quando as etapas para os subprocessos de produção de parede de concreto com formas de alumínio. Criar planos de ações com as dificuldades levantadas durante o processo e implementa-los. Relacionar financeiramente as variáveis em questão. Demonstra que o layout do canteiro tem uma relação direta com o tempo de espera e o setup durante o processo.

REFERÊNCIAS

- [1] BERTELSEN, S.; KOSKELA, L. Construction beyond Lean: A New Understanding of Construction Management. Proceedings. In: 12th Annual Conference of Lean Construction. IGLC. Elsinore, 2004
- [2] PICCHI, A. F. Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção. Ambiente construído, v. 3, n. 1, p. 7-23, jan./mar, 2003.
- [3] ORTIZ, Felipe Huertas; VIVAN, André Luiz; PALIARI, José Carlos. Mapeamento Do Fluxo De Valor: Adaptações e inclusões de novas informações visando potencializar suas vantagens para a construção civil. XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora-MG, 2012.
- [4] CORNETTA, Victor de Mesquita. Mapeamento de fluxo de valor: um estudo de caso em concretagem de postes pré-moldados. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Capítulo 5

Automação industrial e o aumento da produtividade, vantagem competitiva e redução de custos

Fabício dos Santos Arevalo

Resumo: A grande vantagem da automação é permitir linhas de produção mais flexíveis e dinâmicas, reduz custos operacionais e desenvolve e amplia o mercado. Diante desse contexto, torna-se relevante identificar quais os benefícios da automação industrial em uma fábrica no distrito industrial de Manaus. Para responder a questão norteadora. O trabalho tem o objetivo geral de avaliar os benefícios da Automação Industrial em uma Indústria do Polo Industrial de Manaus, por meio de um estudo de caso. Para alcançar esse objetivo geral será necessário estar apresentando o processo antes da implementação, identificando os indicadores de produtividade e custos, e levantando os benefícios da automação nos setores. Espera-se com isso identificar as razões para automação, avaliar o impacto da automação nesses indicadores e demonstrar as mudanças alcançadas em relação ao processo mão de obra e custo. Com isso espera-se maior agilidade frente às necessidades do mercado, e aos seus colaboradores melhores condições de trabalho, redução de custos, processos mais eficazes, otimização do tempo, aumento de produtividade, padronização e melhora a qualidade de seus produtos.

Palavras-chave: Tecnologia. Produtividade. Vantagem Competitiva.

1. INTRODUÇÃO

A automação industrial apresenta inúmeras vantagens, como ganho de vantagem competitiva, aumento da produtividade e a redução de custos, onde colaboram para que a empresa possa se destacar da concorrência, ofertando produtos de alta qualidade com preços mais atrativos.

A grande vantagem da automação é permitir linhas de produção mais flexíveis e dinâmicas, reduz custos operacionais e desenvolve e amplia o mercado em que a empresa, dessa forma, a redução de custos está tanto na utilização de matérias-primas como na jornada de trabalho das equipes nas diversas etapas de produção.

O objetivo geral deste artigo é avaliar os benefícios da Automação Industrial em uma Indústria do Polo Industrial de Manaus, por meio de um estudo de caso.

A relevância acadêmica do estudo está na aplicação de conhecimentos adquiridos no decorrer do curso de Engenharia, além de abordar um tema que emprega tecnologias que contribui em inúmeras vantagens para as empresas.

Serão abordados neste artigo, os tópicos sobre o conceito de automação industrial, produtividade e produção de custos, além das vantagens competitivas da automação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A cada dia a busca por qualidade e processos eficazes, faz com que as empresas busquem por métodos que redução o desperdício, custos com manutenção, e aumento na produtividade, dessa forma a automação industrial traz com seus pilares métodos que podem ser implementados nas indústrias, o que faz com essas empresas se tornem altamente competitivas no mercado atual.

Automação é todo o processo que realiza tarefas e atividades de forma autônoma ou que auxilia o homem em suas tarefas do dia a dia. As antigas rodas d'água, os pilões e os moinhos são considerados sistemas automatizados. Com o advento das máquinas, principalmente após a chegada das máquinas a vapor, a automação estabeleceu-se dentro das indústrias e, como consequência imediata, a elevação da produtividade e da qualidade dos produtos e dos serviços. Ainda assim, a automação era muito dependente do homem, pois havia máquinas automáticas espalhadas pelas fábricas, mas sem integração entre elas (ROSÁRIO, 2009).

A automação é a tecnologia que utiliza sistemas mecânicos, eletrônicos e computadorizados para a operação e controle da produção.

Esta tecnologia inclui:

- Máquinas e ferramentas;
- Sistemas automáticos de manipulação de materiais;
- Máquinas automáticas de montagem;
- Processos contínuos;
- Sistemas de controle realimentados;

- Controle de processos.

A automação está surgindo com tecnologias de ponta, empresas dos mais diversos ramos de mercado estão adotando esta nova mentalidade buscando enxugar seus processos. A redução de custos e eliminação do desperdício gerado é o alvo de todas as empresas e a automação é vista como uma das principais formas para atingir esse objetivo (MARCAL, GUIMARAES e RESENDE, 2013).

As tecnologias aplicadas a automação industrial tornam os processos mais eficientes com uso de máquinas controladas por monitores o que faz com que diminua custos em vários setores de uma empresa.

Segundo Martins (2012), a automação é resultado de diversas necessidades da indústria, como maior nível de qualidade dos produtos, maior flexibilidade de modelos para o mercado, menores custos e perdas de materiais e de energia, mais disponibilidade e qualidade da informação sobre o processo e melhor planejamento e controle da produção.

Com o avanço tecnológico, a automação industrial surge como métodos de criar mecanismos e ferramentas que sejam capazes de desenvolver produtos com a melhor qualidade ao menor custo possível.

2.2. INDÚSTRIA 4.0

A indústria 4.0 utiliza de tecnologias avançadas para gerar melhoria nos processos produtivos, propondo novos modelos de negócio com desenvolvimento avançado. Esse novo processo acarretará ganho na produtividade, economia de materiais e redução nos gastos com manutenção, uma vez que as máquinas passam a operar de modo mais eficiente, já que possuem toda a informação necessária para seu funcionamento.

As bases da indústria 4.0 surgiram em 2011, a partir de uma iniciativa de empresas, políticos e acadêmicos alemães para manter a posição da indústria nacional como uma das mais competitivas no mundo (KAGERMANN et al, 2013).

Na época o grupo de pesquisa identificou que a Tecnologia da Informação e Telecomunicações (TIC) era responsável por fornecer suporte para a modernização das linhas de produção desde a década 80 e que seria extremamente estratégico contar com esse apoio no futuro (KAGERMANN et al, 2013).

A Alemanha não foi o único país a identificar o grande potencial dessa tecnologia, os termos “Produção Inteligente”, “Fabricação Inteligente” ou “Fábrica inteligente” passam a serem usados na Europa, na China e nos EUA para se referir especialmente à rede digital de produção para criar sistemas de fabricação inteligente, enquanto o termo igualmente avançado “Fabricação Avançada” abrange um espectro mais amplo de tendências de modernização no ambiente de fabricação (WAHLSTER et al, 2013).

A quarta revolução ou indústria 4.0 já está acontecendo. O termo foi apresentado pela primeira vez no fórum Econômico Mundial de Davos por Klaus Schwab, no ano de 2017. O objetivo principal era agregar valor na economia da Alemanha que passava por um momento de estagnação. Na época, o grupo de pesquisa identificou que a Tecnologia da Informação e Telecomunicações (TIC) era responsável por fornecer suporte para a modernização das linhas de produção desde a década 1980 e que seria extremamente estratégico contar com esse apoio no futuro (KAGERMANN et al, 2013).

Segundo Silveira (2017), a Indústria 4.0 é um conceito de indústria proposto recentemente e que engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controle e tecnologia da informação, aplicadas aos processos de manufatura.

Com indústria 4.0 os processos de produção tendem a se tornar cada vez mais eficientes, autônomos e customizáveis, portanto, essas mudanças tendem a causar impactos na indústria.

2.3. PROCESSOS PRODUTIVOS

Esse tópico irá descrever como funciona o processo produtivo, em suma tais processos envolvem as atividades das empresas realizadas em uma sequência lógica de etapas na cadeia produtiva, com o intuito de gerar valor para a mercadoria, dessa forma serão abordados conceitos de diferentes autores sobre o assunto.

As tecnologias de automação e suas interfaces na manutenção contribuem de maneira significativa na conquista de tal objetivo. Mais do que uma contribuição, os sistemas de automação têm como principal objetivo justamente otimizar os processos produtivos, tornando-os mais eficientes e seguros, além de garantir um produto final de melhor qualidade (MARTIN, 2014, p. 28).

Sobre à eficiência produtiva, Mariano (2007, p. 2) afirmar que ela “[...] frequentemente se confunde com o conceito de produtividade, pois produtividade nada mais é do que um indicador da eficiência de um sistema produtivo; assim, quanto maior a produtividade de um sistema mais eficiente ele será”

“A produtividade é a relação, em termos reais, entre a produção de bens e serviços e os insumos utilizados no processo produtivo, como trabalho, capital e recursos naturais” (SCHETTINI, 2010, p. 15).

Conforme Mariano (2007), a eficiência na produtividade está relacionada a capacidade de transformar entradas em saídas, evitando desperdícios.

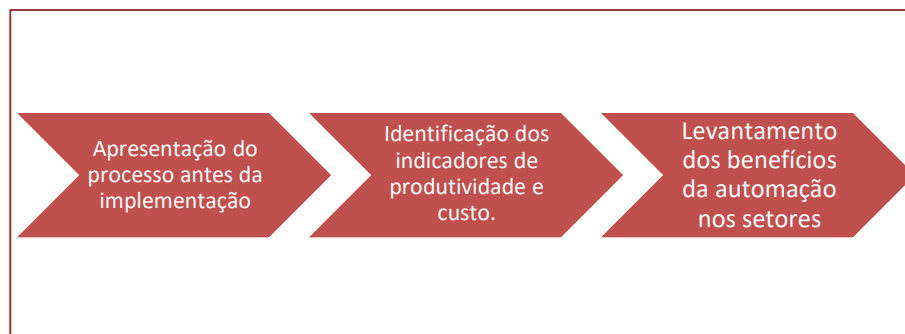
Os processos produtivos que não agregam valor ao produto precisam ser identificados e eliminados. Estes processos podem ser considerados como desperdícios, sendo que eles, muitas vezes, são manuais e podem ser automatizados, tendo em vista a redução dos custos (PINTO, 2015).

Nota-se assim que o processo produtivo é o conjunto de sucessivas operações necessárias para a obtenção do lucro da empresa, pode-se dizer que esse o setor mais importante da empresa, pois atualmente algumas organizações possuem deficiências em seu processo produtivo.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A metodologia será através de uma abordagem mista, de natureza aplicada, aos objetivos de gerar conhecimentos para a aplicação prática, dirigidos à solução de problemas em relação aos processos de uma empresa do Polo Industrial de Manaus. Para alcançar o objetivo geral em avaliar os benefícios da Automação Industrial em uma Indústria do Polo Industrial de Manaus, por meio de um estudo de caso. Serão necessárias as seguintes etapas representadas na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma das etapas da pesquisa ou estudo ou processo de Automação Industrial



Fonte: Autoria própria (2022)

3.1. ESTUDO DE CASO

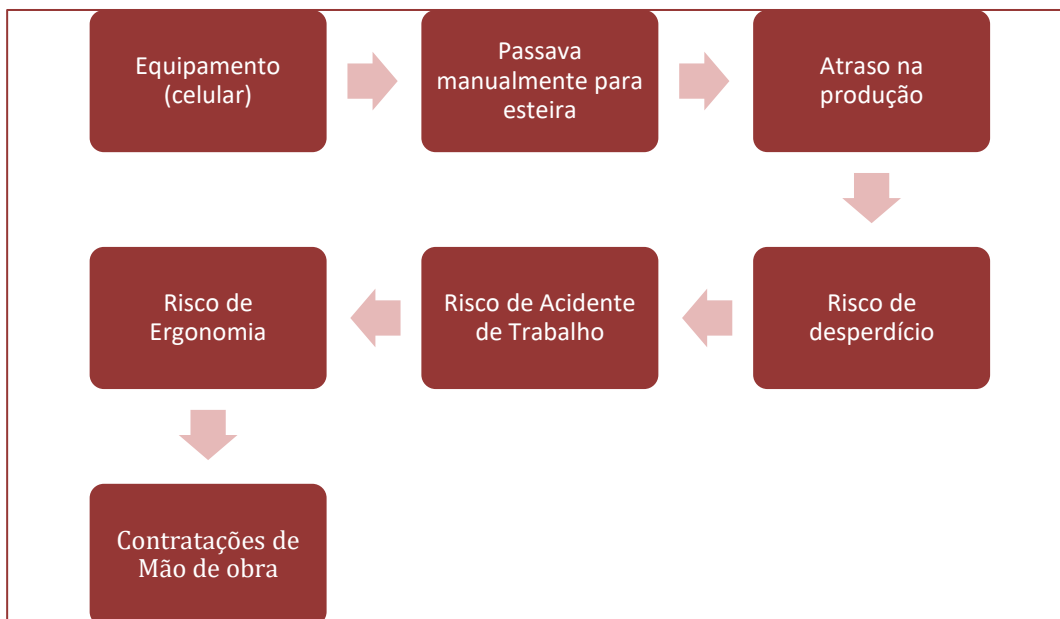
O estudo de caso é sobre uma empresa de eletroeletrônicos, localizada no Polo Industrial de Manaus no estado do Amazonas. A empresa disponibilizou de autorização no fornecimento de dados relevantes no desenvolvimento da pesquisa, buscou-se compreender como funcionava o setor antes do processo automatizado. Logo, obteve-se informações que a empresa realizava seus processos em 70% com mão de obra, entretanto, alguns processos da empresa estavam precisando de melhoria em relação à eficiência na entrega, custos e produtividade.

Diante dessa situação, buscou-se analisar quais os benefícios que automação industrial proporcionaria para a empresa em estudo, pois o desenvolvimento de novas tecnologias para os meios de produção, com a finalidade de diminuir custos com manutenção de máquinas e equipamentos, já que se trata de uma fabricação inteligente. Para melhor assertividade do estudo, foram realizados estudos que serão apresentados em por etapas, de como era o setor antes da implementação.

3.2. APRESENTAÇÃO DO PROCESSO ANTES DA IMPLEMENTAÇÃO

O processo antes era realizado com 70% de mão de obra no setor de produção, o processo realizava várias etapas manualmente. O fluxograma do processo apresenta as etapas e os riscos para a empresa, como mostra a Figura 2.

Figura 2: Fluxograma do Processo com 70% utilizando a mão de obra

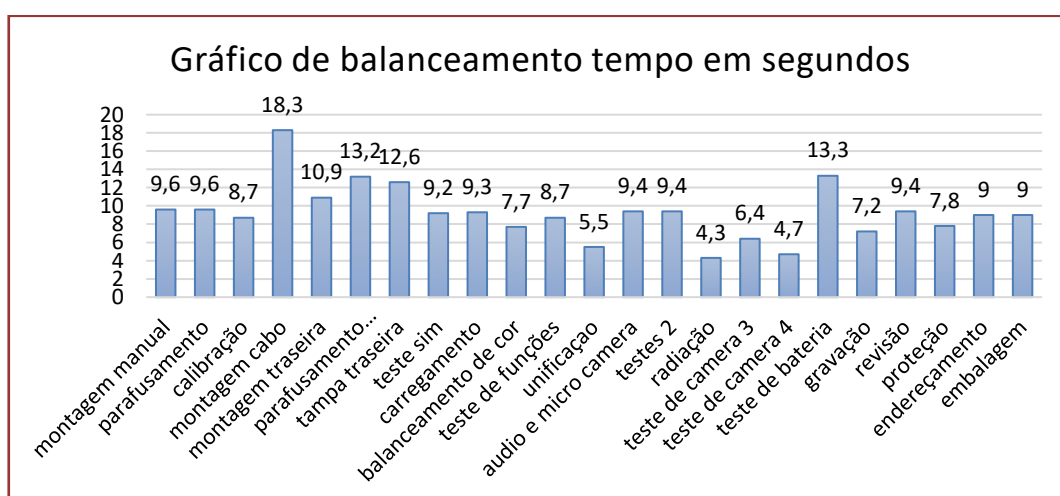


Fonte: Autoria própria (2022)

3.3. IDENTIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE, CUSTO

O processo produtivo era composto por máquinas semiautomáticas e necessitava de mão de obra para o manuseio do produto. No ano de 2020 foi implementado um novo projeto de automação para todo o setor de produção, controlado por um software, que permite o aumento da produtividade e minimização de intervenções humanas. O gráfico 1 mostra o tempo de produtividade manual.

Gráfico 1: Indicador de Produtividade Manual



Fonte: Elaborado pelo Autor – 2022.

O quadro 1 mostra que o estudo de tempo de balanceamento manual, observa-se e o melhor tempo foi 4,3 e com produção total de 1.588.

Quadro 1: Estudo de Tempo de Balanceamento Manual

Operadores	22	Maior tempo	19,2	Produção	1589
Tempo em Segundos Maior Posto	187,5	Melhor Tempo	4,3	Produção Total	1588
Horas Trabalhadas	8,47				

Fonte: Elaborado pelo Autor – 2022.

Os resultados serão apresentados o tempo com utilização das máquinas automatizadas no setor de produção.

3.4. LEVANTAMENTO OS BENEFÍCIOS DA AUTOMAÇÃO NOS SETORES

Os benefícios da automação industrial foram em relação aumento da produtividade, diminuição de desperdícios e falhas, assim automaticamente diminuiu os custos com manutenção dos equipamentos, logo reduziu os custos com mão de obra, tanto em relação a contratações quanto com problemas relacionados com segurança e saúde do trabalhador, o que ocasionava absenteísmo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. RAZÕES PARA AUTOMATIZAR

O processo no setor de produção era realizado de forma manual, como foi apresentado no fluxograma, o produto (celular) passava na esteira, o colaborador tinha que pegar, isso ocasiona risco do produto cair e ser inserido de maneira inadequada na máquina, além de risco de acidente de trabalho, ergonomia, tempo (paradas de Mao de obra), mais contratações, pois não havia informação de tempo hábil, ocorria atraso na produção. A figura 3 mostra como era realizado o trabalho nas máquinas.

Figura 3: Setor de Produção antes do Processo

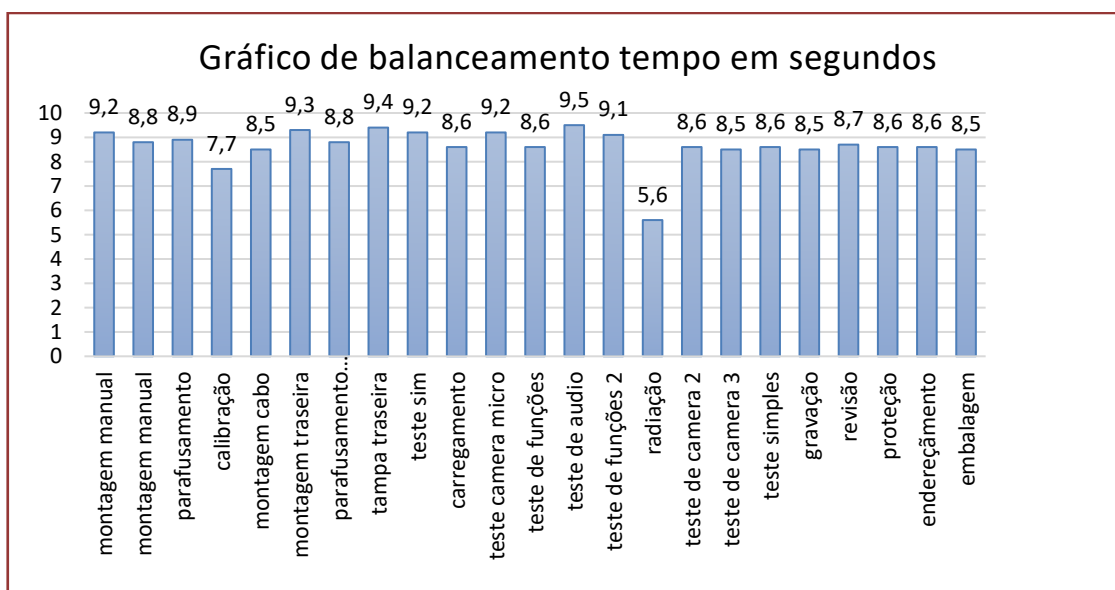


Fonte: Empresa em Estudo – 2022

4.2. IMPACTO DA AUTOMAÇÃO NOS INDICADORES

O processo de Automação trouxe grandes impactos na empresa em estudo, através da monitoração de equipamentos combinados com métodos inteligentes de decisão pode-se melhorar a produtividade, reduzindo o tempo, custos e aumentando a produção diária. O processo ainda está em fase de adaptação, buscando identificar qualquer tipo de falha ou erro. Para isso, os parâmetros do ativo são registrados. O indicador representado pelo gráfico 2, estudo de tempo mostra que a produtividade de forma automática.

Figura 2: Gráfico de balanceamento tempo em segundos



Fonte: Empresa em Estudo - 2022

O quadro 2 mostra a quantidade de operadores, tempo em segundo maior e horas trabalhadas, observa-se que o melhor tempo de 5,6 em radiação com um total de 3.210 no total realizadas em 8 horas e 47 segundos, sendo que o tempo, foi realizado com a quantidade de 22 colaboradores.

Quadro 2: Estudo de Tempo de Balanceamento Automáticas

Operadores	22	Maior tempo	9,5	Produção	3210
Tempo em Segundo Maior	378,947368	Melhor tempo	5,6	Produção Total	3210
Horas Trabalhadas	8,47				

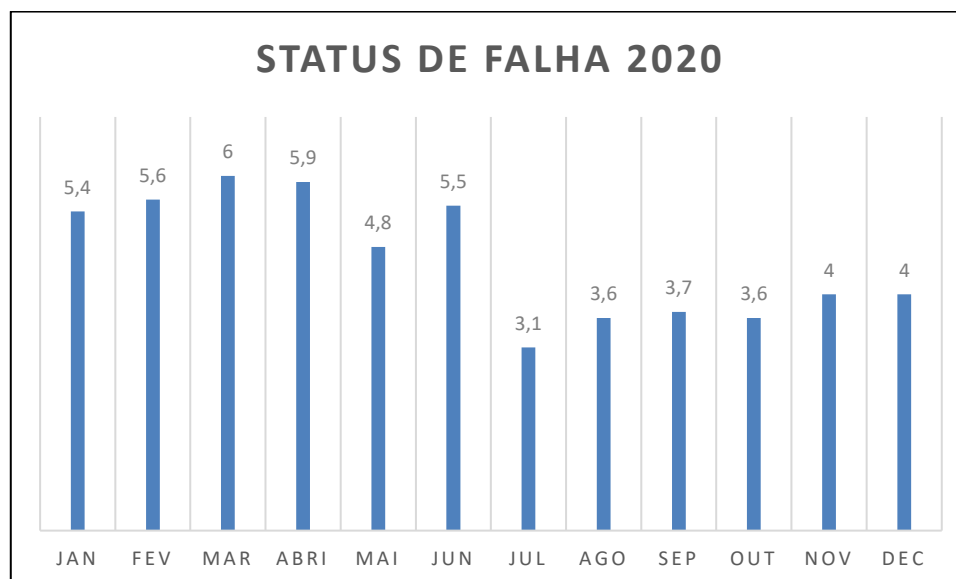
Fonte: Elaborado pelo Autor - 2022.

O impacto da implementação foi notório, nota-se processo, com a mesma quantidade de colaborador, entretanto, o resultado da produção total aumentou, e o tempo realizado diminuiu, sendo que esses processos, também trouxe outros benefícios para empresa, como redução de custos em relação a contratações com mão de obra e desperdícios ocasionados por falhas realizadas manualmente por colaboradores.

4.3. MUDANÇAS ALCANÇADAS EM RELAÇÃO AO PROCESSO MÃO DE OBRA E CUSTO

O gráfico 3 apresenta o número de falhas em 2020, devido o uso de máquinas semiautomáticas, havia falhas e desperdícios de produtos, entretanto em 2020, no início do processo, a empresa começou a se adequar, foram realizados treinamentos aos colaboradores para manusear os novos equipamentos e diminuiu o custo com contratações, nota-se no gráfico que apesar da empresa está em fase de adaptação, as falhas diminuíram a partir do segundo semestre.

Gráfico 3: Falhas em 2020

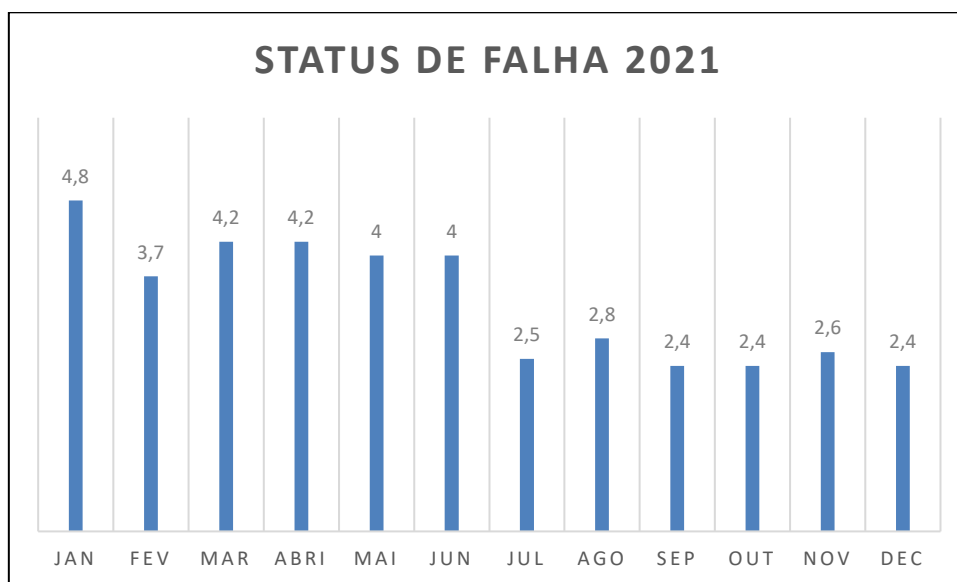


Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Out	Nov	Dec	Ano de 2020
5,4	5,6	6	5,9	4,8	5,5	3,1	3,6	3,7	3,6	4	4	

Fonte: Elaborado pelo Autor - 2020.

No gráfico 4, pode-se verificar a diferença entre 2020 e 2021, a diminuição de defeitos foi notório, observa-se que no primeiro semestre onde foram implementadas as máquinas, e mesmo com o aumento de capacidade, obteve-se uma queda nos índices de defeitos, como foi a implantação, ainda houve necessidade de fazer alguns ajustes, até obter os resultados alcançados.

Gráfico 4: Falhas em 2021



Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Out	Nov	Dec	Ano de 2021
4,8	3,7	4,2	4,2	4	4	2,5	2,8	2,4	2,4	2,6	2,4	

Fonte: Elaborado pelo autor 2022.

Portanto, percebeu-se que a automação industrial contribuiu no processo produtivo da empresa, atualmente, realiza-se por meio do acionamento das máquinas automatizadas, é movimentada através de robôs e inseridos na esteira, que transportam os produtos, sendo controladas por detectores e sensores e manuseadas por um técnico especializado.

Com essas mudanças, houve redução com mão de obra, incluindo riscos ergonômicos, acidentes de trabalho, rotatividade de colaboradores, além de colaboradores capacitados para atuar no setor.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho demonstrou os benefícios da automação industrial em uma empresa do Polo Industrial de Manaus. Para alcançar o objetivo do estudo, realizou-se um levantamento sobre como era o processo antes e depois da implementação, assim foi evidenciado através dos indicadores que a vinda da automação melhorou a forma de trabalhar, melhoramos a qualidade dos produtos, garante a segurança dos processos e dos colaboradores. Os colaboradores foram enviados para outros setores, onde podem aprimorar seus conhecimentos.

REFERÊNCIAS

- [1] AMORIM, A. H. Competitividade internacional do complexo têxtil Brasileiro no período 1998 a 2006. REDIGE, v. 2, n.1, 2011.
- [2] MARCAL, Leandro Flor; GUIMARAES, Marco Paulo; RESENDE, André Alves. Automatização de uma termoformadora visando melhorias no processo produtivo de uma empresa fabricante de peças termoplásticas para o setor automobilístico. 2013. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_177_013_22735.pdf. Acesso em: 05 de maio de 2022.
- [3] MARTINS, Geomar Machado. Princípios de Automação Industrial. 2012. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/disciplina/automacao-industrial>. Acesso 25 de maio de 2022.
- [4] MARIANO, E. B. Conceitos Básicos de Análise de Eficiência Produtiva. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14., 2007, São Paulo. Anais... São Paulo: UNESP, 2007, p. 1-12.
- [5] MARTIN, C. Automação e manutenção entre as vantagens competitivas dos players de celulose e papel. Revista O Papel, a. 75, n. 7, p. 28-39, jul. 2014.
- [6] PINTO, J. R. C.; NUNES, F. L.; VIERO, C. F. Avaliação dos Ganhos de Produtividade e Redução de Custos Gerados pela Automação de Processo em uma Empresa Calçadista: um estudo de caso. Revista Espacios, v. 36, n. 16, p. 6, 2015. Disponível em: . Acesso em: 01 de junho 2022.
- [7] SCHETTINI, D. C. D. Eficiência Produtiva da Indústria de Transformação nas Regiões Brasileiras: uma análise de fronteiras estocásticas e cadeias espaciais de Markov. 2010. 198 f. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010

Capítulo 6

Análise da ação do vento em estruturas de edifícios na região norte

Felipe Viana dos Santos³

David Cardoso dos Santos⁴

Resumo: A ação dos ventos é o motivo de muitos colapsos ou danos causados nas estruturas, sobretudo em edifícios altos, seja por efeitos estáticos ou dinâmicos. No entanto, é possível aprimorar as estruturas quando submetidas às pressões do vento garantindo a segurança dos elementos estruturais. O objetivo geral do estudo foi identificar as tecnologias para avaliação dos efeitos do vento nos edifícios da Região Norte, por meio de uma pesquisa bibliográfica. A pesquisa tratou-se de uma pesquisa bibliográfica, de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e descritiva. Nas tecnologias, estavam presentes velocidade básica do vento, que foi obtida a partir do gráfico de isopletas, encontrado na NBR 6123/2013 para a região, utilizado também o programa ANSYS. Diante dos resultados encontrados, insere-se importante mais estudos sobre os tipos de tecnologias utilizadas na ação do vento em edificações, pois foi evidenciado poucas pesquisas abordando esse assunto e de difícil acesso.

Palavras-chave: Ações dinâmicas. Edifícios altos. Vento.

³ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Fametro.

⁴ Especialista em Arquitetura e Engenharia Civil pelo Centro Universitário do Norte

³ Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

1. INTRODUÇÃO

A ação dos ventos é o motivo de muitos colapsos ou danos causados nas estruturas, sobretudo em edifícios altos, seja por efeitos estáticos ou dinâmicos. No entanto, é possível aprimorar as estruturas para torná-las mais fortes e confiáveis quando submetidas às pressões do vento, levando em consideração os conceitos imprescindíveis da dinâmica estrutural.

Assim, em um contexto de edifícios cada vez mais altos, torna-se essencial garantir a segurança dos elementos estruturais devido ao vento, considerando muitas vezes os efeitos dinâmicos desta ação. Mais ainda, é imprescindível que o conforto dos usuários da edificação seja assegurado em relação às vibrações que se manifestarão.

Portanto, destaca-se que toda e qualquer estrutura está sujeita às ações variáveis do vento. No caso de estruturas de grande altura, essas ações podem ocasionar situações de instabilidade e outros imprevistos na construção. Nesse âmbito, é importante que os engenheiros, utilizem ferramentas existentes para determinar com maior exatidão os carregamentos ocorrentes em uma estrutura.

O objetivo geral do estudo é identificar as tecnologias para avaliação dos efeitos do vento nos edifícios na Região Norte, por meio de uma revisão sistemática.

Este tema foi escolhido, devido à existência de edificações cada vez mais elevadas, exigindo que a estrutura de concreto armado não ceda aos esforços atuantes originados do vento, dependendo da estabilidade. Entretanto, salienta-se que em edificações muito altas a força do vento se torna um agente causador de instabilidade nas estruturas, com isso, é necessário saber como se comporta as estruturas à medida que se aumenta a altura das edificações.

Com isso, analisar o comportamento das estruturas em edifícios na Região Norte, torna-se fundamental para entender as principais diferenças existentes no projeto de um edifício alto, auxiliando assim futuros estudos no tema, e aprendizado nas práticas futuras na área de Engenharia Civil, originando efeitos benéficos no meio acadêmico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CARACTERÍSTICAS DO VENTO

O vento é caracterizado pelos movimentos do ar relativos à superfície terrestre. Ele é provocado essencialmente por forças geradas através de diferenças de pressões na atmosfera e através do movimento de rotação da terra (SANTOS; PEDROSO, 2017). Assim, pode ser definido como um fenômeno natural instável no tempo, que apresenta variações aleatórias em torno de um valor médio de velocidades, conhecidas como rajadas ou turbulências.

No projeto estrutural de edifícios, o vento é fisicamente representado por um perfil de velocidade incidindo em uma edificação. Suas características e os efeitos por ele gerados dependem da geometria da edificação, da região, do tipo de terreno e dos obstáculos entrepostos (TAPAJÓS et al., 2016).

Para Stabile (2020), o vento é um fenômeno aleatório, com flutuações do módulo e da orientação da sua velocidade instantânea em torno da velocidade média. Nesse contexto, percebe-se que o vento é uma ação dinâmica e estocástica. Para a maioria das

estruturas, o efeito dinâmico pode ser estimado considerando a ação como estática majorada por coeficientes apropriados.

2.2. AÇÕES DOS VENTOS NAS ESTRUTURAS

A ação das cargas de vento é responsável por ocasionar nas estruturas efeitos de tensões, deformações, deslocamentos e vibração, que podem vir a afetar a segurança e o bem-estar dos indivíduos. Em casos extremos, essa ação pode acarretar na devastação total ou parcial da edificação (NASCIMENTO; BORNO, 2017).

Percebe-se que o estudo da ação do vento em edificações é essencial, pois é analisado impactos nas edificações, como arrancamentos parciais ou totais da cobertura, e outras características suscetíveis ao mesmo.

Essas ações causadas pelo vento podem ser denominadas sucções ou sobrepressões, onde ambas podem variar seus efeitos dependendo das características da edificação e do local em que está inserida. Com isso, as sucções são pressões efetivas abaixo da pressão atmosférica de referência caracterizando-se por atuarem pelos coeficientes de pressão, de maneira negativa, já as sobrepressões são pressões efetivas acima da pressão atmosférica detectada pelos coeficientes de pressão e de forma positiva (PEREIRA et al., 2017).

No Brasil, a norma que estabelece os critérios para determinar as ações do vento é a NBR 6123. Essa norma estabelece os critérios de acordo com o tipo de estrutura a ser analisada, como sua forma geométrica, localização, aberturas de janelas e dimensões. Além disso, é possível destacar que um dos principais fatores para a determinação da ação do vento é a localização do edifício, tanto para determinar a velocidade básica que a estrutura estará exposta, como para estabelecer os critérios de rugosidade do terreno (GONÇALVES et al., 2016).

Essa norma reforça ainda que as forças devido a vento em edificações, diz que, em alguns tipos de estruturas, deve-se considerar o cálculo da resposta dinâmica da edificação sob excitação do vento. As ações consideradas dinâmicas, dependem de uma frequência natural e da sensibilidade dinâmica da estrutura (SANTOS et al., 2016).

No entanto, o ambiente urbano, em constante transformação, modifica de maneira aleatória o comportamento dos ventos, e conseqüentemente, a maneira como estes influenciam na resposta estrutural das edificações.

2.3. EFEITOS DA FORÇA DO VENTO NA ANÁLISE ESTRUTURAL DOS EDIFÍCIOS

As forças devidas ao vento em edificações são obtidas a partir de coeficientes aerodinâmicos contidos em normas, manuais ou relatórios de pesquisas. Estes coeficientes referem-se a construções isoladas. Entretanto, edificações situadas nas proximidades podem causar efeitos ponderáveis de interação, alterando as sucções, forças e momentos torçores (SOUZA et al., 2018).

Na pesquisa feita por Carvalho et al. (2018), as forças horizontais devidas ao vento foram aplicadas nas mísulas, no ponto de fixação das cadeias de isoladores. No modelo completo, as forças de vento foram aplicadas na forma de pressão sobre os cabos.

Dos parâmetros citados o que mais influencia no gradiente da velocidade do vento, ou seja, no seu perfil vertical de velocidade, é a rugosidade do terreno. Quanto maior a rugosidade superficial, maior será a agitação mecânica provocada no ar, e portanto, a altura interessada neste processo.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa tratou-se de uma pesquisa bibliográfica, de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e descritiva. Para alcançar o objetivo geral de identificar as tecnologias para avaliação dos efeitos do vento nos edifícios na região Norte, por meio de uma revisão sistemática serão necessárias as seguintes etapas representadas na **Figura 1**:

Figura 1. Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2022)

3.1. LEVANTAMENTO DE PESQUISAS SOBRE AÇÃO DO VENTO EM EDIFICAÇÕES

Nesta etapa foi realizada uma pesquisa bibliográfica de revisão sistemática. A pesquisa na base de dados buscou identificar artigos que abordassem a ação do vento nas estruturas em edifícios. Para isso foram utilizados os seguintes termos de busca ações dinâmicas, edifícios altos e vento. Os artigos foram filtrados por área de conhecimento de Engenharia para que se encontrasse apenas soluções aplicáveis a esta área, nas bases de dados Pubmed, Scielo e Google Acadêmico. O critério de inclusão foi de artigos que apresentassem os conteúdos referentes a ação do vento em estruturas. O critério de exclusão foi de artigos que não se adequassem ao objetivo geral apresentado.

3.2. AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS NA AÇÃO DO VENTO EM EDIFICAÇÕES

Avaliar por meio de cálculos normativos os parâmetros para o cálculo de carga do vento conforme especificado na norma NBR 6123 (ABNT, 1988), na análise de dados secundários, avaliando as características técnicas e econômica que envolvem essa norma.

3.3. APRESENTAÇÃO DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS TECNOLOGIAS

Nesse item foi possível identificar as vantagens e desvantagens da tecnologia no âmbito das ações do vento nas edificações, analisando os tipos de tecnologias aplicáveis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. LEVANTAMENTO DE PESQUISAS SOBRE AÇÃO DO VENTO NAS EDIFICAÇÕES

Um dos principais fatores para a determinação da ação do vento é a localização do edifício, tanto para determinar a velocidade básica que a estrutura estará exposta, como para estabelecer os critérios de rugosidade do terreno, bem como, a altura de obstáculos influenciam na velocidade característica de impacto (GONÇALVES et al., 2016).

Os esforços exercidos pelo vento sobre uma estrutura, varia temporalmente e, em projeto, a maioria das normas adota uma metodologia simplificada em que a ação dinâmica do vento é substituída por um carregamento estático equivalente (TAPAJÓS et al., 2016). Através deste procedimento, tenta-se representar o pico máximo de pressão provocada pelo vento sobre a estrutura, sendo esta pressão uma função da velocidade básica do vento (V_0), e dos parâmetros S_1 , S_2 e S_3 , conforme indicado na Equação 1.

$$q=0.613 \cdot (V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3)^2 \quad (1)$$

Outra consideração importante na determinação dos efeitos do vento é a força de arrasto, que em edifícios de múltiplos andares descreve os esforços induzidos pelo vento, devendo ser calculada segundo a ABNT NBR 6123, usando a equação 2.

$$F_a = C_a q A \quad (2)$$

Em que F_a é a força de arrasto, C_a é o coeficiente de arrasto, obtido em função da altura e das dimensões em planta do edifício, q é a pressão de obstrução, A é a área da superfície de referência. S_1 , S_2 e S_3 são parâmetros definidos na ABNT NBR 6123.

4.2. AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS NA AÇÃO DO VENTO EM EDIFICAÇÕES

Analisou-se por Medeiros et al. (2016), dois partidos estruturais com a mesma característica, alterando a modulação da mesma, ou seja, mudando o sistema de contraventamento, seção dos pilares e vigas e até mesmo seu posicionamento. Antes de realizar qualquer análise de dimensionamento dos elementos do sistema de contraventamento, verificou-se os deslocamentos horizontais e γ_z (coeficiente de majoração), em todas as direções de ações do vento, atendendo limites normativos para análise de capacidade de carga dos elementos.

Para esse estudo, foi feito um comparativo entre a utilização de pórticos e núcleo estrutural, analisando como a estrutura se comporta, ou seja, olhando seus deslocamentos, contendo pavimentos 15º e 30º a carga dos pilares e os quantitativos de matérias de cada sistema de contraventamento para o outro, a **Tabela 1 e Tabela 2**, demonstra os quantitativo de cada contravento.

Tabela 1 - Índices da estrutura formada por pórtico

Total de pavimentos	Altura de edificação (m)	Índice de esbeltez	Deslocamento (cm)	Gama Z	Cargas tf
15 Pv.	42,18	2,1	0,78	1,166	496,80
30 Pv.	86,98	4,3	2,99	1,27	1028,30

Fonte: Medeiros et al. (2016).

Tabela 2 - Índices da estrutura formada por núcleo

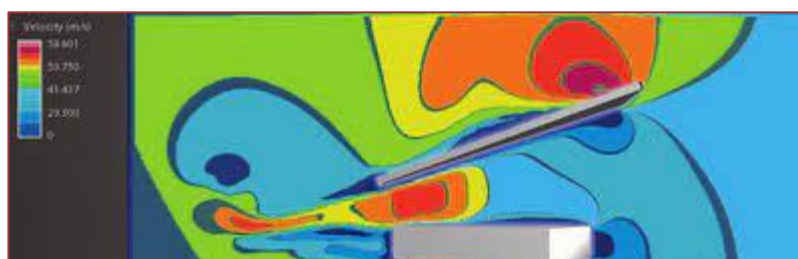
Total de pavimentos	Altura de edificação (m)	Índice de esbeltez	Deslocamento (cm)	Gama Z	Cargas tf
15 Pv.	42,18	2,1	0,23	1,051	1286,3
30 Pv.	86,98	4,3	3,53	1,22	3223,8

Fonte: Medeiros et al. (2016).

Observou-se que com a alteração do partido estrutural de pórticos para núcleo, há variações em todos os aspectos, e essas variações ocorrem devido a intensidade do carregamento. Com isso, existe a necessidade da resistência da edificação.

No estudo de Oliveira et al. (2021), a velocidade básica do vento, foi obtida a partir do gráfico de isopletras, encontrado na NBR 6123/2013 para a região, comportamentos peculiares na zona de barlavento, ou seja, que recebe a ação do vento, neste caso, a fachada frontal da estrutura e nas zonas de sotavento, onde é a região em que o vento se desprende da estrutura, neste caso, na fachada posterior. Na **Figura 1** abaixo, ocorreu na região de sotavento, na face superior da cobertura, uma desaceleração discreta do fluxo de vento, ao passo que na face inferior, verificou-se uma discreta ambas em graus inferiores.

Figura 1. Representação gráfica das velocidades do fluxo de vento no entorno da estrutura

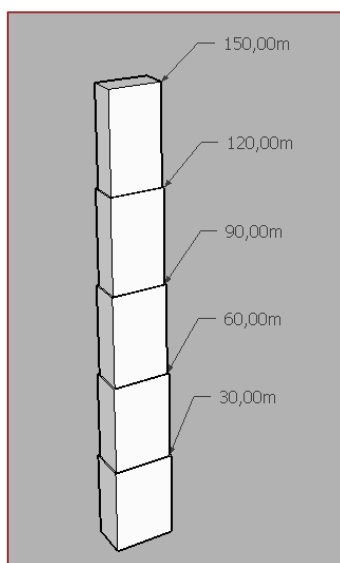


Fonte: Oliveira et al. (2021).

De acordo com a Figura 1, verificou-se que o fluxo predominante de vento na estrutura parte da fachada frontal em sentido à fachada posterior, as linhas de fluxo são influenciadas pela geometria geral da estrutura. Portanto houve a formação de vórtice sutis acima da cobertura imediatamente após passar pela zona de barlavento.

Na pesquisa feita por Santos e Pedroso (2017), nas vibrações livres e forçadas e modos de vibração da estrutura foi utilizado o programa ANSYS. Esse programa se baseou no método dos elementos finitos (MEF) para seus cálculos, onde permitiu resultados mais precisos. Depois, foram aplicadas na estrutura as cargas dinâmicas obtidas por meio de duas metodologias recomendados na norma brasileira de ventos (NBR 6123). A Figura 2 apresenta uma imagem da edificação que serviu de inspiração, e o modelo simplificado utilizado para o cálculo das pressões do vento.

Figura 2. Edificação de pressões de vento



Fonte: Santos e Pedroso (2017)

No entanto, o objetivo de um sistema estrutural em uma edificação é realizar a transferência dos esforços de maneira eficiente, juntamente com a economia de material utilizado, com a integridade física da estrutura, essa soma de funções gera vantagens frente a outros sistemas construtivos, sendo que esses elementos possuem pequenas dimensões e seções transversais simples (CASTRO; CAMARGO, 2021).

4.3. APRESENTAÇÃO DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA TECNOLOGIA

Os reparos ou recuperações poderão ser efetuados de maneira ocasional ou manutenção rotineira. Tenedini e Filho (2020) acrescentam que o restabelecimento da integridade física e eficiência da estrutura, evita que se agravem os problemas que podem provocar desde sua inutilização até o colapso. Salientam que o reforço se faz necessário por aumento da capacidade de carga da estrutura, ou a correção de danos causados por agentes externos.

O sistema *wood frame*, no estudo de Rezende e Campos (2016), foi um recurso tecnológico vantajoso pois atendeu requisitos de flexibilidade de durabilidade, podendo ser utilizado em regiões sujeitas a ventos extremos e abalos sísmicos uma vez que há possibilidade de reforço e adaptação para absorver as cargas geradas nestas situações. Comparado a outros sistemas, a construção em *wood frame* possui poucas desvantagens, mas que são facilmente tratadas, citando-se: a necessidade de mão de obra qualificada,

falta de profissionais e ferramentas especializadas, resistência do mercado imobiliário a mudanças e a limitação de altura das edificações que é no máximo cinco pavimentos.

Para Moraes e Labacki (2017), o uso de CFD apresentou vantagens claras quando comparadas com outras abordagens. Os autores destacam entre elas que o CFD forneceu dados de parâmetros relevantes em todos os pontos do domínio computacional. Alertam, porém, sobre o impacto dos parâmetros computacionais inseridos na simulação CFD, usando como estudo de caso para predição da ventilação natural um modelo genérico de edifício isolado.

Os obstáculos que envolvem natureza técnica, estão direcionados à disponibilidade de ferramentas numérico-computacionais adequadas à avaliação do desempenho mecânico destes sistemas. Os softwares consagrados para este tipo de simulação ainda apresentam, como desvantagem, o alto custo de suas licenças e treinamento especializado para o correto intercâmbio de dados com os sistemas CAD, modelagem estrutural e interpretação dos resultados (CELANI et al., 2017).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do objetivo geral direcionados a identificação das tecnologias para avaliação dos efeitos do vento na Região Norte, foram encontrados por meio dos estudos, dois partidos estruturais com a mesma característica, alterando a modulação da mesma, ou seja, mudando o sistema de contraventamento, seção dos pilares e vigas e até mesmo seu posicionamento.

Entre os objetivos específicos tiveram como finalidade primeiramente o levantamento de pesquisas sobre ação do vento em edificações, em que foi possível evidenciar os esforços exercidos pelo vento sobre uma estrutura, que varia temporalmente e, em projeto, a maioria das normas adota uma metodologia simplificada em que a ação dinâmica do vento é substituída por um carregamento estático equivalente.

O segundo objetivo descreveu a avaliação da aplicação das tecnologias na ação do vento em edificações, em que se constatou que as tecnologias empregadas a partir de gráficos encontrados na NBR 6123/2013 para a região, comportamentos peculiares na zona de barlavento, ou seja, que recebe a ação do vento, neste caso, a fachada frontal da estrutura e nas zonas de sotavento.

Na apresentação das vantagens e desvantagens da tecnologia destacou-se como vantagens requisitos de flexibilidade e durabilidade, eficiência da estrutura. As desvantagens foram analisadas em limitação de altura nas edificações e disponibilidade de ferramentas numérico-computacionais adequadas à avaliação do desempenho mecânico destes sistemas.

Diante dos resultados encontrados, insere-se importante mais estudos sobre os tipos de tecnologias utilizadas na ação do vento em edificações, pois foi evidenciado poucas pesquisas abordando esse assunto e de difícil acesso, além do mais vale destacar que as pesquisas se apresentavam bastante desatualizadas, dificultando a elaboração do artigo. Nesse contexto, o trabalho teve o propósito de despertar interesse para elaboração de materiais específicos sobre a temática.

REFERÊNCIAS

- [1] CASTRO G.G.S, CAMARGO M.V. Análise do comportamento do diafragma horizontal e vertical em edificações utilizando o sistema lightweight wood-frame. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v.13, n.2, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/17974/209209214430>. Acesso em: 08 jun.2022
- [2] CELANI G et al. Integração de tecnologias cad/cae/cam no ateliê de arquitetura: uma aplicação no projeto de edifícios altos. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, São Carlos. v.12 n.1 p.29-52, 2017. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/99222/124640>. Acesso em: 08 jun.2022
- [3] GONÇALVES J et al. Análise numérica dos efeitos das ações do vento em edifícios industriais metálicos. *Construção Metal*, 2016. Disponível em: https://www.abcem.org.br/construmetal/2016/downloads/apresentacao/5_. Acesso em: 08 jun. 2022
- [4] MEDEIROS L.D et al. Ação do vento na estabilidade global de estruturas de concreto armado: análise comparativa de partidos estruturais de uma edificação. *Interscientia*, v.4, n.2, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unipe.br/index.php/interscientia/article/view/514/394>. Acesso em: 08 jun.2022
- [5] MORAIS J.M.S, LABAKI L.C. CFD como ferramenta para simular ventilação natural interna por ação dos ventos: estudos de caso em tipologias verticais do "Programa Minha Casa, Minha Vida. *Ambiente Construído*, v.17, n.1, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/jQknMRzzZwV3rfgtSsFKmk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 08 jun.2022
- [6] NASCIMENTO A.V, BONO G.F.F. Determinação das forças devidas ao vento em edificações com diferentes inclinações do telhado segundo a NBR 6123 e a engenharia do vento computacional. *Mecânica Computacional*, 2017. Disponível em: <http://www.amcaonline.org.ar/>. Acesso em: 13 jun. 2022
- [7] OLIVEIRA G.B et al. Representação em modelo computacional da ação do vento na estrutura do santuário da misericórdia, em Maceió/AL. *Ciências exatas e tecnológicas*, v.6, n.3, p.127-136, 2021. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/9170/4585>. Acesso em: 08 jun. 2022
- [8] PEREIRA L.A et al. Análise da Influência dos Esforços de Vento em Coberturas em Função da Variação da Inclinação. *Engenharia Estudo e Pesquisa. ABPE*, v. 17, n. 2, p. 51-59, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341597783_. Acesso em: 12 jun. 2022
- [9] REZENDE R.D, CAMPOS L.A. Vantagens e desvantagens do sistema construtivo wood frame e a comparação de custos com a alvenaria. *Accelerating the world's research*, 2016. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50923249/Artigo_-_Wood_Frame_-_Luiz_Augusto_Campos-with-cover-page. Acesso em: 08 jun.2022
- [10] SANTOS D.W.C et al. Ações dinâmicas produzidas pelo vento no projeto de estruturas de aço. XXXVII Jornadas Sudamericanas de Engenharia Estrutural, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309728061_. Acesso em: 12 jun. 2022
- [11] SANTOS T.C, PEDROSO L.J. Um estudo da ação do vento em edifícios altos. *Cilamce*, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Lineu-Pedroso/publication/321504175>. Acesso em: 08 jun. 2022
- [12] SOUZA A.M.L et al. Estudo em túnel de vento dos efeitos de vizinhança sobre o empreendimento blue marlin towers. *Asaee*, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/347929043>. Acesso em: 11 jun. 2022
- [13] STABILE A.F et al. A evolução do método do vento sintético para a análise dinâmica de edifícios altos. ANAIS DO 62º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2020. Disponível em: <file:///D:/ARTIGOS%20FELIPE/62CBC1717-Aevolucadometododoventosintetico.pdf>
- [14] TAPAJÓS L.S et al. Efeito do vento no dimensionamento de edifícios de concreto armado. *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, v.9, n.6, p.883-910, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/C8sSxCfNtCjY4wFT5fsK4w/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 08 jun.2022
- [15] TENEDINI E.C, FILHO J.L.D. Reforço estrutural em colunas em um imóvel comercial no município de Santo Antônio de Pádua/Rj. *Revista Conhecendo Online: Ciências da Saúde*, v.6, n.1, 2020. Disponível em: <https://conhecendoonline.emnuvens.com.br/revista/article/view/85/121>. Acesso em: 08 jun.2022

Capítulo 7

Transporte de Resíduos da Construção Civil na Cidade de Manaus

Francisco Carlos Fonseca de Souza

Anaíze Monteiro de Lima

Resumo: Os resíduos da construção civil (RCC) causam impactos ambientais devido à deposição irregular, uma vez que não podem ser destinados a aterros sanitários. Porém muitos municípios não apresentam um plano de gestão desses resíduos, para favorecer o transporte desses na malha urbana. Esse problema também se destaca em Manaus, capital e maior cidade do estado do Amazonas, com aproximadamente 79% da população estadual, onde os resíduos da construção e demolição (RCD) representam quase 2,48% do total em massa de resíduos depositados no aterro municipal. O objetivo geral deste artigo é avaliar a infraestrutura urbana da cidade de Manaus para o transporte de resíduos da construção civil, por meio de levantamento de campo. Para alcançar esse objetivo foi necessário estar definindo a área de estudo das condições de infraestrutura urbana para o transporte de resíduos, por meio de pesquisa documental e avaliando as medidas necessárias para a adaptação da área em estudo para o transporte de resíduos, por meio de análise de viabilidade técnica e econômica. Assim foi possível caracterizar a área quanto a viabilidade para o transporte, identificar as dificuldades para a implementação do sistema de transporte de resíduos da construção na cidade de Manaus. Com isso foi possível analisar as particularidades da cidade e as alternativas locais para a disposição dos resíduos da construção civil ao final do trabalho foi sugerido melhorias em práticas de gestão de RCD nas fases de projeto, execução e em políticas públicas para a cidade de Manaus.

Palavras-chave: Gestão de resíduos. Transporte de resíduos de construção civil. Infraestrutura urbana da cidade. Resíduos da construção civil (RCC). Resíduos da construção e demolição (RCD).

1. INTRODUÇÃO

A Construção Civil é uma atividade que é diretamente ligada à evolução da Sociedade, suas atividades são ligados diretamente tanto nos aspectos ambientais, quanto no aspecto econômico, pois além de serem utilizados muitos recursos naturais em suas atividades, também modifica diretamente o meio ambiente e como consequência acaba gerando grandes volumes de resíduos em sua execução, esses Resíduos são conhecidos como resíduos da Construção Civil (RCC) e Resíduos de Construção e Demolição (RCD).

Todos esses resíduos são gerados através de obras de construção, demolição, reformas entre outras atividades da construção civil, construção porém todos concordam que há necessidade de reduzir os volumes desses resíduos nos canteiros de obras. A ABRELPE -Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais divulgou, em seu Panorama de Resíduos Sólidos que no Brasil no ano de 2016, que nesse mesmo período os municípios brasileiros coletaram cerca de 45,1 milhões de toneladas de RCD, valor que em percentuais representa cerca de 63% da massa total dos RSU coletados nos municípios brasileiros em 2016 (ABRELPE, 2017). É importante salientar que esses dados coletados foram obtidos em pesquisas feitas com as empresas coletoras associadas à ABRELPE. Essas empresas são contratadas pelas prefeituras dos municípios que, coletam apenas os resíduos lançados ou despejados nos logradouros públicos. Conseqüentemente, esses valores devem ser ainda maiores devido aos descartes clandestinos em terrenos baldios da qual não se pode obter dados e controles.

Brasileiro e Matos (2015) afirma que a falta desse processo de gerenciamento de todos esses resíduos afeta diretamente as cidades tanto em seus âmbitos sociais como também no âmbito econômico e ambiental. Observando, os principais tópicos relacionados a esse tema RCD e que foram publicados ao longo dos últimos anos são: geração de RCD, reuso de RCD, minimização de RCD, reciclagem de RCD, gerenciamento geral de RCD e fatores humanos que são relacionados ao gerenciamento de RCD (GHAFOURIAN et al., 2016).

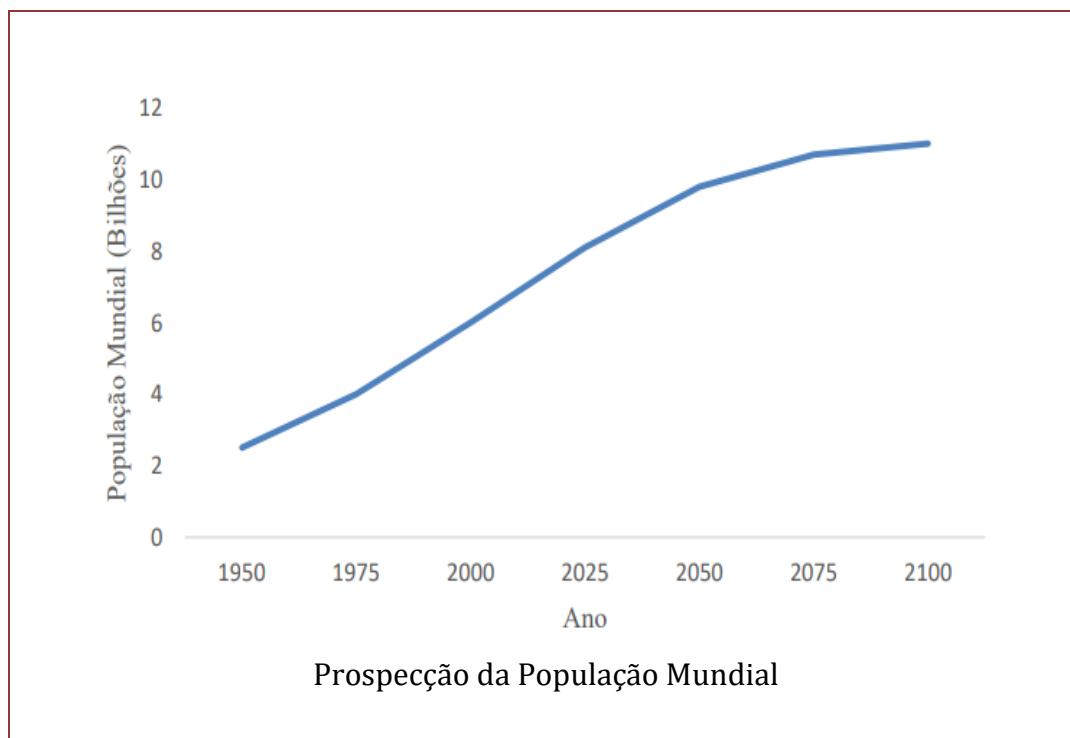
Sendo assim o transporte de resíduos sólidos em Manaus provenientes do aumento de obras da construção civil causa alguns problemas que vem se agravando no decorrer do tempo, que é a destinação irregular de RCD para aterros clandestinos, além do aumento da demanda de transporte desse material.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. PLANO DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA CIDADE DE MANAUS

Com o passar do tempo, a população mundial está se expandindo com a probabilidade de alcançar cerca de 11 bilhões de habitantes no ano de 2100 (ONU, 2021), conforme ilustrado na Figura 1. Como consequência desse crescimento, as cidades tendem a crescer, impulsionadas principalmente pela expansão dos bairros residenciais, que exigem a ampliação de infraestruturas urbanas, como ruas, avenidas, pontes, estações de tratamentos de águas, portos e represas entre outros. Nesta situação, tanto as obras privadas como as obras públicas geram Resíduos de Construção e Demolição (RCD), que necessitam de uma gestão adequada para reciclagem, manuseio, reutilização, reuso e descarte em local apropriado com o objetivo principal de causar um menor impacto de danos ambientais.

Figura 1. Prospecção de crescimento da população mundial a uma taxa média de 8,2% por ano



Fonte: Adaptado de ONU, 2021

A cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas, local onde foram realizados os estudos desta pesquisa sobre a gestão do RCD, teve como ideia central de estudo obter uma gestão eficiente visando a redução, reutilização e destinação final adequada, aliados com uma legislação específica, que deve ser fiscalizada de forma eficaz pelo poder público municipal, que tem também como função oferecer opções de gestão aos grandes e pequenos geradores.

O poder público municipal do estado tem como obrigação a implementação de políticas públicas por meio do Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos. Gálvez-Martos et al. (2018) nos afirma que os planos de gestão de RCD, para que possam ser eficazes, devem ser acompanhados de práticas de regulação e fiscalização, ou de fatores econômicos, como impostos, taxas de aterro, incentivos fiscais, etc.

A geração de RCD é uma consequência do desenvolvimento econômico e social de um município (Aslam et al., 2020), já que eles são um importante subproduto do estilo de vida urbano atual, que vem crescendo mais do que a própria taxa de urbanização mundial. Gálvez-Martos. (2018, p. 167) faz uma afirmação que os resíduos de construção e demolição “RCD” é um termo genérico que define os resíduos gerados pelas atividades econômicas envolvendo a construção, manutenção, demolição e desconstrução de edificações e obras civis”. Toda essa diversidade e geração desse material aumentam juntamente com a intensificação do processo de urbanização da cidade (Mesjasz-Lech, 2014), sendo atualmente o descontrole do descarte de RCD um problema global de grande relevância na gestão urbana (Ossa et al., 2016).

Dos fatores apontados na Figura 2, a separação do RCD em sua origem, ou seja, dentro do canteiro de obras, é apontado por uma boa parte dos pesquisadores como

uma das melhores práticas para uma boa gestão de resíduos. Embora a separação de resíduos, por classe, não seja uma estratégia para a redução de resíduos, é na verdade um requisito que facilita a prática de reutilização e reciclagem, contribuindo para a diminuição de custos com transporte e deposição de RCD em aterros sanitários, aumentando-se o seu tempo de vida (AJAYI et al., 2017a; UMAR et al., 2016; CRAWFORD, MATHURB; GERRITSEN, 2017). Umar et al. (2016) descobriram que um método eficiente de classificação dos RCD é o alicerce e um pré-requisito para a gestão bem-sucedida. Outras vantagens inerentes à separação e classificação do resíduo no canteiro de obras são o auxílio na coleta de dados, supervisão e monitoramento. Dessa forma, o construtor obterá informações importantes para o aprimoramento da gestão em futuros empreendimentos (UMAR et al., 2016).

Figura 2- Fatores que influenciam a gestão de RCD



Fonte: Adaptado de Menegaki e Damigos (2018)

Logo esse cenário atual de gestão errada dos RCD na cidade de Manaus acaba se tornando um claro reflexo da necessidade de intervenção, não apenas do Governo, mas de toda a comunidade profissional de engenharia civil, tendo em vista que é sim responsabilidade social e empresarial, garantir a reutilização ou reciclagem desses materiais, e também o seu descarte adequado.

2.2. CONTROLE DE REDUÇÃO, RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RCD

Depois da não geração de resíduos, a redução vem sendo o melhor recurso para o gerenciamento dos RCD, tendo em vista que a minimização das perdas leva a uma utilização mais racional dos recursos, bem como a redução nos custos do empreendimento.

Huang et al. (2018) identifica quanto à reutilização do RCD, que uma das principais barreiras são a falta de orientação para coleta e separação eficiente de RCD, a falta de conhecimento e padrão para o RCD reutilizado e mercado subdesenvolvido para o RCD reutilizado. Já Machado Souza e Veríssimo (2018) destacam como alternativa à demolição de edifícios ao final de seu ciclo de vida, o uso frequente de técnicas de desconstrução. A desconstrução de um edifício, também conhecida como desmontagem ou demolição seletiva, é um processo por meio do qual um edifício é cuidadosamente desmontado com o objetivo de recuperar e reaproveitar os materiais da própria construção.

- A definição para Resíduo da Construção Civil (RCC) é encontrada na Resolução CONAMA nº 307/2002, em seu Artigo 3º, a Resolução Conama no 307/2002, alterada pela Resolução Conama nº 348/2004 (Artigo 3º, inciso IV), propõe a classificação dos RCC, que deverão seguir a seguinte divisão:

- I - Classe A - são resíduos que podem ser reutilizáveis ou reciclados como agregado.

- II - Classe B - são os resíduos recicláveis que servem para outras destinações.

- III - classe C - resíduos que ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam fazer o seu reuso.

- IV - Classe D - são resíduos muito perigosos oriundos do processo de construção, e que possuem processos químicos.

A desconstrução já foi estudada por diversos trabalhos como método alternativo à demolição (DANTATA; TOURAN; WANG, 2005; COELHO; BRITO, 2011; RIOS; CHONG; GRAU, 2015; MACHADO; SOUZA; VERÍSSIMO, 2018). Akinade et al. (2015, 2017) estudaram a utilização da ferramenta BIM para projetos que trabalhem com desconstrução, como formas alternativas de redução de RCD. A reciclagem é o reaproveitamento do resíduo depois de feito o procedimento de beneficiamento. É uma das áreas da gestão de RCD que mais tem destaque em pesquisas no meio acadêmico. Dentre as classes que dividem os resíduos, os da classe A têm o maior potencial de reciclagem, sendo empregado na maioria das vezes na utilização como agregado em blocos de concreto para pavimentação e em argamassas.

Huang et al. (2018) destaca que as principais dificuldades para a reciclagem de RCD são sistema de gestão ineficaz, uma tecnologia de reciclagem madura, um mercado subdesenvolvido para produtos de RCD reciclados e uma operação de mercado de reciclagem imatura. A implementação de melhores práticas como redução, reutilização e reciclagem do RCD em um empreendimento traz muitas vantagens ao construtor, entre elas: imagem da empresa, quanto na gestão de RCD no canteiro de obras, enquanto economia de matérias-primas e aumenta a conscientização da sua equipe de colaboradores.

2.3. SISTEMA DO PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MANAUS (PMGIRS)

Em se tratando de uma realidade específica de Manaus, a Secretaria Municipal de Limpeza Pública (SEMULSP, 2020) destacou que de janeiro a agosto de 2017 foram recolhidas 582.169 toneladas de resíduos sólidos na cidade de Manaus, o que representa uma média diária de 2.395,8 toneladas de resíduos sólidos recolhidos. Com foco no conceito de gestão integrada de resíduos sólidos como um novo paradigma da limpeza urbana, foram adotadas como metas a redução da geração dos resíduos sólidos, a reutilização e reciclagem do que foi gerado, a universalização da prestação dos serviços, estendendo-os a toda a população, a promoção do tratamento e da disposição final ambientalmente adequada conceitos que orientaram a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Dentre os resíduos sólidos encontramos os RCDs, que são descartados em locais de despejo de descargas ilegais, áreas não aprovadas, terrenos baldios, margens de rio e áreas de preservação permanente (SEMULSP, 2020). Todos esses despejos irregulares apresentam impactos negativos para a Amazônia e o meio ambiente urbano, referentes à contaminação do solo e da água.

A destinação final dos resíduos sólidos produzidos na cidade de Manaus, tem sua destinação final no aterro sanitário público da cidade que fica localizado no km 19 da rodovia AM-010, que liga Manaus a Itacoatiara, no estado do Amazonas, Brasil. O aterro sanitário público possui controle das emissões gasosas, ou seja, ele capta o biogás resultante da degradação dos resíduos e procede à sua queima. No entanto, o aterro sanitário público de Manaus não possui uma usina de reciclagem e reuso de RCD, ou seja, não existe uma gestão específica da reutilização de RCD. Assim esses materiais não estão sendo aceitos no aterro sanitário de Manaus, o que incentiva o despejo irregular de RCD em aterros clandestinos Conforme a SEMULSP (2020), atualmente, com a proibição de despejo de RCD no aterro público de Manaus, as grandes e pequenas construtoras utilizam o próprio canteiro de obra para aplicar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (PGRSCC), que é obrigatório para o licenciamento ambiental das obras.

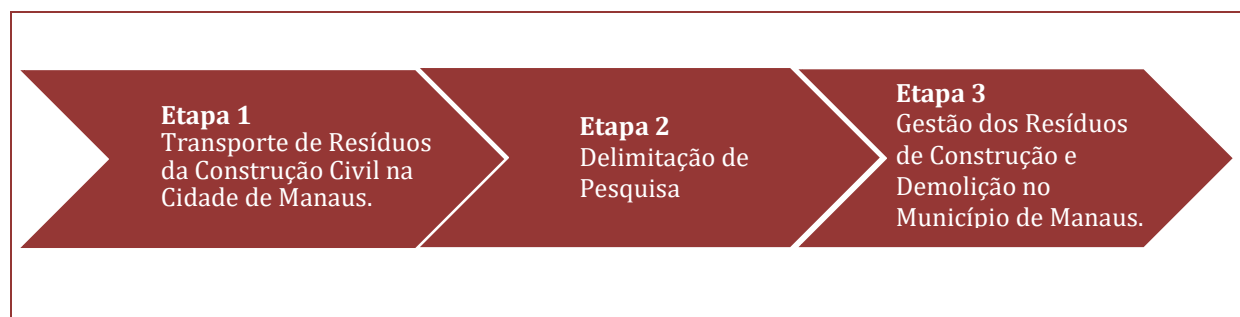
Em 2022 será construído um novo aterro sanitário público em Manaus e uma boa prática a ser tomada seria a construção de uma usina de reciclagem e reutilização de RCD neste novo local, constituída por processos de separação de materiais e sua preparação (britagem) para reciclagem e, posterior, reutilização em obras e serviços, o que inibiria e diminuiria os números de aterros clandestinos espalhados pela cidade.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Este artigo de natureza aplicada tem como objetivo descrever a gestão de resíduos da construção civil (RCC) e os Resíduos da construção e demolição (RCD) e seu transporte na malha urbana da cidade de Manaus, através de métodos qualitativos adotando procedimentos de levantamento de campo.

Para isso, a pesquisa foi dividida em três etapas, como mostrada na figura 3, com intuito de se alcançar o objetivo geral, que é avaliar a infraestrutura urbana da cidade de Manaus, para o transporte de resíduos da construção civil, por meio de levantamento do campo, identificando as melhorias necessárias.

Figura 3. Fluxograma das etapas da pesquisa do processo.



Fonte: Autoria própria (2022)

3.1. TRANSPORTE DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE MANAUS - AM

Os resíduos da construção civil (RCC) causam impactos ambientais devido à deposição irregular uma vez que não podem ser destinados a aterros sanitários. Porém muitos municípios não apresentam um plano de gestão desses resíduos para favorecer o transporte desses materiais na malha urbana.

A partir do contexto abordado na introdução e a pequena quantidade de informações disponíveis relacionado à gestão de RCC na área urbana da cidade de Manaus, determinou-se a seguinte questão da pesquisa deste trabalho: Qual a dificuldade da coleta de resíduos provenientes de obras na malha urbana na cidade de Manaus-AM?

O objetivo geral deste artigo é avaliar a infraestrutura urbana da cidade Manaus para o transporte de resíduos da construção civil, por meio de levantamento de campo e identificar as Melhorias necessárias. Para alcançar esse objetivo será necessário estar definindo a área de estudo das condições de infraestrutura urbana para o transporte, por meio de pesquisa documental e avaliando as medidas necessárias para a adaptação da área em estudo para o transporte de resíduos, por meio de análise de viabilidade técnica e econômica, o objetivo geral pode ser desdobrado em três objetivos específicos, quais sejam:

- Definir a área para o estudo das condições de infraestrutura urbana para o transporte de resíduos, por meio de análise do fluxo e malha urbana, caracterizando a área quanto a viabilidade para o Transporte.
- Levanta as Características de uma infraestrutura adequada para o transporte de resíduos, por meio de pesquisa documental, identificando as dificuldades para implementação na região escolhida.
- Avaliar as melhorias necessárias para adaptação da região escolhida ao transporte adequado dos resíduos, por meio de análise de viabilidade técnica e econômica, identificando os órgãos responsáveis.

Assim será possível caracterizar a área quanto a viabilidade para o transporte, identificar as dificuldades para a implementação e os órgãos responsáveis pela implementação do sistema de transporte de resíduos da construção na cidade de

Manaus. Com isso será possível analisar as particularidades da cidade e as alternativas locais para a disposição dos resíduos da construção civil.

3.2. DELIMITAÇÃO DE PESQUISA

A área de referência para o presente estudo é a área urbana da cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas; com área da unidade territorial de 11.402,09 km², densidade demográfica de 158,06 hab./km² e com uma população estimada em 2021 de 2.255,903 habitantes (IBGE, 2021).

A cidade de Manaus, conforme localização apresentada na Figura 4, é o foco do estudo por, além de ser a capital, concentra aproximadamente 79% da população do estado do Amazonas e seu Produto Interno Bruto (PIB), referente ao ano de 2021 registrou cifras de R\$ 126,31 bilhões e crescimento nominal de 16,93% em relação ao ano 2020 (Dados da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação - Sedecti), Dados do IBGE de 2021 mostram que o setor da construção cresceu cerca de 9,7% no Estado, ou seja, o setor da construção civil representa cerca de 18,41% do PIB do Estado.

Figura 4. – Localização geográfica do estado de Amazonas no território nacional e de Manaus



Fonte: Geografia Total (2020)

Para a elaboração desta pesquisa, foram divididos em dois grupos: os agentes públicos e os agentes privados, que atuam na cidade de Manaus-AM e que têm relação direta com os RCD e RCC.

Em relação ao agente público, delimitou-se à pesquisa de informações junto à Secretaria Municipal de Limpeza Pública - SEMULSP, responsável pela elaboração e implantação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Manaus (PMGIRS). No que se refere aos agentes privados, este trabalho delimita-se em obter informações nas empresas construtoras, nas empresas transportadoras de RCD e RCC e na empresa de reciclagem. Vale ressaltar, como já foi mencionado anteriormente, que este trabalho faz um diagnóstico da gestão dos RCD e RCC na área urbana de Manaus, limitado em uma abordagem apenas qualitativa.

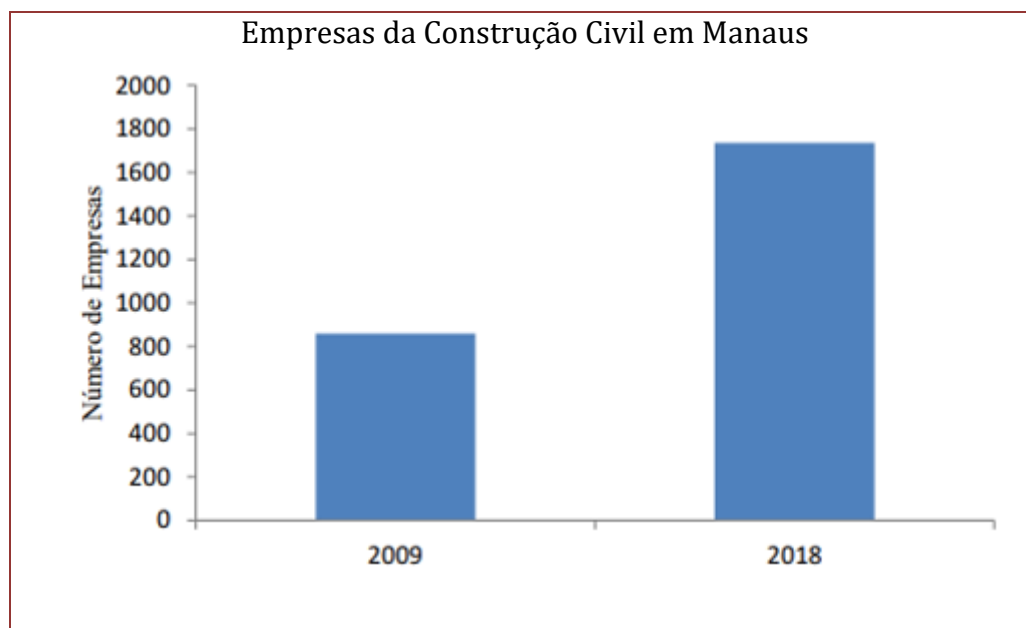
3.3. GESTÃO DOS RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO E CONSTRUÇÃO NO MUNICÍPIO DE MANAUS-AM

Na Região Norte do Brasil, encontramos a cidade de Manaus, capital do Estado do Amazonas, local onde foi feito os estudos desta pesquisa, a política da atual gestão pública de RCD não permite o recebimento destes resíduos no Complexo do Aterro Sanitário da cidade, já que o aterro não possui estrutura para receber esse tipo de material, o que influencia diretamente no surgimento de novos aterros clandestinos e ilegais na periferia, já que este oferece um baixo custo para os seus utilizadores.

Por serem aterros sanitários clandestinos esses locais acabam não possuindo profissionais da área ambiental, que são responsáveis pela mitigação dos impactos ambientais negativos causados por estes resíduos. E estes locais não possuem fiscalizações por parte dos setores governamentais competentes. Todavia, por falta de alternativa, essa é a opção escolhida para o descarte de RCD e RCC na cidade de Manaus, tanto para pequenas empresas empreiteiras que operam para executar reformas em pequenas construções, ou para construtoras de médio e alto porte que operam em Manaus em obras maiores e de mais complexibilidade.

A Figura 5 apresenta o crescimento da Indústria da Construção Civil em Manaus no período de 2009 a 2018, conforme a Pesquisa Anual da Indústria da Construção Civil (PAIC) realizada pelo IBGE (IBGE, 2020b).

Figura 5. Empresas da indústria de construção civil em Manaus (Amazonas) no período de 2009 – 2018



IBGE, 2020b

O quantitativo mostrado acima de empresas de construção civil em Manaus duplicou de 2009 para 2018, atualmente em virtude da proibição de despejo de RCD no aterro público de Manaus, as grandes e pequenas construtoras utilizam os canteiros de obra para aplicar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (PGRCC), que se torna obrigatório para o licenciamento ambiental das obras, para ações

de boas práticas, como a reciclagem e reutilização do RCD, através da aplicação de técnicas que se desenvolvem a cada dia, dentro dos próprios canteiros de obras.

Neste contexto, a presente pesquisa pretende contribuir para a elaboração de novas estratégias para gestão e transporte dos RCD, que possam ser aplicáveis tanto em empresas do público quanto privadas, tendo como propostas ações que favorecem boas práticas que incentivem a criação de uma melhor economia circular, trazendo benefícios sustentável tanto as empresas construtoras quanto os moradores da cidade de Manaus e contribuindo para a preservação da Amazônia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. TRANSPORTE DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE MANAUS

A pesquisa englobou a coleta de informações, através de pesquisas bibliográficas, e com base nas informações fornecidas por empresas privadas do setor da construção civil e empresas do setor de coleta e transporte de resíduos públicos, foi possível realizar um diagnóstico da gestão e destinação dos Resíduos da Construção e Demolição (RCD) da área urbana da cidade de Manaus-AM, sendo apresentada as análises descritiva e exploratória dos dados coletados.

O objetivo geral deste artigo foi avaliar a infraestrutura urbana da cidade Manaus para o transporte de resíduos da construção civil, foi feito um levantamento de campo para que pudesse identificar quais as melhorias necessárias para o transporte de RCD. A principal dificuldade encontrada durante a pesquisa foi a falta de controle para fiscalização, além de danos e impactos ambientais causados pelo descarte irregular dos resíduos que acontecem em aterros irregulares. Já a infraestrutura urbana não causam ou apresenta tantas dificuldades para o seu transporte.

Foi identificado durante a pesquisa que Manaus não possui até então, uma área considerada legal para que se possa fazer o descarte correto do RCD, sendo assim o transporte e a realocação do resíduos acabam criando dificuldades para empresas geradoras, e deixando o mercado para esse setor escasso para que sejam criadas empresas especializadas no mercado para a gestão e transporte do RCD.

4.2. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Para a elaboração desta pesquisa, foram feitas divisões de dois grupos: os agentes públicos e os agentes privados, que atuam na cidade de Manaus-AM e que têm relação direta com os RCD e RCC. Mais os principais pressupostos que balizaram a metodologia empregada no trabalho são apresentados a seguir.

- Plano Diretor de Resíduos Sólidos (PDRS)
- Um meio de sustentabilidade envolvendo as dimensões ambiental, cultural, social, econômica, institucional e política.
- Determinando um processo de planejamento e gestão participativo, visando o controle social de modo a garantir a continuidade das ações.

A Participação da população Para a consecução desse processo podendo ser adotada uma estratégia metodológica participativa, envolvendo as comunidades possibilitando uma postura da sociedade mais decisiva em prol do aperfeiçoamento e

aprimoramento da gestão local. Além da construção de um novo aterro sanitário público que pudesse fazer a reciclagem e reutilização de RCD.

4.3. GESTÃO DOS RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO E CONSTRUÇÃO NO MUNICÍPIO DE MANAUS -AM

A partir do levantamento bibliográfico realizado são sugeridas ações de melhores práticas para a fase de projeto com base em diagnósticos da gestão dos RCD, adequando-se com a realidade da cidade de Manaus. Essas ações são direcionadas principalmente para pessoas, que possuem poder de decisão, diretores, coordenadores, construtores, projetistas ou pessoas que de alguma forma podem atuar no planejamento de projetos com o objetivo principal de realizar uma gestão de RCD adequada por meio da redução da geração de resíduos no empreendimento.

Tabela 1. Sugestões de melhores práticas para a fase de execução

Melhores práticas na fase de execução da obra	Referência
Reciclar o RCD não reaproveitado	John e Agopyan (2000); Cardoso et al. (2016); Rodrigues e Fucale (2014); Brasileiro e Matos (2015); Galarza et al. (2015)
Realizar a quantificação dos RCD no canteiro de obras	Wu et al. (2014)

Fonte: Autoria Própria (2022)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho de pesquisa teve como objetivo geral avaliar a infraestrutura urbana da cidade de Manaus, para o transporte de resíduos de construção civil, por meio de levantamento de campo identificando as melhorias necessárias. Realizar o diagnóstico e sugerir melhorias na gestão dos Resíduos da Construção e Demolição (RCD) na cidade, por meio de pesquisa bibliográfica. Pode-se afirmar que os objetivos (geral e específico) foram atingidos.

O estudo de condições de infraestrutura urbana para o transporte de resíduos, por meio de análise do fluxo e malha urbana, foi feita a caracterização da área urbana e identificado que a cidade possui uma boa viabilidade urbana para o transporte de RCD.

A gestão de RCD na cidade de Manaus revela-se de grande importância tendo em conta a sua localização no seio da floresta amazônica, e também o clima quente e úmido desta região, sendo que ambos os fatores agravam a intensidade dos impactos ambientais negativos causados pelos RCD.

No que diz respeito à situação atual na gestão de RCD, foram encontradas diversas deficiências ao nível de práticas dentre as quais se destacam, a reduzida percentagem de RCD encaminhados para reutilização ou reciclagem, apesar das suas potencialidades a esse nível, a atual política de gestão da Prefeitura de Manaus, que proíbe o lançamento de RCD no aterro sanitário municipal, favorecendo ao aparecimento de aterros clandestinos para depósito ilegal de RCD, sem fiscalização e com sérios problemas de contaminação por metais pesados e produtos químicos, nos rios e no solo da Amazônia.

REFERÊNCIAS

- [1] Souza, C. C. F., Melo, B. R., Santos, M. A. S., Rebello, F. K., Martins, C. M. & Beltrão, N. E. S. (2019). Diagnóstico da sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos no município de Marituba, região metropolitana de Belém, estado do Pará. *Revista Metropolitana de Sustentabilidade*. (V. 9, N. 2, Maio/Ago 2019, pp. 115-136). Recuperado em 19 maio 2020, de <http://189.2.181.205/index.php/rms/article/download/1950/pdf>
- [2] PRSCS-RMM (2017). Plano de resíduos sólidos e coleta seletiva região metropolitana de Manaus. Outubro/2017. Recuperado em 15 novembro 2019, de <http://www.meioambiente.am.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Revista-ResiduosSolidos-Completa.pdf>
- [3] Pereira, S. S., Curi, R. C. & Curi, W. F. (2018). Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*. (V. 23, N. 3, pp. 471-483). <https://doi.org/10.1590/s1413-41522018162872>
- [4] Mota, A. R & Silva, N. M. (2016): Aspectos norteadores da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, Brasil, (septiembre 2016). Recuperado em 15 dezembro 2019, de <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/16/residuos-solidos.html>
- [5] Manaus. (2019). Prefeitura de Manaus. História. Recuperado em 19 agosto 2019, de <http://www.manaus.am.gov.br/cidade/historia>
- [6] IBGE. (2020b). Pesquisa Anual da Indústria da Construção Civil. Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9018-pesquisaanual-da-industria-da-construcao.html?=&t=download>
- [7] IBGE. (2020a). Cidades e Estados. Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/manaus.html>
- [8] Googlemaps. (2020). Mapa da cidade de Manaus, Brasil. Acesso no sítio digital: <https://www.google.com/maps/place/Manaus>
- [9] ABRELPE. (2020). Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020. São Paulo: Abrelpe. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>

Capítulo 8

Resíduos de concreto na fabricação de blocos intertravados

Frank William Paulino¹

Resumo: Os resíduos de construção e demolição (RCD), causam grandes impactos ambientais. O uso de resíduo de concreto em bloco intertravado, não atinge a resistência mínima de 35 MPa indicada na NBR 9781. O objetivo geral do estudo, foi analisar os fatores que influenciam no desempenho mecânico de blocos intertravados de concreto com agregado reciclado de concreto, por meio de pesquisa de revisão bibliográfica sistemática. A pesquisa tratou-se de uma revisão sistemática, de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e descritiva. Os principais fatores envolvidos no desempenho mecânico dos blocos estão o agregado reciclado, agregado miúdo, além dos resíduos de cerâmica vermelha. Conclui-se que o estudo é considerado de extrema relevância, possibilitando que se construa conhecimentos no meio acadêmico e no ambiente profissional futuramente, podendo ser aplicado em locais em controle de qualidade de concreto, em parceria com empresas de limpeza urbana, para promover uma destinação aos resíduos prática, sustentável e econômica.

Palavras-chave: Agregado reciclado de concreto. Blocos intertravados. Resistência a compressão.

¹ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Fametro.

1. INTRODUÇÃO

A gestão e a disposição inadequada dos resíduos de construção e demolição (RCD) causam impactos socioambientais, muitas das vezes irreversíveis. O aumento desordenado desses resíduos, ocasionou-se a optar pela reciclagem com intuito de minimizar esses impactos.

Pode-se dizer que a aplicação do RCD como agregado reciclado, é a que mais se destaca, na qual a estudos para integrá-los em diversos materiais e processos construtivos. Com base nesses aspectos, os resíduos de construção e demolição em obras como agregados reciclados na fabricação de blocos de concreto para pavimentação intertravada, são utilizados como alternativa ao uso desses materiais.

O objetivo geral foi analisar os fatores que influenciam no desempenho mecânico de blocos intertravados de concreto com agregado reciclado de concreto, por meio de pesquisa de revisão bibliográfica sistemática, identificando critérios de seleção desses agregados.

Dessa forma, o presente estudo possui grande relevância, possibilitando o desenvolvimento de novas pesquisas na área de reaproveitamento de resíduos de concreto para matéria-prima como um importante componente da construção civil, que é a pavimentação, capaz de influenciar na evolução sustentável da construção civil.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)

Os RCD são gerados em construções, reformas, reparos, assim como resultantes de escavações de terrenos, sejam provenientes de empresas de pequeno a grande porte ou por geradores informais (SILVA; FUCALE; FERREIRA, 2019). No entanto as atividades humanas têm contribuído com o aumento da geração de resíduos sólidos, seja individual ou coletivamente, devido ao modelo de consumo praticado.

No Brasil, a reutilização e a reciclagem de materiais apresentam-se como eficientes alternativas para minimizar os impactos da geração e do acúmulo de RCD ao impulsionar a sua valorização econômica pela indústria da construção civil. É de fundamental importância que a construção civil brasileira passe, como um todo, por revisão para que a lógica do desperdício dos materiais de construção ao longo das obras seja diminuída (BESSA; MELLO; LOURENÇO, 2019).

No entanto, observa-se que vem crescendo o número de empresas, entre outros segmentos do setor, que passaram a incorporar soluções com vistas à sustentabilidade, através do monitoramento do consumo de recursos e de novas tecnologias para reciclagem e reutilização dos diversos tipos de resíduos gerados.

Os resíduos de demolição e construção assim como lodo de estações de tratamento de água, concreto, tijolos, produtos de cerâmicas e sedimentos marinhos, estão tornando integrados por produtos sustentáveis com diferentes funcionalidades.

Portanto vale destacar que a aplicação de resíduos de concreto na fabricação de blocos de concreto intertravados é considerado viável para pavimentação, considerando que os parâmetros sejam utilizados devidamente. Além disso, tem-se benefícios econômicos e ambientais para reciclagem de resíduos de demolição e construção.

2.2. BLOCOS INTERTRAVADOS

Os blocos de concreto para pavimentação constituem-se uma solução eficaz para uso em ruas, calçadas, praças, etc. São compostos de material cimentício, pois possuem características compostas de versatilidade, qualidades estéticas, facilidade de estocagem, homogeneidade além de fácil execução que fazem com que sejam largamente difundidos no Brasil (SILVA et al., 2019).

Os blocos intertravados são aplicados no Brasil, nas áreas de pavimentação, utilizando-se uma metodologia eficiente na construção, em que a produção desses blocos aumenta a cada ano, decorrente principalmente da sua facilidade de execução, manutenção e resistência mecânica (SILVA et al., 2020).

Logo, o desenvolvimento e à crescente utilização de pavimentos intertravados, juntamente com a utilização de resíduos pela indústria da construção civil está se tornando cada vez mais importante, pois facilitam o consumo de matérias-primas naturais, visando a explorar outros meios para substituir agregados naturais de forma sustentável.

Há variações nas propriedades da fabricação de blocos intertravados que causam alterações na qualidade, na qual é influenciada através dos equipamentos, dosagens e materiais. Ressaltam ainda que o conhecimento nos materiais utilizados, tem-se uma vantagem favorável na produção desses blocos.

Dessa forma, o aumento na ampliação de ruas pavimentadas, necessita de uma boa qualidade em seus componentes, para futuramente apresentarem durabilidade a partir desses pavimentos, e influência na resistência a compressão, que está diretamente ligada no controle técnico.

2.3. USO DE CONCRETOS RECICLADOS EM BLOCOS INTERTRAVADOS

Entre as possíveis fontes de obtenção para os agregados reciclados encontra-se o setor da construção civil. Segundo Leal (2018), o beneficiamento do resíduo pode ocorrer já na fabricação do concreto, quando os agregados contidos na mistura que retorna ainda fresca à central são separados da pasta de cimento por meio da lavagem e do atrito dentro de um tambor, além disso, essas adições são geralmente utilizadas para melhorar a trabalhabilidade, acelerar ou controlar o desenvolvimento da resistência, entre outras propriedades.

Os agregados reciclados do concreto residual, são agregados adquiridos por fragmentos de materiais minerais derivado da demolição de estruturas de concreto. Para concreto com resíduos, a resistência à compressão dependerá dos agregados naturais usados para produzir concreto convencional.

Nesse sentido, aponta-se o setor da construção civil como possuidor de um alto potencial para incorporação dos resíduos gerados em função da necessidade de materiais, da variedade de insumos utilizados, bem como da redução dos custos de produção promovidos.

Sendo uma das principais vantagens do uso de agregados reciclados para produção de concreto em blocos intertravados com o menor custo de matéria-prima, a reciclagem viabiliza a economia de recursos minerais. Destaca-se também que a produção de resíduos acarreta custos e leva uma imagem negativa ao cliente.

A reciclagem de RCD mostra-se largamente vantajosa, visto que reduz a utilização de meios naturais, controle da quantidade de resíduos descartados inadequadamente, garantir a redução de novos materiais e da locomoção desses resíduos até seu último destino.

Vale ressaltar que agregados reciclados mostra-se acessível com a produção de concretos e outras finalidades, com características de durabilidade e mecânicas, apresentando grandes resultados.

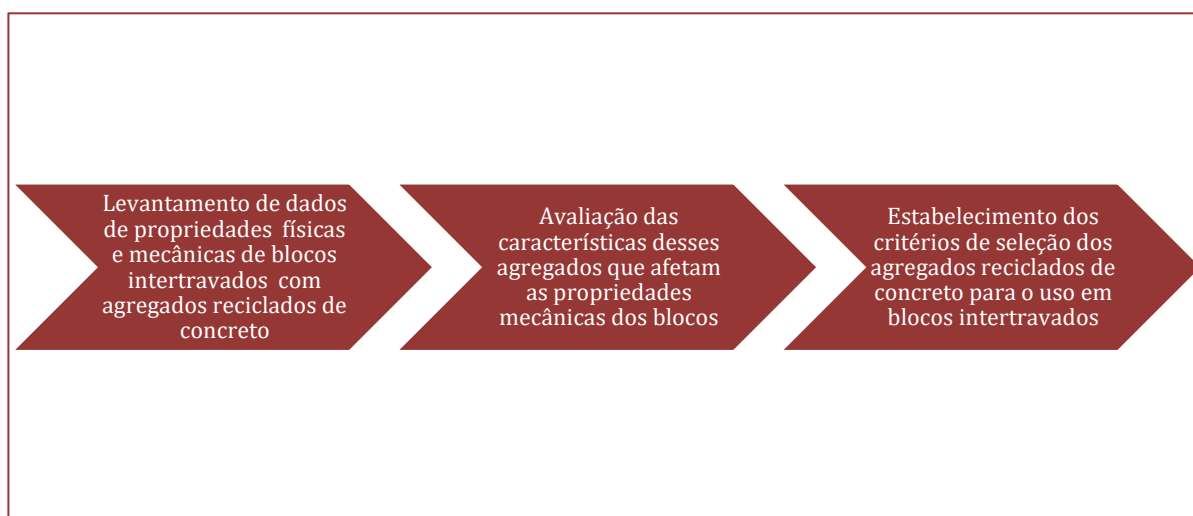
Para Novas (2020), a reciclagem para a construção civil é uma oportunidade de transformação de despesa em renda, ou seja, redução de despesas para a empresa geradora dos resíduos. Para o autor as empresas de reciclagem contribuem para a redução do volume de extração de matérias-primas, preservando recursos naturais limitados, assim como projetando novos negócios na área.

Nesse contexto, o conhecimento das propriedades do agregado de RCC são imprescindíveis, mas é a partir dessa compreensão que se pode proporcionar o emprego adequado e confiável dos agregados reciclados

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa tratou-se de uma revisão sistemática, de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e descritiva. Para alcançar o objetivo geral analisar os fatores que influenciam no desempenho mecânico de blocos intertravados, por meio de revisão bibliográfica sistemática, foram necessárias as seguintes etapas representadas na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2022)

3.1. LEVANTAMENTO DE DADOS DE PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE BLOCOS INTERTRAVADOS COM AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO

O levantamento dessas propriedades ocorreu por meio de pesquisa de revisão bibliográfica sistemática, com os termos de busca “agregado reciclado de concreto”; “blocos intertravados” e “resistência a compressão”, nas bases de dados Scielo e, Pubmed nos anos de 2016 à 2021, com critérios de inclusão que se adequassem ao título e objetivo proposto do estudo, identificando as características dos agregados reciclados de concretos utilizados. Os critérios de exclusão foram artigos de textos incompletos, dissertações, resumos.

3.2. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DESSES AGREGADOS QUE AFETAM AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS BLOCOS

Através dessa avaliação, foi possível, verificar as características dos agregados reciclados de concretos que afetam as propriedades mecânicas dos blocos intertravados de concreto, por meio de análise de dados secundários, ou seja, dados provenientes de outros trabalhos realizados, publicados, analisando os fatores que influenciam na seleção desses agregados.

3.3. ESTABELECIMENTO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO PARA O USO EM BLOCOS INTERTRAVADOS

Os critérios de seleção dos agregados reciclados de concretos para o uso em blocos intertravados, foi estabelecido por meio de análise de estudos publicados, descrevendo os efeitos na resistência a compressão de blocos intertravados com agregados reciclados de concretos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

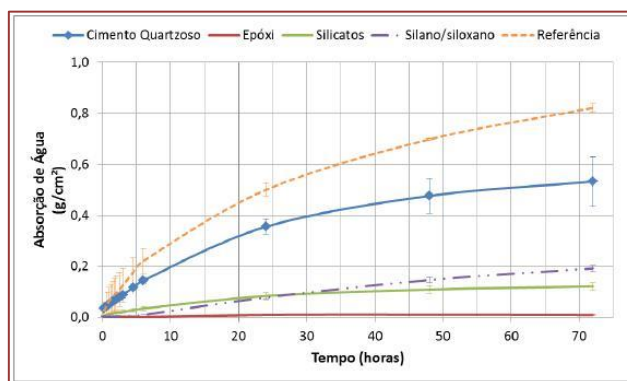
4.1. LEVANTAMENTO DE DADOS DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE BLOCOS INTERTRAVADOS COM AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO

O resíduo de cerâmica vermelha apresenta um potencial de aplicação em produtos da indústria da construção civil. As principais aplicações são como potenciais adições pozolânicas, substituindo parcialmente os constituintes naturais na composição de um compósito cimentício, como concretos, argamassas e pastas (CASAGRANDE et al., 2020).

A partir disso, observou-se no estudo de Gamal et al. (2017) o desenvolvimento do uso de concretos com adição de RCV com a intenção de potencializar as propriedades do compósitos em ambientes de incêndios, com séries de até 20% de RCV foram executados e submetidos a até 800 °C. Verificou-se que os compósitos com até 10% de RCV apresentaram resistências residuais maiores que as amostras referências.

O agregado reciclado apresenta alta absorção de água, substituições acima de 50% dos agregados naturais em concretos, são as mais críticas. Na **Figura 1** é mostrada uma relação linear entre as porcentagens de substituição de ARM e a absorção de água na preparação do concreto, sendo que quanto maior o nível de substituição maior a absorção de água (HERMANN, 2016).

Figura 1. Porcentagem de substituição x absorção de água

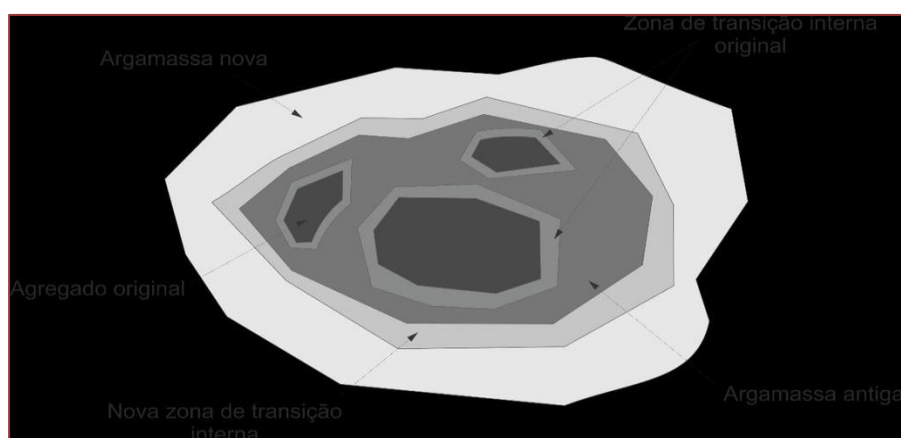


Fonte: Medeiros (2015).

O aumento da absorção de água sugere que a durabilidade do concreto será negativamente afetada. As substituições entre 45% e 50% de agregados naturais por agregados reciclados apresentam aumento do desgaste de 2 a 4 mm em relação à amostra com nenhum tipo de substituição.

O agregado reciclado, proveniente dos resíduos de construção e demolição, possui a chamada antiga zona de transição interfacial (ITZ), apresentado na **Figura 2**, devido à presença da argamassa ou pasta de cimento aderida ao seu redor (SUDA, 2021). A presença de poros na argamassa aderente, rachaduras e fissuras contínuas são desenvolvidas no interior do agregado em consequência do processo de esmagamento.

Figura 2. Zona de transição interfacial (ITZ).



Fonte: SUDA (2021).

O ITZ apresentado, dificultam o grande uso do AR no concreto, pois afeta o desempenho do concreto em termos de resistência e durabilidade. Assim, algumas propriedades importantes, como distribuição de tamanho de partícula, forma e tamanho do agregado, porosidade, absorção, dureza, resistência e nível de impureza, devem ser necessariamente avaliadas antes de sua utilização no concreto.

4.2. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS AGREGADOS QUE AFETAM AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS BLOCOS

Os agregados reciclados de blocos, por serem gerados unicamente de resíduos de blocos de concreto, apresentam uma menor diversidade na composição mineralógica e ausência de contaminantes como gesso, madeira, vidros, papelão, resíduos de cerâmica, comparados aos obtidos a partir de resíduos de construção e de demolição, o que favorece a obtenção de agregados reciclados com características mais uniformes (GOMES et al., 2017).

Na caracterização dos agregados reciclados, vários processos podem ser utilizados juntamente com a análise granulométrica, química, mineralogia, termogravimétrica, separação de densidade, determinação da massa específica aparente e absorção de água, agregados e líquidos densos. Dentre essas características, a massa específica e a absorção de água são mais afetadas pela resistência do concreto.

A porosidade elevada resulta que o agregado absorva uma parte da água da mistura e como resultado pode existir perda de consistência. Nesse mesmo contexto, como o agregado reciclado absorve a água da mistura, ele também pode perder água para a mesma, caso esteja saturado (NASSULHA et al., 2019).

Por outro lado, uma condição que deve ser considerada é a resistência à abrasão, na qual esses agregados derivados de RCD, demonstram menor resistência à abrasão quanto ao concreto convencional, pois os agregados comuns possuem uma excelente resistência à abrasão do que os agregados reciclados.

As características importantes relacionadas ao agregado que influenciam as propriedades do concreto, são decorrentes da microestrutura das condições prévias de exposição e fatores relacionados ao processo de fabricação do agregado. A **Tabela 1** apresenta uma relação entre as propriedades do concreto e algumas dessas características.

Tabela 1: Propriedade do concreto influenciadas pelas características do agregado.

Propriedades funcionais	Massa específica aparente;
Propriedades básicas	Resistência mecânica, resistência à deformação, resistência química, resistência ao transporte de energia;
Propriedades secundárias	Distribuição granulométrica, textura superficial, materiais pulverulentos, matéria orgânica, material argiloso e sais nocivos.

Fonte: Autoria Própria (2022).

A Tabela 1 demonstrou, as propriedades de concreto que diferem as características do agregado.

Nesse contexto, o agregado miúdo atua como um material inerte e tem como função a redução da proporção de aglomerante, permitindo a redução de custo, devido ao maior rendimento da mistura. Além disso, possui potencial de diminuir os efeitos de retração causados pelo excesso de cimento (BRAVIM; GROBÉRIO, 2021)

À medida que o teor de agregados reciclados aumenta, a resistência do concreto pretende diminuir, explicando que, como os agregados reciclados são obtidos a partir de concretos de resistência inferior, isso faz com que haja uma redução da resistência produzida com esses agregados.

4.3. ESTABELECIMENTO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO PARA O USO DE BLOCOS INTERTRAVADOS

O critérios de seleção são estabelecidos primeiramente por meio da observação do desempenho mecânico do concreto com agregados reciclados, em utiliza-se um traço simples para testar a resistência e ao mesmo tempo compará-lo com um concreto de agregados naturais, para assim ter um maior controle sobre os resultados presentes (CHAVES et al., 2020).

É necessário ter cuidado na produção de concreto com agregado proveniente da reciclagem e do novo concreto produzido, tais como, seleção do resíduo, classificação, separação de contaminantes, supervisão de qualidade, e métodos corretos de aplicação.

Depois de separar o material reutilizável do entulho, é fundamental realizar uma etapa de britagem, gerando assim materiais com diferentes frações granulométricas, facilitando a reintrodução de alguns materiais no mercado, por meio de usinas de reciclagem, ajudando a reduzir o impacto ambiental.

De acordo com Figueiredo et al. (2020), ao fragmentar o RC no britador, uma zona de ruptura é formada e está diretamente correlacionada à granulometria do agregado natural presente no resíduo. Essa desagregação depende da resistência do resíduo à fragmentação, que, por consequência, influencia na eficiência energética do processo, de modo que o consumo de energia na ruptura dos resíduos de concreto é maior quando comparado aos resíduos mistos ou de alvenaria.

Para Nassulha et al. (2019), os fatores utilizados para minimizar os efeitos negativos do concreto com agregado reciclado, são descritos em: pré-molhagem ao iniciar a mistura ou aumento da quantidade de água no traço, progressão do consumo de cimento, uso de adições como o fíler, evolução do uso de superplastificantes, e por fim utilizar agregados graúdos menos porosos, ou seja, mais densos e com menor absorção de água.

Os materiais após a sua classificação, são sujeitos a realizar um estudo de dosagem do concreto, para determinar a adequação do traço para moldagem dos blocos. No estudo, é testado inúmeras proporções entre cimento, agregados e água, até atingir a proporção correta da mistura durante adequação dos blocos até o uso final.

A separação dos materiais apropriados e a dosagem são passos importantes na fabricação de concreto para blocos intertravados, para que atenda as especificações de resistência e durabilidade na estrutura.

5. CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral do estudo foi analisar os fatores que influenciam no desempenho mecânico de blocos intertravados de concreto com agregado reciclado de concreto, por meio de pesquisa de revisão bibliográfica sistemática, identificando os critérios de seleção desses agregados. Foi possível evidenciar que os principais fatores envolvidos no desempenho mecânico dos blocos estão o agregado reciclado, onde apresenta alta absorção de água, agregado miúdo atuando como um material inerte, estabelecendo

como função a redução da proporção de aglomerante, além dos resíduos de cerâmica vermelha que apresentam um potencial de aplicação em produtos da indústria da construção civil.

A partir dos objetivos específicos apresentados, o primeiro objetivo teve como abordagem o levantamento de dados das propriedades físicas e mecânicas de blocos intertravados com agregados reciclados de concreto, em que foram encontradas resíduos de cerâmica vermelha, concretos com adição de RCV e a zona de transição interfacial (ITZ), devido à presença da argamassa ou pasta de cimento aderida ao seu redor.

O segundo objetivo teve como finalidade a avaliação das características dos agregados que afetam as propriedades mecânicas dos blocos, no entanto, foi observado que a absorção da água e a massa específica são as propriedades que mais influenciam na resistência do concreto, pois a porosidade elevada dos agregados, faz com que absorva parte da água da mistura.

O terceiro objetivo trouxe o estabelecimento dos critérios de seleção dos agregados reciclados de concreto usando blocos intertravados, onde foram avaliados a escolha de procedimentos corretos para aplicação, sendo a seleção de resíduos, classificação e divisão dos contaminantes, controle de qualidade e escolha de procedimentos corretos para aplicação e a análise de exposição.

Dessa forma, conclui-se que o estudo é considerado de extrema importância, possibilitando que se construa conhecimentos no meio acadêmico e no ambiente profissional futuramente, podendo ser aplicado em locais adequados, levando sempre a qualidade, tendo em vista promover uma destinação apropriada aos resíduos, tornando-o sustentável e econômico.

Nesse contexto, necessita-se de novos estudos direcionados para essa área, a fim de que ocorra uma possível destinação sustentável aos resíduos de concreto, no intuito de minimizar os impactos ambientais e visuais, além de possibilitar uma destinação adequada.

REFERÊNCIAS

- [1] ARAÚJO D.L et al. Influência de agregados reciclados de resíduos de construção nas propriedades mecânicas do concreto. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v.11, n.1, p.16-34, 2016. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/35467/pdf>. Acesso em: 06 jun.2022
- [2] BESSA S.A.L.B, MELLO T.A.G, LOURENÇO K.K. Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos de construção e demolição gerados em Belo Horizonte/MG. Revista Brasileira de Gestão Urbana, n.11, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/YKd78sYKlW9yYFFkL4Qw3mD/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 01 jun. 2022
- [3] CASAGRANDE C.A et al. Avaliação das propriedades físicas de blocos intertravados de concreto com substituição do agregado miúdo por resíduo de cerâmica vermelha e lodo têxtil gerado no agreste pernambucano. Revista Técnico-Científica, n.24, 2020. Disponível em: <https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/723>. Acesso em: 02 jun. 2022
- [4] CASTRO L.C et al. Concreto a partir de agregado graúdo reciclado: uma avaliação na produção de blocos intertravados em Fortaleza/CE. Revista Aidis, v.14, n.3, 2021. Disponível em: <http://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/75860/71470>. Acesso em: 01 jun. 2022. Acesso em: 01 jun. 2022
- [5] CHAVES T.A et al. Desempenho de concretos com agregados reciclados da construção civil. Construindo, v.11, n.2, 2019. Disponível em:

<http://revista.fumec.br/index.php/construindo/article/view/6421>. Acesso em: 07 jun.2022

[6] FIGUEIREDO P.O et al. Influência dos métodos de britagem nas propriedades do agregado reciclado de concreto. *Ambiente Construído*, v.20, n.2, 2020.

[7] GIRARDI R et al. Avaliação de desempenho de peças de concreto para pavimentação com agregado reciclado de concreto. *Revista Técnico Científica- Engenharia Civil*, v.5, n.2, 2021. Disponível em: <http://periodicos.unesc.net/engcivil/article/view/6389/5712>. Acesso em: 01 jun. 2022

[8] GOMES P.C.C et al. Obtenção de blocos de concreto com utilização de resíduos reciclados da própria fabricação dos blocos. *Ambiente Construído*, v.17, n.3, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/bgsQLWYSppFmHzYVstfGsL/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 07 jun.2022

[9] HERMANN A. Empacotamento de agregados reciclados para concretos vibrocompactados. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1846/1/CT_PPGECC_M_Hermann%2c%20Aline_2016.pdf. Acesso em: 01 jun. 2022

[10] LIMA J.J et al. Avaliação de bloco intertravado de concreto utilizando plástico como agregado miúdo. *Revista multidisciplinar*, v.22, n.1, 2020. Disponível em: http://revistas.icesp.br/index.php/FINOM_Humanidade_Tecnologia/article/view/1090/796. Acesso em: 01 jun. 2022

[11] LUCHETI I.C.P, MENDES C.J. Pavimento intertravado utilizando resíduos da construção civil: estudo das propriedades mecânicas. *Revista Funec Científica –Multidisciplinar*, Santa Fé do Sul (SP), v.7, n.9, jan./dez., 2018. Disponível em: <https://seer.unifunec.edu.br/index.php/rfc/article/view/2817/2981>. Acesso em: 11 jun. 2022

[12] MAIA P.S et al. Resistência à compressão de concretos com agregados reciclados provenientes de construção e demolição: revisão de literatura. *Revista de Engenharia de Interesse Social*, v.6, n.7, 2021. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/reis/article/view/5292>. Acesso em: 07 jun.2022

[13] NASSULHA P.O et al. Análise da resistência à compressão do concreto autoadensável com agregados reciclados. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v.11, n.4, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/13367/209209212842>. Acesso em: 07 jun.2022

[14] NOVAS C.A.V. Caracterização de concretos de reduzido impacto ambiental produzidos com a substituição parcial dos agregados naturais por agregados reciclados de artefatos de concreto. Universidade Federal do Mato Grosso, Barra das Garças, 2020. Disponível em: <https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/1850/1/Caike%20Almeida%20Vilas%20Novas%20TCC.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2022

[15] SANTOS F.S et al. Avaliação de concreto sustentável contendo teores de resíduos de agregados reciclados. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.7, 2020.

[16] SCHVAICKARDT C.M, MATTOS J.R.G. Proposta de traço para blocos de concreto de pavimento intertravado. *Tecnológica*, v. 22, n. 2, p. 157-166, 2018. Disponível em: [11797-Texto%20do%20Artigo-51275-1-10-20180727.pdf](https://www.scielo.br/j/rmat/a/QwpDbhv85vXZxm9gNMJb3fM/?lang=pt&format=html). Acesso em: 01 jun. 2022

[17] SILVA A.C, FUCALE S, FERREIRA S.R.M. Efeito da adição de resíduos da construção e demolição (RCD) nas propriedades hidromecânicas de um solo areno-argiloso. *Matéria*, v.24, n.2, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/QwpDbhv85vXZxm9gNMJb3fM/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 31 mai. 2022

[18] SILVA F.L et al. Caracterização quantitativa eletrônica de blocos intertravados com rejeito de minério de ferro. *XXVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa*, 2019. Disponível em: <http://www.entmme2019.entmme.org/trabalhos/075.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2022

[19] SILVA G.T.M et al. Resíduos de construção e demolição em tecnologia de concreto: uma revisão. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.7, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/13210/11107>. Acesso em: 31 mai. 2022

Capítulo 9

Análise dos benefícios ecológicos da utilização de materiais sustentáveis na construção civil.

Gilberto Fabre de Jesus Souza

Resumo: A construção civil é um dos principais setores industriais do país, ocupa uma importante posição na economia e gera emprego e renda de diferentes formas. Entretanto, muito se tem questionado sobre os impactos ambientais causados por suas ações, como poluição do ar, aumento do efeito estufa, consumo de matérias-primas não renováveis e a geração de resíduos. Uma forma de minimizar esses problemas é utilizar materiais alternativos e sustentáveis. Com isso, esse trabalho teve como objetivo analisar os benefícios ecológicos oriundos da utilização de materiais sustentáveis na construção civil. Para alcançar esse propósito, procedeu-se a uma seleção dos métodos construtivos sustentáveis, seguido da classificação e avaliação dos benefícios ecológicos de tais práticas. A pesquisa ressaltou a importância da implementação de atividades ecológicas e o uso de materiais sustentáveis nesse setor industrial, uma vez que, podem reduzir os despejos de resíduos sólidos em lugares impróprios, assim como, diminuir a emissão de CO₂ na atmosfera e do efeito estufa, minimizar o consumo de matéria-prima não renovável e moderar o consumo de água, em contrapartida, a não utilização desses métodos poderá ocasionar danos permanentes ao meio ambiente.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Métodos sustentáveis. Benefícios ecológicos.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil ocupa uma importante posição na economia do país, principalmente por gerar emprego e renda de diferentes formas. Entretanto, há uma preocupação quanto as questões ambientais, visto que, a evolução desse setor deve caminhar em consonância com o desenvolvimento sustentável. Dentre os principais problemas ambientais enfrentados, encontram-se a poluição do ar, aumento do efeito estufa, consumo de matérias-primas não renováveis e a geração de resíduos (LEAL, 2021).

O Crescimento urbano e o agravamento dos problemas ambientais nas cidades estão condicionando a busca por edificações mais sustentáveis. Durante o processo construtivo são usados diferentes tipos de materiais, com características físicas e químicas distintas, como por exemplo, concreto, tintas, colas, vidro, plástico, resinas e entre outros (LEAL, 2021) (KOZLOSKI; VAGHETTI; SILVA, 2019).

A utilização de materiais alternativos tem potencial para solucionar problemas ambientais oriundos desse setor, como o destino final dos resíduos industriais (GOLUB; SILVA, 2017).

O objetivo geral desse artigo é definir os benefícios ecológicos do uso de técnicas sustentáveis na construção civil através de pesquisa de revisão bibliográfica sistemática.

O uso dos métodos construtivos sustentáveis podem auxiliar na manutenção do equilíbrio ambiental do planeta, desse modo, a utilização de materiais alternativos dentro das construções podem reduzir os despejos de resíduos sólidos em lugares impróprios, assim como, diminuir a emissão de CO₂ na atmosfera e moderar o consumo de água por esse setor, em contrapartida, a não utilização desses métodos poderá ocasionar danos ao meio ambiente. Neste artigo ainda serão abordados conceitos sobre construções sustentáveis, técnicas construtivas sustentáveis, e os benefícios ecológicos de construções sustentáveis.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

2.1. BENEFÍCIOS AO MEIO AMBIENTE COM A UTILIZAÇÃO DE MATÉRIAS SUSTENTÁVEIS.

A geração de resíduos pela indústria da construção civil é uma realidade, seja durante o processo de construção, durante a manutenção, demolição ou escavação de terrenos. Nesse cenário, muito se tem debatido sobre a importância de prevenção da poluição e proteção ao meio ambiente. A adoção de materiais sustentáveis por esse setor amenizaria a agressão à natureza. Dentre os materiais alternativos pode-se citar a utilização do solo cimento, tijolo ecológico, bambu, reaproveitamento de resíduos de outras construções e garrafas pet (LEAL, 2021).

Utilizar materiais alternativos na construção civil é de suma importância para a sustentabilidade ao meio ambiente, segundo Roque & Pierri, (2021), incentivar os profissionais da indústria, a utilizarem os métodos construtivos, seria promover o uso inteligente dos recursos naturais, e proporcionar a sustentabilidade na construção civil.

Portanto para a construção civil, a sustentabilidade precisa estar sempre inserida em seus projetos, visando a melhoria para o meio ambiente e priorizando a qualidade de vida da sociedade.

Segundo Pilz & Maceno (2020) identificar os impactos ambientais, e buscar formas para diminuir os mesmo, está em primeiro caso para as organizações, tal prática se aplica também ao ramo da construção civil. Tendo em vista a poluição ambiental ocasionada pela urbanização e processos construtivos, a implementação de materiais sustentáveis nesse setor é primordial para minimizar os impactos causados na natureza, seja no desmatamento, consumo exacerbado de água, na emissão de CO₂ ou descarte irregular de resíduos.

Levando em consideração que a utilização de materiais alternativos é uma boa saída para amenizar os impactos causados ao meio ambiente, alguns materiais inovadores ganham destaque para serem implementados nas construções, como o bambu e os biomateriais à base de micélio de fungo. No entanto é preciso incentivar as construtoras a adaptar-se aos métodos sustentáveis (CAMARGO; PEREIRA, 2021).

2.2. IMPACTOS AMBIENTAIS.

O setor da construção civil é responsável por causar impactos ambientais ligados principalmente a poluição, consumo de recursos naturais, energia e geração de resíduos. Estima-se que a indústria seja responsável pelo consumo de 14% a 50% de toda matéria-prima extraída na natureza, além disso, de 16% dos recursos hídricos e de 40% de toda fonte de energia. Outro fator importante a ser citado é que responsável pela emissão de 10% dos gases do efeito estufa, e pela geração de 40% a 70% dos resíduos sólidos (MEDEIROS; DURANTE; CALLEJAS, 2018).

Para De Jesus (2021). A avaliação de impacto ambiental é um método que busca identificar, se antecipar e por fim avalia as atividades que podem causar impactos agressivos ao meio ambiente.

A construção civil causa grandes impactos negativos, proporcionado danos ao meio ambiente (CANPANA, 2022). Principalmente pelo descarte irregular de resíduos, onde o volume de resíduos descartados chega a números exorbitantes, diretrizes e normas que regulam esse descarte são importantes para minimizar essas consequências, no entanto com o crescimento desenfreado da construção civil, o descarte irregular e o não aproveitamento desses resíduos continuam sendo alvo de preocupações, (MAESTRELLO, 2022).

O descarte de resíduos sólidos de forma irregular é considerado crime ambiental. A prática de descarte desses resíduos em lixões a céu aberto passou a ser proibida em 2014, entretanto, a legislação em vigor ainda é descumprida em muitos casos, o que pode trazer problemas para o meio ambiente e consequentemente para a população (ALMEIDA; SILVA, 2018).

Segundo Almeida & Silva (2018) os lixões trazem impactos gravíssimos ao meio ambiente, poluindo rios, solos e o ar. Portanto essas práticas irregulares como descarte irregular de resíduos, poluição do ar, desmatamento, consumo excessivo da água, são formas de produzirem mais impacto ao meio ambiente, promovendo a degradação de toda a natureza.

2.3. ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

As alternativas sustentáveis são formas corretas de construir sem degradar o meio ambiente, e sempre promovendo a sustentabilidade para que as gerações futuras possam se espelhar e dar continuidade a esses projetos sustentáveis, uma dessas alternativas e o reaproveitamento de resíduos gerados por outras construtoras que proporcionaria um grande benefício ao meio ambiente, que seria a redução desses resíduos minimizando o descarte irregular (CARDOSO; REZENDE; PACCOLA, 2019)

A implementação de asfalto e concreto em áreas de vegetação ocasionam ilhas de calor e contribuem significativamente para a elevação da temperatura do planeta. Uma alternativa sustentável para solucionar o problema é a utilização de telhados verdes, que pode diminuir a poluição ambiental e atmosférica proporcionando um ecossistema mais limpo e saudável à sociedade (SOUZA, *et al*, 2021).

A reciclagem de resíduos gerados pela indústria da construção civil é uma possível solução para reduzir os impactos causados pelo seu descarte. Dos caminhos que esses detritos podem seguir, podemos citar a reutilização na produção de materiais que serão usados em outras construções e conseqüente redução o custo das novas obras, além da diminuição da necessidade de matéria-prima (FILHO; FRASSON; CONTI, 2019).

Dentre as alternativas sustentáveis, alguns materiais vem ganhando destaque, como por exemplo o bambu, que pode ser usado como elemento estrutural, é uma matéria prima renovável que não necessita de replantio, é livre de corrosão e ferrugem, possui baixo custo, flexibilidade, leveza e considerável resistência a tração e compressão (CAMARGO; PEREIRA, 2021).

O tijolo ecológico é uma das alternativas que pode ser usado como material alternativo para substituir os tijolos convencionais. São caracterizados como sustentáveis por não serem queimados e, conseqüentemente evitar cortes de grande número de árvores, emissão de gases poluentes na atmosfera e diminuição do descarte de materiais nas obras (FIAIS, SOUZA, 2017)

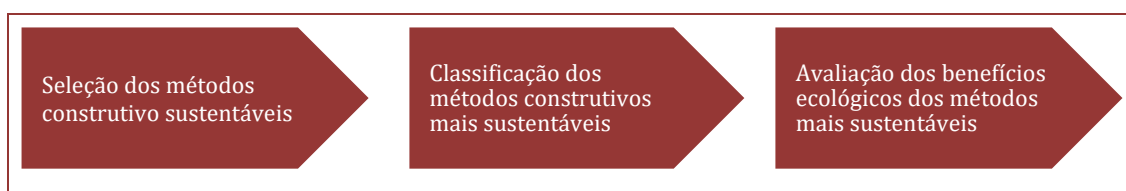
Atualmente, técnicas construtivas baseadas em terra tem recebido atenção no Brasil, principalmente por conta da busca por um desenvolvimento ambientalmente sustentável. A utilização da terra nas construção é vantajosa por se tratar de um material natural, com boas propriedades hidrotérmicas, de resistência ao fogo, acústica, atóxico, abundante e reciclável no fim da vida. Além disso, o processamento gera menos poluente e requer menos energia, o que a torna um excelente material alternativo e sustentável (CALDAS; MARTINS; FILHO, 2021).

Portanto os materiais alternativos como o bambu, tijolo ecológico o cimento ecológico, telhados verdes, taipa de pilão, containers, solo cimento, painéis de poliestireno e outros, vão beneficia o meio ambiente, e de positividade trazer bem estar para a sociedade.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O presente estudo está fundamentado em uma revisão bibliográfica sistemática descritiva sobre materiais alternativos utilizados na construção civil que visam diminuir os impactos ambientais, e proporcionar o desenvolvimento de novas práticas sustentáveis, para alcançar o objetivo geral que é definir os benefícios ecológicos do uso de técnicas sustentáveis na construção civil por meio de pesquisa de revisão bibliográfica sistemática, foram necessárias as seguintes etapas representadas na figura 1.

Figura 1. Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2022)

A princípio foi realizada uma seleção dos métodos construtivos sustentáveis, assim como das características necessárias para serem assim classificados, através de pesquisa de revisão bibliográfica sistemática. Foram selecionados estudos publicados na língua portuguesa nos anos de 2017 a 2022. A base de dados usada para seleção dos artigos foi o Google acadêmico, foram incluídos trabalhos que abordavam métodos construtivos sustentáveis como o solo cimento, blocos feitos com entulho, telhados verdes, painéis de poliestireno, bambu, garrafa pet e outros, estudos que não obedeciam a esses parâmetros, foram excluídos além de TCC's e artigos duplicados.

A classificação dos métodos construtivos sustentáveis foi estabelecida de acordo com suas características ecológicas, para selecionar tais critérios foi feito um estudo para verificar primeiramente os materiais que proporcionam essa sustentabilidade ao meio ambiente, como solo cimento, blocos feitos com entulho, telhados verdes, painéis de poliestireno, bambu, garrafa pet vidro. Uma vez conhecido os materiais, avaliou-se os critérios de sustentabilidade oriundos dos métodos que aplicam tais materiais, que são redução de resíduos, redução de CO₂, redução do desmatamento, eficiência energética, redução na poluição sonora e do ar, redução das ilhas de calor, redução de erosões, entre outras.

A pesquisa bibliográfica e levantamento de dados secundário foram realizados a fim de avaliar os benefícios ecológicos trazidos pela utilização de materiais sustentáveis, e além disso, observar a redução dos impactos ambientais e seu custo benefício.

Os benefícios avaliados com bons critérios de sustentabilidade, utilizando materiais alternativos na construção civil, foram redução de resíduos, redução de CO₂, redução do desmatamento, eficiência energética, redução na poluição sonora e do ar, redução das ilhas de calor, redução de erosões, entre outras, dessa forma reduzindo os impactos ambientais.

4. RESULTADOS E DISCURSÕES.

4.1. SELEÇÃO DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS SUSTENTÁVEIS.

A princípio foi realizada uma seleção dos métodos construtivos sustentáveis, através de pesquisa de revisão bibliográfica sistemática, na data 02/06/2022, com os termos que foram, “métodos construtivos” e “sustentáveis”, foram encontrados 148 artigos, quando aplicado, o corte temporal de 2017 a 2022, os artigos diminuíram para 94, após o filtro foram encontrados 90 artigos, foram excluídos 80 artigos, que eram: TCC’s, teses, artigos duplicados e trabalhos que não atendia aos critérios da pesquisa. Foram incluído 10 artigos, conforme tabela I, onde os mesmos atendiam aos critérios de pesquisa, após a leitura desses artigos, se teve uma melhor compreensão para o embasamento do referido artigo.

Tabela I. Análise de artigos incluídos e excluídos

ARTIGOS INCLUÍDOS
DE LIMA, L. C. <i>et. al.</i> (2018). ECOGRID-painel de estrutura armada de EPS-tecnologias sustentável em sistemas construtivos convencionais.
TORRES, G. P. <i>et. al.</i> (2020) métodos construtivos sustentáveis: reutilização de containers na construção civil.
PERES, B. T. (2018). Sustentabilidade na construção civil métodos e materiais sustentáveis utilizados no município de Caxias do Sul-RS.
NEGREIROS, R. L. <i>et.al.</i> (2018). Comparativos sustentável e econômico entre a utilização do tijolo solo-cimento e o tijolo cerâmico de vedação em habitação de interesse social na cidade de Teófilo Otoni - MG.
DA SILVA, P. L. (2018) Uso da taipa de pilão na arquitetura contemporânea como Bioconstrução.
SILVA, M. C. (2017) Concepção e projetos de métodos construtivos sustentáveis: aplicação de telhado verde e aproveitamento de água pluvial em um ambiente escolar.c
BELTRAND, G. E. S. (2019) Perspectivas sobre práticas sustentáveis na construção civil em Maceió - AL: Atuação profissional.
NUNES, M. F. M. (2021) A sustentabilidade nos habitats do futuro: desenvolvimento de conceito para uma nova forma de trabalhar na construção civil.
DE CONTO, V. (2017) A sustentabilidade socioambiental de um empreendimento de habitação de interesse social através da aplicação do selo casa azul caixa
DA SILVA, R. L. (2020) influência da substituição de agregado miúdo natural por resíduos de bloco cerâmico e areia de fundição nas propriedades físico mecânicas de argamassas.
ARTIGOS EXCLUÍDOS
LUCIANO, M. B. (2019) análise da viabilidade construtiva e econômica: comparação entre a aplicação de bloco de solo cimento e bloco cerâmico estrutural em habitações populares.
DE FREITA, K. R. G. (2021) Estudo sobre a aplicação do tijolo ecológico na cidade de Manhumirim e região.
SOUZA, M. P. (2021) A viabilidade do método construtivo Insulated Concrete Forms na cidade de Pato Branco-PR.
NASCIMENTO (2020) Aplicação dos indicadores de sustentabilidade em um canteiro de obras; um levantamento dos ganhos ao fazer uso dos métodos sustentáveis em um canteiro de obras.
REIS. (2019) análise comparativa da parede dupla de concreto pré-fabricada e alvenaria convencional.
NASCIMENTO. (2019) galeria ladrilho de técnicas bioconstrutivas no instituto cultural Inhotim.
SILVA. (2020) telhado verde em habitação unifamiliar: diretrizes para escolas dos sistemas construtivos x impermeabilização.
Bortoluzzi. (2017) Principais desafios para a implantação de métodos sustentáveis na construção civil no Brasil e a importância do planejamento para a sua manutenção.
MATEHUS. (2018) Viabilidade de construção de casa container em Maringá-PR

ARTIGOS EXCLUÍDOS
BESEN. (2017) Tecnologias inovadoras e sustentabilidade na construção civil: um estudo de caso em Santa Catarina, SC.
CASTRO. (2018) Planejamento operacional nos canteiros de obra: estudo de caso no Município de Goiânia.
GOBBI. (2019) Qualidade do ar e ventilação natural no ambiente hospitalar - o exemplo do edifício no rio de janeiro
SANTANA. (2019) maquete física de bioarquitetura: conscientização projetual e uso de novos materiais.
ELIBIO. (2019) análise comparativa entre sistemas construtivos: alvenaria estrutural e paredes de EPS.
CRIPPA. (2018) Viabilidade do método operacional e econômico-financeiro de empresa de construção em WOOD FRAME.
CORREA (2020) estudo comparativo entre sistemas monolíticos em painéis EPS e sistema construtivo convencional para residências unifamiliares.
FERREIRA. (2018) avaliação de percepção de acadêmicos de engenharia civil e arquitetura e urbanismo frente aos sistemas construtivo light steel.
RAB SÁ. (2018) o telhado verde no clima semiárido: um estudo de viabilidade para construções em Pau dos Ferros/RN
PARDINHO. (2021) Analise das técnicas construtivas e de operação de aterros em atendimento as normas brasileiras.
SCHAUTZ. (2019) diagnósticos da situação de resíduos da construção civil em um canteiro de obra.
PEREIRA, G. S. (2019) Bioconstrução como alternativa construtiva.
COSTA. (2017) Avaliação multicritério dos sistemas construtivos para construção de casas pré-fabricadas.
LUDWING. (2019) Estudo de caso: casa de bambu na Ecovila mãe terra.
NOGUEIRA. (2022) Aspectos construtivos e de dimensionamento de uma habitação unifamiliar em painéis monolíticos de poliestireno (EPS).
PETROLI. (2020) Armadilhas para resíduos em boca de lobo.
RODRIGUÊS. (2019) estudo experimental das cinzas do bagaço da cana-de-açúcar com cavaco de eucalipto na fabricação do tijolo de solo cimento.
GOTTERT FILHO. (2017) Adequação sustentável de um protótipo residencial unifamiliar através dos projetos hidrossanitário e pluvial.
STAPASSOLI. (2018) Implantação de um posto de combustível ecoeficiente: sustentabilidade x certificação.
SANTOS. (2018) paisagismo funcional: intervenção na estação ecológica do parque linear em Uberlândia/MG.
MENEGAZ. (2020) estudo sobre gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil.
FIRMO I. D. C. (2021) Estudo de caso do uso de práticas sustentáveis em obra de edificação residencial de múltiplos pavimentos com foco na redução e controle de desperdício.
FERREIRA, R. L. (2018) certificação AQUA-HQE: impactos no planejamento, execução de projeto e vendas em estudo de caso de edificação multifamiliar, em Curitiba.
SOARES. (2018) Analise de gerenciamento de resíduos gerados pela construção civil no município de Anápolis-Goiás em obra de multifamiliar e unifamiliar.
OLIVEIRA. (2021) Estrutura de contenção em blocos segmentais como elementos de paisagismo em centros urbanos.

Fonte: Aatoria própria (2022)

4.2. CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS MAIS SUSTENTÁVEIS.

A classificação dos métodos construtivos sustentáveis foi feita por análise dos critérios de sustentabilidade, foram encontrados vários métodos construtivos sustentáveis como solo cimento, telhados verdes, containers para reutilização, taipa de pilão, blocos feito com entulho de outras obras, os critérios de sustentabilidade

estabelecido com a utilização desses métodos foram: redução de CO₂, redução do consumo de água, redução de resíduos e descarte irregular, redução na exploração de recursos naturais não renováveis, redução no desmatamento, redução no consumo de energia e outras.

Tabela II. Tabela de Sistema Construtivo

Autor	Título	Sistema construtivo	Critério de sustentabilidade
DE LIMA, L.C. <i>et al.</i> (2018)	ECOGRID – Pannel de estrutura armada de EPS- tecnologias sustentáveis em sistemas construtivos convencionais.	ECOGRID: Tipo modular de painéis em poliestireno expandido.	Utilizar o EPS (poliestireno expandido) para evitar o uso dos materiais não “renováveis”, redução de produção de resíduos.
TORRES, G. P. <i>et al.</i> (2020)	Métodos construtivos sustentáveis: Reutilização de containers na construção civil.	Reutilização de uso de containers.	Não gerar resíduos, diminuir os impactos ambientais e a exploração de recursos naturais.
PERES, B.T.; BRAGA, R. A.; KREWE, E. J. (2018).	Sustentabilidade na construção civil métodos e materiais sustentáveis utilizado no município de Caxias do sul-RS.	blocos feitos de entulhos, madeiras de outras construções, tijolos de terra, telhado verde, garrafas pet, lã, vidro.	Redução da energia que agride o meio ambiente, reaproveitamento de resíduos, diminuição do desmatamento e outras.
NEGREIROS, R.L. <i>et al.</i> (2018)	Comparativos sustentável e econômico entre a utilização do tijolo solo-cimento e o tijolo cerâmico de vedação em habitação de interesse social na cidade de Teófilo Otoni- MG.	Solo cimento aplicação na construção civil.	Conservação dos recursos naturais, gera poucos resíduos, não emitir CO ₂ , redução de resíduos sólidos da construção civil, redução no desmatamento e reduzir o consumo de energia.
DA SILVA, P.L. (2018)	Uso da taipa de pilão na arquitetura contemporânea como bioconstrução.	Uso da taipa de pilão como sistema Bioconstrutivo.	Baixo consumo de energia e reciclável.
SILVA, M. C. (2017)	Concepção e projetos de métodos construtivos sustentáveis: aplicação de telhado verde aproveitamento de água pluvial em um ambiente escolar.	Uso de telhados verdes.	Eficiência energética, reutilização da água pluviais, redução de CO ₂ , redução na poluição do ar e sonora.
BELTRAND, G. E. S. (2019)	Perspectivas sobre práticas sustentáveis na construção civil em Maceió-AL: Atuação profissional.	reaproveitamento de resíduos, uso de materiais recicláveis,	Diminui-se o uso da água, eficiência energética,
DA SILVA, R. L. (2020)	Influência da substituição de agregado miúdo natural por resíduos de bloco cerâmico e areia de fundição nas propriedades físico mecânicas de argamassas	Reutilização, de resíduos de blocos cerâmicos e de areia de fundição.	Redução de descarte irregular de resíduos, redução de CO ₂ .

Fonte: Autoria própria (2022)

4.3. AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS ECOLÓGICOS DOS MÉTODOS MAIS SUSTENTÁVEIS.

Nessa etapa a avaliação dos benefícios ecológicos foi feita por meio de análise dos impactos minimizados, analisando o custo benefício destes métodos, os resultados alcançados foram que os métodos construtivos mais sustentáveis são eficazes para o meio ambiente e para a sociedade e o seu custo benefício é um pouco mais elevado, nos próximos parágrafos serão mencionados alguns métodos construtivos sustentáveis e os impactos que os mesmos minimizam.

O solo cimento quando usado na construção civil, minimiza impactos como a extração da matéria prima do cimento normal dos recursos naturais e emissões de poluentes atmosféricos.

Painéis em poliestireno, reduzem a produção de resíduos sólidos, minimizando assim impactos ao meio ambiente como: descarte de resíduos sólidos, alagamentos, erosões.

Taipa de pilão minimiza impactos como alto consumo de energia e é reciclável, não consumindo recursos naturais.

Telhados verdes são viáveis para a redução de gases poluentes, tem ótima eficiência energética por deixar o ambiente mais fresco, retenção da poluição do ar, maior retenção da água das chuvas e minimiza as ilhas de calor.

Logo, são inúmeros benefícios que os materiais sustentáveis proporcionam ao meio ambiente, garantido uma ótima sustentabilidade a natureza e sociedade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Os benefícios ecológicos do uso de técnicas sustentáveis na construção civil foram eficientemente selecionados por meio de revisão bibliográfica sistemática, assim como a identificação das características sustentáveis dos materiais e métodos utilizados na indústria da construção civil, enfatizando a importância da implementação de técnicas ecológicas com o objetivo de minimizar os danos ao meio ambiente em consonância com seu custo benefício.

Para a conclusão deste trabalho, foram feitos estudos se embasando em autores que abordavam métodos construtivos sustentáveis, para poder avaliar se os critérios de sustentabilidade minimizam os impactos ambientais, podendo assim constatar se esses métodos construtivos sustentáveis proporcionariam custo benefício.

O objetivo da pesquisa foi alcançado, pois se conclui que, os métodos construtivos sustentáveis proporcionam benefícios ecológicos ao meio ambiente como: redução de CO₂, redução do consumo de água, redução de resíduos e descarte irregular, redução na exploração de recursos naturais não renováveis, redução no desmatamento, redução no consumo de energia e outras atividades, assim atendendo os critérios de sustentabilidade minimizando os impactos ambientais, o custo benefício com a utilização desses métodos e um pouco mais elevado trazendo resultados ao longo prazo.

O trabalho apresentado gera outros caminhos para novas pesquisas como reutilização de resíduos de demolições, reaproveitamento de madeiras geradas na construção civil e qual os benefícios com a utilização de solo cimento na construção civil. Logo, o trabalho se dispõe aberto para futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, R. S. R.; DA SILVA, V. P. R. Avaliação Multissistêmica dos impactos ambientais negativos do lixão do município de Ingá-PB. *Revista saúde e meio ambiente-RESMA, Três Lagoas* v.6, n. 1, p.89-102 01/08/2018. Acesso 07/06/2022.
- [2] FIAIS, B. B; SOUZA, D. S. Construção sustentável com tijolo ecológico. *Revista Engenharia em Ação, São Paulo*, v. 02, n. 01, p. 94-108, jan.2017.
- [3] CALDAS, L. R.; MARTINS, A. P. S.; FILHO, R. D. T. Construção com terra no Brasil: avaliação ambiental da taipa de pilão. *PARC Pesq. Em Arquit. E Constr, São Paulo*, v. 12, p. 021015, 2021.
- [4] CAMARGO, D. L. Q.; PEREIRA, K. L. Utilização de bambu como elemento sustentável na arquitetura e construção civil: uma revisão bibliográfica. *Engineering Sciences*, v.9, n.2, p.163-173, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2021.002.0014>. Acesso: 06/06/2022.
- [5] CAMPANA, A. C. M. B. et al. A importância do sistema de gestão ambiental para a obtenção de selos sustentáveis na construção civil: uma revisão narrativa. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 11, p. 3-17, 2022. Acesso: 08 jun. 2022.
- [6] CARVALHO, G. O. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma visão contemporânea. *Revista gestão & sustentabilidade ambiental, Florianópolis*, v. 8, n. 1, p. 779-792, mar. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v8e12019789-792>. Acesso em: 02 mar. 2022.
- [7] CARDOSO, A. P.; REZENDE, L. C. S. H.; PACCOLA, E. A. d. S. Os resíduos sólidos como materiais alternativos em construções sustentáveis: uma revisão bibliométrica. 2019. Acesso em 08//06/2022.
- [8] DE OLIVEIRA, M. D. L. et al. Reutilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na confecção de concreto: uma revisão narrativa. *Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS*, v. 6, n. 2, p. 113-113, 2020. Acesso: 07 jun. 2022.
- [9] DE JESUS, M. S. et al. Métodos de avaliação de impactos ambientais: uma revisão bibliográfica. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 4, p. 38039-38070, 2021. Acesso: 7 jun. 2022.
- [10] DA SILVA, J. O. Caracterização da cinza da casca de arroz visando aplicação na confecção de materiais alternativos para a construção civil. *Revistas de ciências ambientais*, v. 14 n. 1, 2020. Acesso em 07/06/2022.
- [11] FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando sobreposições e alcances de seus significados. *EBAPE.BR, Rio Grande do Sul*, v. 14, n. 3, p. 667-681, set. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1679-395157473>. Acesso em: 28 de abr. 2022.
- [12] FERNANDES, B. C. M. A utilização de resíduos na Construção civil e demolição – RCD – como agregado para concreto. *Unifor, Formiga*, 2015. Acesso 01/06/2022.
- [13] FILHO, J. A. P.; FRASSON, S. A.; CONTI, D. M. Estudo de casos múltiplos em usinas de reciclagem no manejo de resíduos da construção civil. *Desenvolvimento em Questão, São Paulo*, n. 49, p. 136-157, dez. 2019.
- [14] GOLUB, A.; SILVA, C. V.; Influência do uso de materiais alternativos em argamassa de revestimento interno: avaliação quanto ao isolamento térmico. *Perspectiva*, v. 41, n. 154, p. 111-126, jun. 2017.
- [15] KOZLOSKI, C. L.; VAGHETTI, M. A. O.; SILVA, B. N. Emissões de CO2 na casa popular eficiente e o emprego de materiais alternativos. *Paraná*, maio. 2019.
- [16] LEAL, A. P. Resíduos da Construção civil: Uma revisão sobre as possibilidades de aplicação. *Rev. Ibero-Americanas de humanidade, Ciências e Educação, São Paulo*, v.7, n.6, junho/2021. Acesso: 06/06/2022.
- [17] MAESTRELLO, C. C. Reaproveitamento de resíduos de madeira da construção civil para geração de energia-revisão., v. 13, n. 2, 2021. Acesso: 08 jun. 2022.
- [18] MEDEIROS, L. M.; DURANTE, L. C.; CALLEJAS, I. J. A. Contribuição para a avaliação de ciclo de vida na quantificação de impactos ambientais de sistemas construtivos. *Ambiente construído, Porto Alegre*, v. 18, n. 2, p. 365-385, jun. 2018.
- [19] MOURA, C. R. Aplicações é tratamento da fibra de bambu e similares: Uma revisão. *The Journal of Engineering and Exact Sciences, Viçosa/MG, BR*, v. 5, n. 5, p. 0460-0468, 2019.

DOI:10.18540/jcecvl5iss5pp0460-0468.Disponível em:<https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/8626>. Acesso em: 8 jun. 2022.

[20] PILZ, T. L.; MACENO, M. M. C. avaliação do ciclo de vida e construção civil: uma revisão da literatura a acercada avaliação de residências unifamiliares. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, v. 6, n. 1, p. 0049-0055, 2020. Acesso: 0 CARDOSO, A. P.; REZENDE, L. C. S. H.; PACCOLA, E. A. d. S. Os resíduos sólidos como materiais alternativos em construções sustentáveis: uma revisão bibliométrica. 2019. Acesso em 08/06/20227/06/2022.

[21] PINHEIRO OLIVEIRA, I.; APOLONIO CALLEJAS, I. J.; DURANTE, L. C. Blocos de concretos fabricados com incorporação de resíduos sólidos: Uma revisão sistemática. *ES Engineering and Science*, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 36-57, 2020. DOI: 10.18607/ES2020911288. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/11288>. Acesso em: 9 jun.2022.

[22] SOUSA, I.V.D; et al. Os benefícios do telhado verde e a sua utilização pela construção civil. *Revista de Engenharia e Tecnologia*.v. 13, n. 2, jun. 2021.

[23] ROQUE, R. A. L.; PIERRI, A C. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil. *Research, society and development*, v. 8, n. 2, p. e3482703-e3482703, 2019. Acesso: 06/06/2022.

Capítulo 10

Construções sustentáveis: Reaproveitamento de águas pluviais em projetos residenciais

Guilherme Beraldo Amed Silva¹

Resumo: Atualmente a indústria da construção civil está passando por mudanças dramáticas em termos de sustentabilidade, que incluem segurança e saúde do trabalhador, cuidado com os vizinhos e vizinhos, menor ação predatória sobre o meio ambiente, controle da poluição do trabalho e gestão de resíduos. Nos países mais desenvolvidos, os projetos de edifícios sustentáveis tornaram-se uma realidade e é visto por construtores e consumidores como um investimento que pode reduzir custos operacionais no longo prazo. Nesse sentido, o Brasil passa por um momento de conscientização sobre a sustentabilidade da construção entre profissionais de arquitetura, engenharia, investidores e proprietários. Logo, a água pode ser um dos recursos nos quais essas construções possam auxiliar na otimização do seu uso. A água para o consumo está se tornando cada vez mais restrita, havendo uma crescente preocupação com o seu uso não planejado que pode acarretar na escassez. O aproveitamento da água da chuva, por se tratar de uma das soluções simples e baratas pode auxiliar na conservação da água tratada, trazendo ainda como benefício à redução do escoamento superficial e minimização dos problemas com enchentes. Com isso, faz-se importante pesquisar e adotar formas que amenizem esse problema. Uma delas é a captação de água de chuvas, seu aproveitamento e seu reuso. Logo, esta pesquisa teve como objetivo geral avaliar a viabilidade do aproveitamento de águas pluviais em regiões com elevado índice pluviométrico, por meio de revisão sistemática da literatura. Assim, foi necessário estar levantando os critérios de caracterização áreas com potencial para aproveitamento de águas pluviais, identificando as técnicas de aproveitamento de água mais indicadas para áreas de maior potencial e avaliando as medidas necessárias para implantação do sistema. Com isso, esperou-se identificar as áreas mais promissoras, avaliar as medidas necessárias para implantação e a viabilidade técnica do aproveitamento de águas pluviais na cidade de Manaus. Dessa forma, foi possível demonstrar formas de implantação de reaproveitamento de águas pluviais com captação e armazenamento para uso específico no cotidiano (lavar de pátios, regar plantas, lavar carros, etc) de uma residência, consegue-se reduzir o consumo de água proveniente da concessionária de água da região.

Palavras-chave: Água da chuva; Reuso; Drenagem urbana.

¹ Graduando de Engenharia Civil pela Universidade Metropolitana de Manaus -FAMETRO

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a indústria da construção civil está passando por mudanças dramáticas em termos de sustentabilidade, que incluem segurança e saúde do trabalhador, cuidado com os vizinhos e vizinhos, menor ação predatória sobre o meio ambiente, controle da poluição do trabalho e gestão de resíduos. Nos países mais desenvolvidos, os projetos de edifícios sustentáveis tornaram-se uma realidade e é visto por construtores e consumidores como um investimento que pode reduzir custos operacionais no longo prazo. Nesse sentido, o Brasil passa por um momento de conscientização sobre a sustentabilidade da construção entre profissionais de arquitetura, engenharia, investidores e proprietários. Logo, a água pode ser um dos recursos nos quais essas construções possam auxiliar na otimização do seu uso.

Nas últimas décadas, o crescimento populacional associado aos padrões de consumo impostos pela oferta de novos produtos resultou em um aumento excessivo do consumo de água, tendo como consequência a escassez de água potável devido à evolução tecnológica e às condições climáticas de falta de chuva e altas temperaturas. O consumo excessivo mostra a urgência de encontrar alternativas para reduzir gastos e criar novos métodos para seu uso repetido. Entre essas alternativas, o aproveitamento da água da chuva, por ser uma das soluções mais fáceis e baratas para economizar água potável, também traz reduções no escoamento superficial, minimizando alagamentos e enxurradas.

Nesse sentido, o surgimento de sistemas de reuso de águas cinzas, captação e uso de águas pluviais como forma de conservação da água e como alternativa para enfrentar a escassez de recursos para fins de beber e não beber tornaram-se uma alternativa para reduzir sua escassez. De acordo com a US EPA (2004), o conceito de “substituição de fonte” representa a possibilidade de reutilização de águas residuais para substituir a água potável.

Esse conceito surge como alternativa para atender necessidades menos nobres, liberando água de melhor qualidade para usos mais adequados, como o abastecimento doméstico. De acordo com a US EPA (2004), em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas desenvolveu uma política para a gestão de áreas com escassez de água, apoiando a ideia: “Água de boa qualidade não deve ser usada a menos que haja uma grande quantidade de água disponível para usos de tolerância de água de baixa qualidade”.

Logo, afim de desenvolver a pesquisa o objetivo geral deste artigo é avaliar a viabilidade do aproveitamento de águas pluviais em regiões com elevado índice pluviométrico, por meio de revisão sistemática da literatura, trazendo os principais aspectos técnicos a respeito do reuso e captação de água da chuva em regiões brasileiras e em especial na cidade de Manaus- Am.

Espera-se, portanto, diminuir dúvidas acadêmicas e/ou empresariais quanto a eficiência, aplicabilidades, vantagens e desvantagens do reuso de água em regiões de alto índice pluviométrico, e acima de tudo trazer grandes benefícios, visando o cenário atual econômico, político e sustentável para seus leitores.

Ademais, nesse artigo serão abordadas as temáticas de construções sustentáveis com ênfase no aproveitamento de águas pluviais, abordando ainda o aproveitamento de águas pluviais em áreas com elevado índice pluviométrico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

A engenharia civil precisa encontrar maneiras de não causar danos ao meio ambiente, ou se o fizer, o mínimo possível. Com relação aos danos ambientais, é possível encontrar alternativas que possam melhorar as edificações para torná-las mais sustentáveis. Couto *et al.* (2006) eles apontam que o uso de materiais reciclados pode ser uma das alternativas mais sustentáveis para a construção. O uso de materiais reciclados encorajará a indústria e o governo a pesquisar novas tecnologias para reciclagem e construir uma rede de apoio mais ampla para reciclagem e futura 'reutilização' (COUTO et al., 2006).

O uso de materiais sustentáveis mostra uma maior responsabilidade com o meio ambiente e é interessante ampliar esse tipo de construção. Em relação aos materiais sustentáveis, Wieczynski (2015) destacou os eco-tijolos, as eco-placas, a captação de água da chuva, e destacou a importância ecológica desses materiais: Quanto ao tijolo, ele é ecológico porque, diferentemente do tijolo tradicional, não precisa estar em uma fornalha, de modo que não há necessidade de lenha, e dez árvores são cortadas para fazer mil tijolos.

Portanto, sem lenha, sem fumaça, sem emissões gases de efeito estufa; as placas ecológicas são feitas de materiais 100% reciclados pós-consumo com baixa absorção Umidade (< 4%), resistência a agentes químicos, isolamento termoacústico e captação de águas pluviais reduzem sinergicamente o valor das contas de água, que podem ser utilizadas como reserva em períodos de seca ou escassez de água e reduza a demanda de água para usos não potáveis na propriedade, como rega de jardins, lavagem de carros e descargas de vasos sanitários, limpeza doméstica e educação ambiental para quem entra em contato com o sistema (Queiroz, 2016).

A engenharia civil tem relações ambientais e sociais, pois também contribui para a geração de empregos e contribui para o ciclo econômico de um país. Portanto, é necessária maior atenção para obter uma arquitetura sustentável. sobre a economia, o emprego e Impacto ambiental, Pinheiro (2003) mostra:

A indústria da construção cria e implementa infraestrutura em resposta às necessidades sociais e econômicas (estradas, barragens, linhas ferroviárias), áreas urbanas (edifícios e parques), (representado na Europa em 1999 - OCDE, 2003 - 9,7% do PIB e 7,5% do emprego) e apoiar o processo de desenvolvimento. Em muitos casos, suas atividades tipológicas também causam mudanças significativas no meio ambiente, incluindo impactos ambientais muito significativos. Em muitos casos, esses impactos, ou pelo menos alguns deles, são de natureza negativa e afetam decisivamente o ambiente atual e futuro.

Os impactos ambientais são extremamente importantes na construção civil, pois seu impacto pode afetar desenvolvimento sustentável. Além de conhecer o espaço onde será realizada a construção, é preciso escolher escolha os materiais que serão usados com cuidado, pois eles podem ter impactos ambientais catastróficos. Entender a importância dos materiais de construção no contexto da construção sustentável (TORGAL; JALALI, 2010). Também é importante envolver o trabalho de diferentes

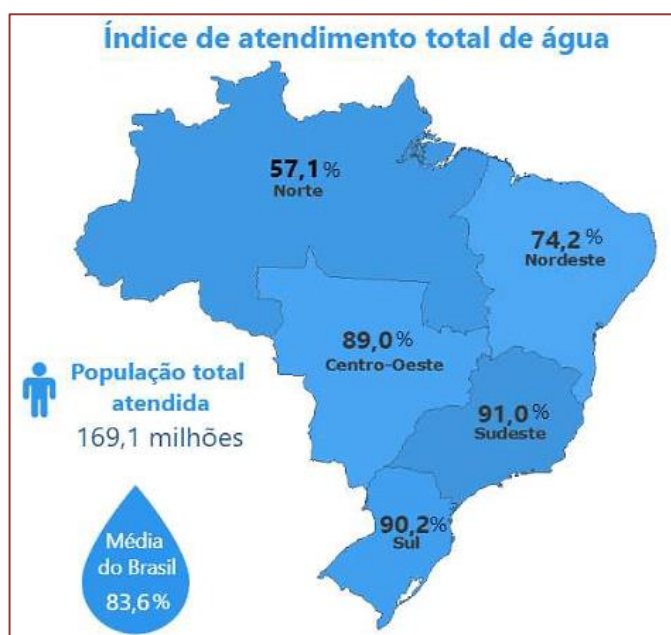
profissionais: engenheiros, arquitetos, ambientalistas, engenheiros florestais. Ou seja, a participação de profissionais da área ambiental contribui muito para o aproveitamento dos recursos naturais.

2.2. REALIDADE HÍDRICA NACIONAL

No Brasil, a pessoa média consome 155 litros de água potável por dia, mas o acesso à água potável é limitado a 83,6% da população total (SNIS, 2019). A distribuição de serviços desta mercadoria é mostrada na Figura 1.

Como pode ser observado na Figura 1, a distribuição percentual das regiões é ruim, sendo a região Norte a maior região com menor proporção da população atendida por água, o que é uma inconsistência por possuir as maiores reservas hídricas do país.

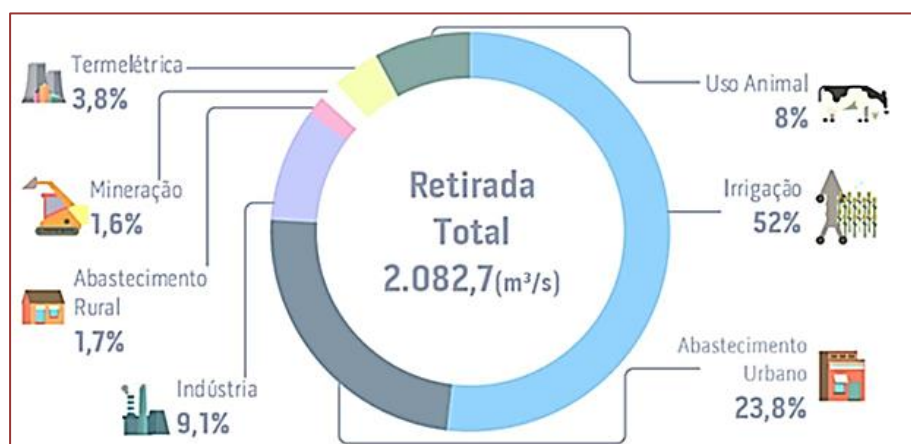
Figura 1 - Distribuição dos serviços de água no Brasil por região



Fonte: SNIS, 2019.

Os diversos usos da água a tornam um bem essencial para o desenvolvimento das atividades humanas, seja para consumo doméstico, comercial, público ou industrial (HELLES, 2010). Estes são mostrados na Figura 2.

Figura 2 - As necessidades hídricas do Brasil



Fonte: SNIS, 2019.

Analisando a Figura 2, verifica-se que é utilizada principalmente para irrigação e abastecimento urbano de água, o que significa 75,8% das necessidades de abastecimento de água do país. Esses dados refletem a cultura dominante no Brasil há a necessidade de usar tecnologia de reaproveitamento.

2.2.1. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Recentemente, a escassez global de água potável tornou-se um tópico de extensa discussão. De acordo com a Administração Nacional de Água e Saneamento (ANA), durante o século 20, o consumo de água aumentou seis vezes, o dobro da taxa de crescimento da população mundial. Um total de 26 países tem escassez crônica de água e, em 2025, espera-se que 3,5 bilhões de pessoas em 52 países estejam nessa condição (MACHADO; PEREIRA, 2021).

Diante dos problemas de abastecimento de água que a humanidade enfrenta hoje, a captação de água da chuva tem recebido atenção renovada como fonte alternativa de água (WERNECK; BASTOS, 2006). Trata-se de um sistema que inclui a captação e armazenamento de águas pluviais para fins não potáveis. A captura pode ser feita através do telhado ou do solo.

O sistema de captação de água da chuva do telhado é o mais simples e consiste basicamente no telhado, calhas e cisternas. A cobertura é a área de captação da água da chuva, e as calhas e fios levam a água da chuva até os reservatórios responsáveis pelo armazenamento, que podem ser no solo ou enterrados no solo (NAKADA, 2012).

2.2.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO BRASIL

A utilização de água de chuva em edificações no Brasil é relativamente novo e vem sendo bem recebido e amplamente praticado pela sociedade nos últimos anos, o que indica uma tendência de aumento de ocorrências em consonância com as tendências internacionais (WERNECK; BASTOS, 2006). As cisternas são comuns no Brasil como método de captação de água da chuva, principalmente em regiões semiáridas. O programa “Um Milhão de Cisternas Rurais” no Semiárido do Brasil (ASA) está sendo

implementado no país para fornecer cisternas para famílias de baixa renda per capita coletarem água da chuva de seus telhados (NAKADA, 2012).

O projeto atingiu seu objetivo em 2014, e os resultados logo seriam observados, com pessoas bebendo água de melhor qualidade do que antes, famílias parando de se deslocar devido à seca e o número de pessoas morrendo de fome foi bastante reduzido. Várias leis municipais e estaduais foram promulgadas em todo o país para coletar água da chuva para uso. A Prefeitura de Curitiba promulgou em 2003 a Lei 10.785, que dispõe sobre os programas de conservação e uso racional da água em obras, que visa estabelecer medidas para promover a conservação, o uso racional e fontes alternativas de captação de água. Água em novos edifícios (MACHADO; PEREIRA, 2021).

Em 2008, o Distrito Federal introduziu a Lei nº 4.181 criando um programa de aproveitamento de águas pluviais cujo objetivo é a captação, armazenamento e aproveitamento da água pluvial em edificações urbanas. Instalar sistema de captação de águas pluviais sem o uso de água tratada, leis de natureza semelhante também foram promulgadas em outros lugares, como a Lei Municipal 6.511/2009 do Município de Guarulhos. Um bom exemplo é o código de obras de Aparecida de Goiânia, contido na Lei Complementar nº 171, que enfatiza que os equipamentos e instalações que envolvam sistemas de captação de águas pluviais devem atender às normas técnicas sobre o assunto (MACHADO; PEREIRA, 2021).

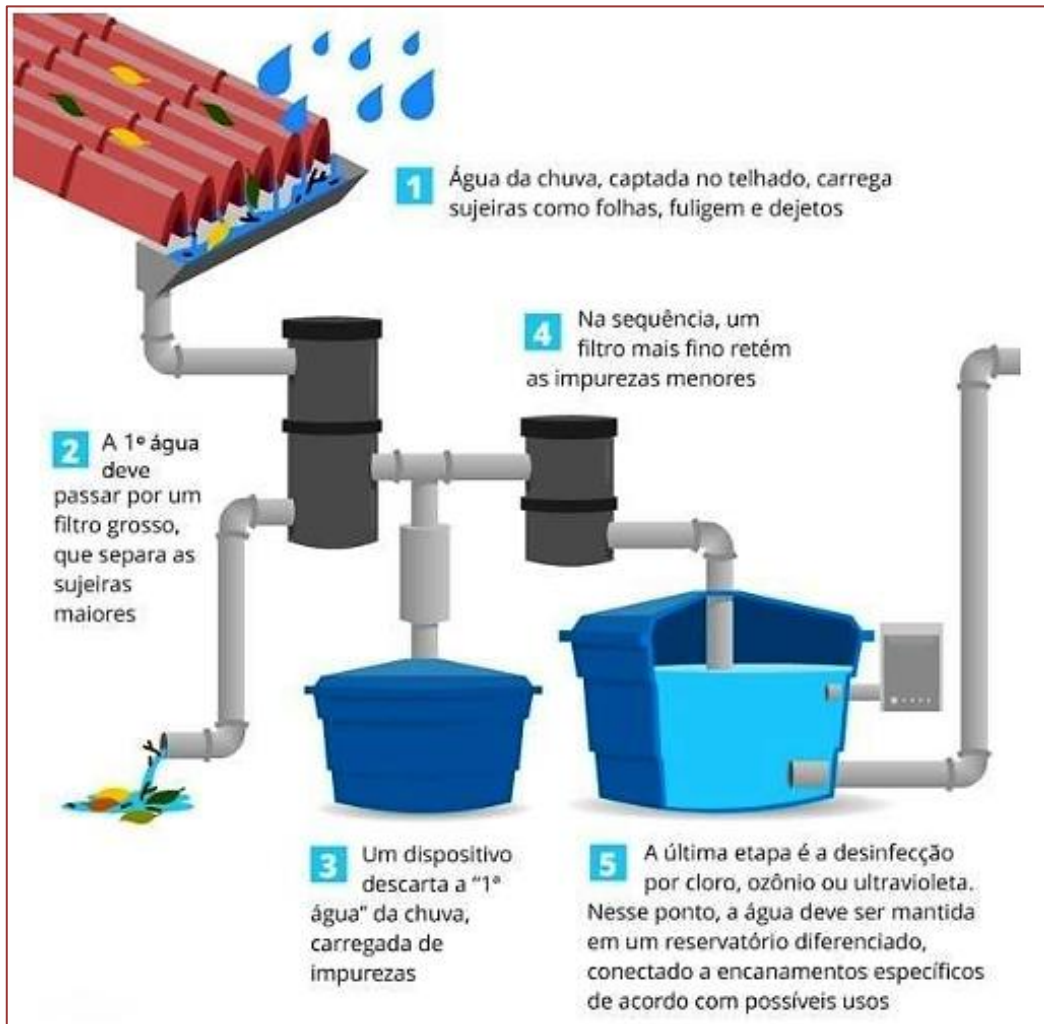
2.3. REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS

À medida que a poluição aumenta e a disponibilidade de recursos naturais diminui, o reuso da água torna-se um fator de equilíbrio entre as necessidades dos usuários e a disponibilidade hídrica, aumentando a disponibilidade de água de baixa qualidade para fins não potáveis (CUNHA et al., ano 2011). As decisões sobre os processos de processamento em fase líquida e sólida devem ser baseadas em um equilíbrio de seleção entre critérios técnicos e econômicos, levando em consideração as vantagens qualitativas e quantitativas de cada possibilidade. Em geral, os fatores decisivos são: eficiência, confiabilidade, aspectos de disposição de resíduos e requisitos de área (SPERLING, 1996).

Nesse contexto, a reutilização pode ser indireta, quando é devolvida ao meio ambiente de forma diluída para reutilização a jusante, seja de forma natural ou por intervenção humana; e direta, quando planejada e direcionada que será reutilizada para algum propósito (Mancuso, Santos, 2003). O reuso indireto é possível e amplamente utilizado em processos de processamento de membranas (LEFEBVRE, 2018). Dessa forma, o mundo inteiro está falando sobre esse assunto. A água da indústria do couro, por exemplo, pode ser reutilizada por meio de tecnologias de remoção de poluentes como o cromo (AQUIM et al., 2019). No entanto, apesar do uso de água em hortas em comunidades carentes da África (RADINGOANA et al., 2019), o reuso de água para irrigação agrícola pode apresentar riscos à saúde e segurança pública (MUKHERJEE; JENSEN, 2020).

Existem várias formas de reaproveitar a água, seja da chuva ou do lixo. Esse uso para fins residenciais pode reduzir significativamente o consumo de água doce, reduzindo assim o custo de tais commodities (MONTROYA et al., 2015). A Figura 3 mostra um esquema simples de captação, tratamento e armazenamento de água da chuva que pode ser implementado em uma residência, projetado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Figura 3 - Sistemas de captação, tratamento e armazenamento de água da chuva



Fonte: IPT (2015)

O procedimento mostrado na Figura 3 pode ser melhorado aplicando processos de membrana, por exemplo, na etapa de filtração, para melhorar a gestão e a qualidade das águas pluviais (DU et al., 2019). Quando se trata de reuso de efluentes, deve-se atentar para as águas pluviais, pois podem conter mais matéria orgânica, sólidos e patógenos, necessitando de tratamento físico, químico e biológico para que se tenham resultados efetivos do ponto de vista da saúde (LEONG et al. 2017). A Figura 4 ilustra uma opção integrada de tratamento de águas pluviais e cinzas em uma casa.

Figura 4 - Sistemas integrados de captação, tratamento e reaproveitamento de águas cinzas e pluviais



Fonte: adaptado de LEONG et al., 2017.

No Brasil, o reuso de água cinza tornou-se uma prática para empresas como a Petrobras, que reciclou um total de 84 milhões de metros cúbicos em 2018, o equivalente a 31,5% do total de água doce que a empresa utilizou para resfriar a Refinaria Torre Gabriel em Passos (REGAP), por exemplo (PETROBRÁS, 2020). No setor público, cidades como Praia Grande, no estado de São Paulo, utilizam água de reuso para limpeza urbana, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Limpeza urbana com água de reuso.



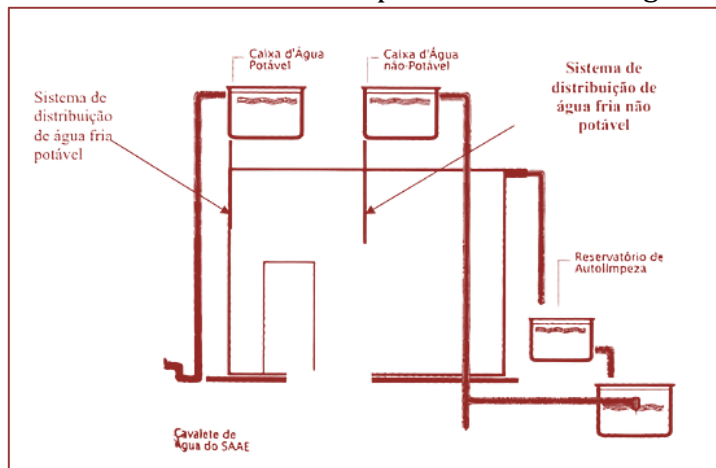
Fonte: Prefeitura de Praia Grande/SP, 2018.

A prática do reaproveitamento é uma realidade não só no Brasil, mas em todo o mundo. Entretanto, só é permitida após o avanço da tecnologia e das leis a longo prazo.

2.3.1. PRINCIPAIS SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS

Conforme mencionado no tópico anterior, a água é um recurso natural finito e formas de uso estão sendo implementadas para tentar reduzir o desperdício. “É importante ressaltar que o modelo de captação de águas pluviais aqui considerado é para bacias hidrográficas de cobertura em áreas residenciais, comerciais e industriais” (TOMAZ, 2010, p. 18). Tomaz (2010) exemplificou o uso da água da chuva para fins não potáveis em uma residência com água encanada, conforme mostra a Figura 6 e Figura 7.

FIGURA 6 – Sistema de aproveitamento de água



Fonte: Tomaz (2010, p. 18)

Rezende Mota (2006, p. 26), fala um pouco sobre esse método:

“Os métodos de tratamento desta água incluem a colocação de um sistema de filtragem simples na entrada do reservatório onshore para reter a maior parte da sujeira da banheira, e um sistema de desinfecção e preservação que usa 'organoclorado' para garantir a desinfecção. E proteção, mantendo a água cofre reutilizado em banheiros.”

FIGURA 7 – Sistema de reuso da água do chuveiro.



Fonte: Urbano (2006).

2.3.2. NORMAS REGULAMENTADORAS

Para garantir o bom funcionamento do sistema de reaproveitamento de água, devem ser seguidas as recomendações das normas regulamentadoras mencionadas na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Normas regulamentadoras para projetos de aproveitamento de águas pluviais

Normas	Descrição
ABNT NBR 15527	Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis.
ABNT NBR 5626	Instalação predial de água fria.
ABNT NBR 10844	Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento.
ABNT NBR 12217	Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

Fonte: autoria própria, 2022

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Trata-se de um estudo descritivo com abordagem qualitativa. Os métodos qualitativos são relevantes para as ciências sociais e estão relacionados ao nível de realidade não podendo ser quantificado, apenas analisado e estudado. Por outro lado, a pesquisa descritiva observa, registra e analisa fenômenos sem manipulá-los. Procura descobrir a frequência, suas propriedades, características e sua relação com outros fenômenos (CAIADO, R. *et al.*, 2016). Dessa forma, a Figura 1 apresenta o fluxograma de etapas necessárias para a realização dessa pesquisa.

Figura 1 – Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: autoria própria, 2022.

3.1. LEVANTAMENTO DOS CRITÉRIOS DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS COM POTENCIAL PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Afim de identificar as regiões com maiores percentuais pluviométricos para um possível projeto de aproveitamento de águas pluviais, serão pesquisados os seguintes termos: “aproveitamento águas pluviais” e “índice pluviométrico”. Essa busca foi realizada na plataforma denominada Google Acadêmico. Serão selecionados artigos que tenham relação com a temática dentro do período de 2012 a 2022. Os artigos excluídos serão aqueles que não apresentarem dados concretos referentes aos índices pluviométricos. Os que serão incluídos para o cumprimento desse objetivo serão aqueles

que apresentem dados referentes as características necessárias de regiões para a implantação de construções sustentáveis. Apesar da filtragem, o número de documentos encontrados foi tão alto que se optou por colocar as palavras "índice pluviométrico" e "utilização de água da chuva" entre aspas, reduzindo bastante o número de obras a serem analisadas. Para tanto, essa etapa fornecerá um breve panorama do índice pluviométrico das regiões brasileiras dando ênfase na cidade de Manaus-Am.

3.2. IDENTIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA MAIS INDICADAS PARA ÁREAS DE MAIOR POTENCIAL PLUVIOMÉTRICO

A amostra para este estudo inclui monografias, teses, dissertações e artigos publicados nacionalmente, a língua portuguesa e a data de publicação nos últimos cinco anos, selecionados na etapa anterior. Serão identificadas as técnicas mais indicadas para as áreas de elevado índice pluviométrico. Assim, essa etapa do trabalho apresentará uma perspectiva global das técnicas de aproveitamento de águas pluviais, sob a ótica do reuso e conservação da água.

3.3. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS NECESSÁRIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA CIDADE DE MANAUS-AM

Com base nas etapas anteriores, essa etapa visa identificar se a região da cidade de Manaus possui as características necessárias para a realização e implantação de um sistema de utilização de águas pluviais, do ponto de vista comparativo as demais regiões estudadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 LEVANTAMENTO DOS CRITÉRIOS DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS COM POTENCIAL PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Obteve-se um total de 41 estudos a partir da metodologia. Dos 41 artigos, 7 foram excluídos por inconsistência no link da plataforma e 7 por não apresentarem dados compatíveis com o intuito da pesquisa. A tabela 2 apresenta a literatura encontrada dos 27 artigos utilizados para a revisão.

Tabela 2 – Resumo da literatura encontrada

Autores	Ano	Pesquisa
CAVALEIRO, A. R.	2014	Propõe o reuso de águas cinzas e águas pluviais em edifícios residenciais.
FONSECA, J. B. G	2014	Analisa a viabilidade da implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.
GUIMARÃES, J. M. P	2014	Analisa a turvação da água pluvial para fins não potáveis.
MARTELEIRA, R. G. S.	2014	Avalia a viabilidade da instalação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.
MEDEIROS, R. I. B.	2014	Avalia a possibilidade de aproveitar águas pluviais.
MESQUITA, C. P. et al.	2013	Analisa a qualidade da água de chuva em um pequeno sistema de captação.
OLIVEIRA, T. D. et al.	2015	Descreve um sistema de aproveitamento de águas pluviais.
PEDROSO, A. V. A.	2014	Analisa a qualidade da água de chuva na cidade de João Pessoa.
ROSA, T. M.	2012	Descreve um sistema de aproveitamento de águas pluviais no Presídio Central de Porto Alegre e faz o levantamento de custos do projeto
SANTANA, N. C. B.	2012	Analisa a qualidade da água de chuva na cidade de João Pessoa.
SORDI, M.	2016	Avaliação de um sistema de aproveitamento de água pluvial.
SOUZA, R. L.	2015	Apresenta uma análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatório de água pluvial recomendados pela NBR 15527.
VALÉRIO, D. J.	2013	Apresenta formas de gerenciar a água de forma sustentável.
YOSHINO, G. H.	2012	Apresenta o dimensionamento do reservatório de águas pluviais.
ANTUNES, L. N. et al	2014	Estima o potencial de economia de água potável a partir do uso de águas pluviais
GANGULY, R. et al.	2014	Dimensionamento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.
LUIS, F. R.	2014	Analisa sistemas para a utilização da água da chuva.
ESPINOSA, K. E. L. et al.	2015	Estudo da qualidade da água de chuva e dimensionamento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.
TEXEIRA, W. A. et al.	2018	Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, na fundação Padre Américo Epifânio pereira de Pitangui-MG
SOARES, M. S.; ZOTES, L. P.	2017	Aproveitamento de águas pluviais em instituição de ensino
KRUGER, P. R.	2012	Reuso de água da chuva coletada no bloco C da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão
FARIAS, R. S.; THEBALDI, M. S.; MERLO, M. N.	2021	Análise técnica e econômica do dimensionamento de reservatórios de águas pluviais para fins não potáveis em condomínio vertical e horizontal
LENCI, L. G.	2018	Potencial de captação de águas pluviais na UNESP: aproveitamento na moradia estudantil do Campus de Guaratinguetá
ZAIKA, M. G. B.	2016	Estudo de viabilidade de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma residência unifamiliar
FREITAS, S. J. N. de et al.	2017	Captação de águas pluviais: potencialidade em um residencial do sudeste do Pará
SILVA, L. F. S. da	2012	Aproveitamento de águas pluviais: ferramentas para tomadas de decisões em projetos
HORBACH, M. V. C.	2013	Análise do uso de um sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis em Dourados: estudo de caso no Hotel 10-Dourados/MS

Fonte: dados da pesquisa, 2022

Conforme apontado por Liebmann (1979), o uso e gerenciamento de águas pluviais não é uma prática nova. Tal atividade tem sido relatada há milhares de anos, mesmo antes da era cristã. No entanto, de acordo com Braga (2009), nas últimas décadas tem havido uma crescente conscientização sobre as limitações hídricas, com atenção as consequências da urbanização acelerada e a ameaça de escassez hídrica. A maioria dos trabalhos encontrados são voltados para o uso eficiente da água nas edificações, incluindo formas de reduzir a perda de água, e além de falar sobre o uso da água da chuva, esses trabalhos também discutem o reaproveitamento de águas cinzas e formas de economizar água nas construções. O trabalho de Hafner (2007) é um exemplo.

Os autores enfatizam que ações para corrigir vazamentos, instalar dispositivos de economia de água e conscientizar a comunidade devem ser tomadas antes da implantação de sistemas de captação de águas pluviais e reuso de águas residuais. Os autores também apontam as medidas personalizadas das edificações como forma de conscientizar os moradores e incentivar o uso racional. Em alguns estudos, como os de Braga (2009) e Cardoso (2010), os estudos foram realizados em locais sem sistemas de captação de águas pluviais. Em alguns outros casos, como Cavaleiro (2014), o estudo foi realizado em um local onde esses sistemas já estavam instalados. No estudo de Cavaleiro (2014), além da descrição do sistema existente, existem todas as etapas do projeto e manutenção de um sistema de captação de águas pluviais.

Os autores enfatizam que ações para corrigir vazamentos, instalar dispositivos de economia de água e conscientizar a comunidade devem ser tomadas antes da implantação de sistemas de captação de águas pluviais e reuso de águas residuais. Os autores também apontam as medidas personalizadas das edificações como forma de conscientizar os moradores e incentivar o uso racional. Em alguns estudos, como os de Braga (2009) e Cardoso (2010), os estudos foram realizados em locais sem sistemas de captação de águas pluviais. Em alguns outros estudos, como Cavaleiro (2014), foram realizados estudos onde esses sistemas já estavam instalados. No estudo de Cavaleiro (2014), todas as etapas do projeto e manutenção de um sistema de captação de águas pluviais são seguidas passo a passo, exceto a descrição do sistema existente, mas não são informados os custos de implantação.

Oliveira et al. (2015) também descreveram apenas o sistema de captação de água da chuva em seu artigo, sem apresentar o custo e a análise econômica. Pesquisas de Fonseca (2014) e Recío e Sánchez (s.d.) mostram que o uso da água da chuva pode economizar nas contas anuais de água. No entanto, não informam o custo de construção do sistema de captação de água da chuva. Trabalhos como Guimarães (2014), Mesquita et al. (2013) e Santana (2012) discutem apenas a qualidade da água da chuva. As duas últimas pesquisas foram realizadas no Brasil e avaliaram os parâmetros especificados na NBR 15527/07.

Os trabalhos de Braga (2009) e Yoshino (2012) demonstraram a inviabilidade econômica dos sistemas de captação de águas pluviais. Braga (2009) constatou que o aproveitamento da água da chuva nos apartamentos estudados não era economicamente viável em termos de reaproveitamento de águas cinzas devido ao longo período de retorno e à pequena redução nas contas mensais de água potável. Tomaz (2003) afirma que este tipo de sistema é mais viável em áreas comerciais e industriais devido ao alto valor do investimento que deve ser feito.

Cardoso (2010) mostrou que o uso da água da chuva é viável nas residências, mas não nas edificações, devido à relação entre a área de captação e o número de habitantes. Dito isso, em prédios com muitos condomínios, o percentual é pequeno, inviabilizando o investimento. Os trabalhos de Moreira Neto (2011), Murakami (2011) e Sordi (2016) também demonstram sistemas de captação de água da chuva economicamente viáveis desenvolvidos em aeroportos, centros de pesquisa ambiental e universidades, respectivamente. Rosa (2012) concluiu em sua pesquisa que o período de retorno dos sistemas de captação de água da chuva pode ser longo, porém é importante realizar pesquisas nessa área para demonstrar a preocupação com o uso racional da água.

Além de reduzir o consumo de água potável, Aheeyar e Bandara (2010) mostram que o uso da água da chuva traz benefícios como redução de inundações urbanas, o que

reduz danos à saúde, comércios, residências, etc. Os autores acrescentam que essas vantagens devem ser incluídas na análise econômica, o que pode levar a uma maior viabilidade do projeto. Marteleira (2014) utilizou uma ferramenta para analisar a viabilidade de implantação de sistemas de captação de águas pluviais em centros universitários. Os autores concluíram que o sistema é viável para o centro, pois o reservatório de incêndio existente pode ser utilizado como local para armazenar a água da chuva. Ela também destacou que a água da chuva proporciona menor consumo de energia por metro cúbico de água em relação às concessionárias e, portanto, menor emissão de gases de efeito estufa ao utilizar a água da chuva.

Os projetos de aproveitamento de águas pluviais também estão sujeitos a tarifas impostas pelas concessionárias. Jaulhac (2008) apresenta um panorama global do uso da água da chuva, mostrando que em algumas partes do mundo, onde o preço da água potável é alto, o uso da água da chuva é mais viável. A maioria dos estudos coleta água da chuva diretamente dos telhados, porém Antunes et al. (2014) estudaram o aproveitamento da água da chuva captada de pavimentos permeáveis, mostrando um importante recurso para o enfrentamento da escassez hídrica.

4.2. IDENTIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA MAIS INDICADAS PARA ÁREAS DE MAIOR POTENCIAL PLUVIOMÉTRICO

Várias técnicas para a reutilização urbana são propostas pelos artigos estudados: irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, gramados, árvores e arbustos ornamentais ao longo de ruas e rodovias, irrigação de áreas ajardinadas ao redor de prédios públicos, residenciais e industriais; reservas de incêndio; fontes, chafarizes sistemas de decoração de água como espelhos e cachoeiras; limpeza veicular de emissões sanitárias. Ressalta-se que, devido ao baixo custo da água para os usuários urbanos, os usos que exigem água de alta qualidade podem resultar em custos que não condizem com os benefícios. Portanto, o reaproveitamento urbano para fins de ingestão humana é classificado como uma alternativa que está associada a custos e riscos muito elevados, tornando-o praticamente inviável. Os pedidos para fins não relacionados à ingestão de águas pluviais envolvem risco muito menor e uma boa opção para reaproveitamento urbano.

Luis (2014) apresenta um trabalho interessante em que os autores discutem o potencial de utilização do fluxo de águas pluviais coletadas em tubulações para gerar eletricidade em cidades como a China e o Brasil com um grande número de arranha-céus. Posteriormente, esta água coletada pode ser usada para fins de água não potável em edifícios. Os autores também observam que esses sistemas são economicamente viáveis, porém, os benefícios mais significativos são ambientais. Vários estudos usaram o método Rippl para determinar o tamanho das cisternas de águas pluviais. No entanto, Souza (2015) realizou um estudo comparativo de métodos de classificação para esses reservatórios, recomendando Azevedo Neto ou métodos de simulação, por apresentarem valores mais próximos das necessidades dos sujeitos do estudo.

Entre os trabalhos explorados, Espinosa et al. (2015) apresentou um estudo mais completo, incluindo avaliação da qualidade das águas pluviais, projeto de um sistema de captação de águas pluviais e uma análise de custo de construção do sistema na área da Facultad de Planeación Urbanay. Os autores demonstram a viabilidade do projeto, além de demonstrar a aceitação da academia quanto ao uso da água da chuva. De maneira geral, para estudar a viabilidade de um sistema de captação de água de chuva, deve-se

coletar dados de precipitação dos municípios, demanda hídrica no local de estudo, dados sobre áreas de captação de água de chuva, avaliações de sistemas hidrológicos de saneamento básico, verificar a qualidade da água de chuva, determinar a tamanho do sistema e analisar a viabilidade econômica.

4.3. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS NECESSÁRIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA CIDADE DE MANAUS-AM

Como característica necessária, a edificação precisa ser avaliada quanto à sua estrutura e ao material utilizado para a cobertura, por exemplo, telhas que não sejam de material metálico precisam ser substituídas por telhas de alumínio, minimizando assim o transporte de resíduos para quando reservatórios; possuem banheiros, lavatórios ou pias; onde levam água para saneamento e preparo de alimentos; utilizam algum tipo de tratamento para qualificar a água potável; já utilizam algum tipo de reservatório para armazenar água.

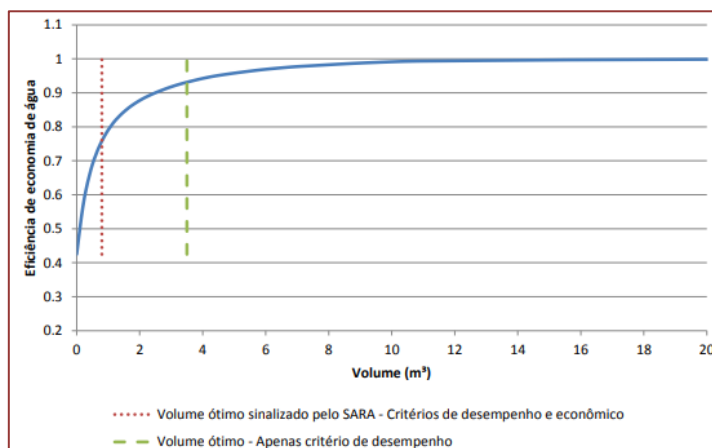
Sampaio (2013) apresentou dados que permitiram a avaliação acerca do índice pluviométrico da cidade de Manaus. Na pesquisa, a série histórica utilizada no estudo de caso Manaus/AM foi obtida através da Estação Manaus (00360000). A série possui registros diários de janeiro de 1982 a dezembro de 2011, e apenas 8 dias sem registros, aos quais é atribuído o valor zero. Contribuição do Sistema de Aproveitamento Racional de Água (SARA) durante a simulação.

Após executar a simulação, o SARA definiu o valor de $0,8 \text{ m}^3$ como o volume ideal de pré-dimensão com relação custo-benefício de 0,728, o que é totalmente confiável 73% e 82% da água da chuva é desperdiçada. O SARA procurou então um volume com relação custo-benefício maior ou igual a 1 nos volumes simulados e, como não encontrou nenhum modelo, define o volume com maior relação custo-benefício entre todos os volumes simulados como o melhor volume pré-dimensionado. As Figuras 8 e 9 mostram a eficiência da economia de água e a relação custo-benefício em função do tamanho do reservatório, respectivamente (SAMPAIO, 2013).

Conforme mostrado na Figura 8, a economia de água de volume fixo usando apenas critérios de desempenho é de aproximadamente 93%. Observou-se também que a eficiência máxima de economia de água que poderia ser alcançada foi de 100%, que foi apenas 7% superior ao volume determinado pelo SARA utilizando apenas critérios de desempenho, mas o tamanho do reservatório era muito maior, em torno de 20 metros cúbicos (SAMPAIO, 2013).

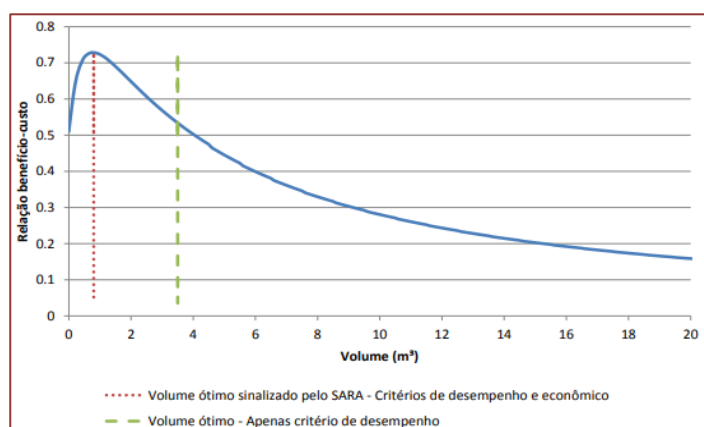
Assim, de acordo com o estudo de Sampaio (2013) foi possível identificar que em questões de índices pluviométricos a cidade de Manaus é apta a receber projetos de reaproveitamento de águas pluviais, devido seu volume de chuvas. Entretanto, é importante salientar, que outros estudos devem ser realizados. Pois, apesar do volume de chuva da cidade pode ser que o projeto não seja eficiente para todos os tipos de estruturas como mostrado anteriormente em outros estudos dessa pesquisa.

Figura 8 - Gráfico de volume x eficiência de economia de água para residência unifamiliar em Manaus/AM.



Fonte: Sampaio (2013)

Figura 9 - Gráfico de volume x relação benefício-custo para residência unifamiliar em Manaus/AM.



Fonte: Sampaio (2013)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste artigo foi avaliar a viabilidade do aproveitamento de águas pluviais em regiões com elevado índice pluviométrico. Dessa forma, depois de decifrar a literatura encontrada, foi dada atenção à escala que os sistemas de captação de água da chuva estão alcançando em todo o mundo. Esses sistemas são usados não apenas em edifícios residenciais, mas também em empresas como hospitais, presídios, aeroportos, faculdades, atrações turísticas, etc. A maioria dos estudos aborda apenas a validação da qualidade das águas pluviais, outros propõem viabilidade econômica e/ou tamanho, e alguns descrevem apenas partes do sistema. Com base nos estudos realizados, reitera-se a necessidade de realizar um trabalho completo, desde o balanço de precipitação até a análise de custos e cálculo de viabilidade técnica e econômica da implantação de sistemas de captação de águas pluviais.

Como primeiro objetivo específico o estudo buscou realizar o levantamento dos critérios de caracterização de áreas com potencial para aproveitamento de águas pluviais. Assim, os projetos de aproveitamento de águas pluviais também estão sujeitos a

tarifas impostas pelas concessionárias. Como panorama global do uso da água da chuva, se mostrou vantajoso em algumas partes do mundo, onde o preço da água potável é alto, o uso da água da chuva é mais viável. A maioria dos estudos coleta água da chuva diretamente dos telhados. Também se constatou que altos índices pluviométricos e a conscientização por parte das pessoas que irão utilizar o sistema é o pontapé inicial para a implantação de sistemas de reaproveitamento de águas pluviais.

Outro objetivo específico foi a identificação das técnicas de aproveitamento de água mais indicadas para áreas de maior potencial pluviométrico. E foi observado que, os autores também observam que esses sistemas são economicamente viáveis, porém, os benefícios mais significativos são ambientais. Vários estudos usaram o método Rippl para determinar o tamanho das cisternas de águas pluviais.

Além disso, o estudo também teve como objetivo específico a avaliação das medidas necessárias para implementação do sistema de aproveitamento de águas pluviais na cidade de Manaus-AM. Dessa forma, foi possível perceber que em questões de índices pluviométricos a cidade de Manaus é apta a receber projetos de reaproveitamento de águas pluviais, devido seu volume de chuvas. Entretanto, é importante salientar, que outros estudos devem ser realizados. Pois, apesar do volume de chuva da cidade pode ser que o projeto não seja eficiente para todos os tipos de estruturas como mostrado anteriormente em outros estudos dessa pesquisa.

Por conseguinte, nesse estudo, buscamos formas de implantação de reaproveitamento de águas pluviais com captação e armazenamento para uso específico no cotidiano (lavar de pátios, regar plantas, lavar carros, etc) de uma residência, para sabermos se é possível reduzir o consumo de água proveniente da concessionária de água da região. Foi possível, dessa forma, evidenciar que em alguns casos é mais viável o sistema de reaproveitamento para a residências familiares, porém, nem tanto para habitações com muitas pessoas, como condomínios.

Apesar dos ótimos resultados encontrados na pesquisa, foi evidente a necessidade de encontrar estudos que realizassem a abordagem do reaproveitamento de água em todos os aspectos da implantação de um sistema de captação de água da chuva.

Por fim, como sugestão de estudos futuros é possível desenvolver um roteiro para a implantação de fato de um sistema de captação de águas pluviais, uma vez, que esse estudo apresenta aspectos e características necessárias para a implantação. Pode-se verificar, um levantamento das necessidades existentes na cidade de Manaus para projetos que envolvam construções sustentáveis. Além disso, indicasse a partir desse estudo a realização de um projeto residencial para o reaproveitamento de águas pluviais.

REFERÊNCIAS

- [1] AHEEYAR, M. M. M.; BANDARA, M. A. C. S. Economic evaluation of institutional level rainwater harvesting. HARTI Research Report, n. 134. Hector Kobbekaduwa Agrarian Research and Training Institute, Colombo, Sri Lanka, 2010.
- [2] ANTUNES, L. N.; THIVES, L. P.; GHISI, E. Potential for potable water savings in buildings by using stormwater harvested from porous pavements. Water, Basel, v. 8, n.4, p. 1-18, mar. 2016.
- [3] BONA, B. de O. Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho-RS. Trabalho de conclusão de curso da pós em eficiência energética aplicada aos processos produtivos da Universidade Aberta do Brasil. 2014.

- [4] BRAGA, E. D. Estudos de reuso de água em condomínios residenciais, 2009, 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009.
- [5] BRERETON, P. et al. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. *The Journal of Systems and Software*, v.80, n.4, p. 571-583, 2007.
- [6] CAIADO, R. et al. Metodologia de revisão sistemática da literatura com aplicação do método de apoio multicritério à decisão smarter. XII Congresso nacional de Excelência em Gestão & III Inovarse – Responsabilidade Social Aplicada. 2016.
- [7] CAMPLING, P. et al. Assessment of the risks and impacts of four alternative water supply options. Task 1 Report, v. 2, 2008.
- [8] CARDOSO, T. O. O uso eficiente da água nos edifícios de habitação. 2009. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.
- [9] CAVALEIRO, A. R. Reuso de águas cinzas e águas pluviais em edifícios residenciais. 2014. 163f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2014.
- [10] COOK, D. J.; MULROW, C.D.; HAYNES, R. B. Systematic Reviews: synthesis of Best Evidence for Clinical Decisions. *Annals of Internal Medicine*, v. 126, n. 5, p. 376-380, 1997.
- [11] Couto, A. B.; Couto, J. P.; Teixeira, J. C. Desconstrução: uma ferramenta para a sustentabilidade da construção. Anais do VI Seminário Brasileiro da Gestão do Processo de Projecto na Construção de Edifícios - NUTAU, São Paulo, 2006.
- [12] CUNHA, et al. O reuso de água no brasil: a importância da reutilização de água no país. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.7, 2011.
- [13] DU, et al. The performance of gravity-driven membrane (GDM) filtration for roofing rainwater reuse: Implications of roofing rainwater energy and rainwater purification. *Science of The Total Environment*, v.697, 2019.
- [14] ESPINOSA, K. E. L.; LÓPEZ, I. G. O.; AGUILAR, M. M. Diagnóstico de la calidad de agua pluvial e de la red de abastecimiento municipal. Diseño de um sistema de captación de agua de lluvia y su aceptación em la comunidade de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la UAE Méx. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientales) – Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca de Lerdo, 2015.
- [15] FERNANDÉZ, P. R. Diseño de un sistema integrado de aprovechamiento de aguas grises y pluviales en el hotel rural de Son Xotano (Sencelles, Mallorca). 2007. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, Barcelona, 2007.
- [16] FONSECA, J. B. G. Contribuição para a redução dos consumos de água da rede, através da utilização de águas pluviais. 2014. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014.
- [17] GANGULY, R. et al. Application of rain water harvesting scheme in Shimla region. *Hydrology: Current Research*, v. 5, n. 3, set. 2014.
- [18] GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- [19] GOLDENFUM, J. A. Reaproveitamento de águas pluviais. 2006. Disponível em: <<http://cbhpf.ufp.br/phocadownload/2seminario/reaproveitamentoaguaspluviaisii.pdf>>. Acesso em: 12 de maio de 2022.
- [20] GUIMARÃES, J. M. P. Análise da turvação da água num dispositivo de first flush com filtro incorporado para utilização em sistemas de aproveitamento de águas pluviais. 2014. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Minho, Braga, 2014.
- [21] HAFNER, A. V. Conservação e reuso de água em edificações - experiências nacionais e internacionais. 2007. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- [22] HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. Volume 1. 2ª edição. Editora UFMG. São Paulo, 2010.
- [23] IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Uso de água de chuva: Pesquisadores do IPT explicam os requisitos básicos e os cuidados para garantir a qualidade da água coletada. São Paulo, SP, 2015.

Disponível em: http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=892. Acesso em: 18 de mar. 2020.

- [24] JAULHAC, C. Project acronym: WSSTP activities on alternative water resources. Berlim, 2008.
- [25] KRUGER, Paulo Ricardo. Reuso de água da chuva coletada no bloco C da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão. 2012. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2012.
- [26] LEFEBVRE, O. Beyond NEWater: An insight into Singapore's water reuse prospects. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, v.2, p.26-31, 2018. AQUIM, P. M.; HANSEN, E.; GUTTERRES, M. Water reuse: An alternative to minimize the environmental impact on the leather industry. *Journal of Environmental Management*. v.230, p.456-463, 2019.
- [27] LEONG, et al. Prospects of hybrid rainwater-greywater decentralised system for water recycling and reuse: A review. *Journal of Cleaner Production*, v.142, p.3014-3027, 2017.
- [28] LIEBMANN, H. Terra um Planeta inabitável? Da antiguidade até os nossos dias toda a trajetória poluidora da humanidade. Tradução: Flávio Meurer. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1979. 181p.
- [29] LINDE, K.; WILLICH, S. N. How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine. *Journal of the Royal Society of Medicine*, v. 96, n. 1, p.17-22, 2003.
- [30] LUIS, F. R. Contributions to sustainable use of water. 2014. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2014.
- [31] MACHADO, P. V. A.; PEREIRA, S. S. Estudo da viabilidade técnica e econômica da aplicação do aproveitamento da água pluvial em uma residência unifamiliar. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Aparecida de Goiânia/IFG, 2021.
- [32] MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, Hi. F. Reuso de Água. Editora Manole. São Paulo, 2003.
- [33] MANCUSO, P.C.S., SANTOS, H.F. Reúso de Água. USP-SP: Editora Manole Ltda, 2003. 580pp.
- [34] MARTELEIRA, R. G. S. Avaliação do binómio água-energia de um sistema de aproveitamento de águas pluviais – estudo de caso do Campus do IST no Taguspark. 2014. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014.
- [35] MEDEIROS, R. I. B. Contribuição para a diminuição do consumo de água potável - Caso de estudo de aproveitamento de águas pluviais no Município de Setúbal. 2014. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014.
- [36] MESQUITA, C. P.; FONSECA, M.; MORIOKA, T. Y. Análise de qualidade da água de chuva, visando o uso residencial sustentável. 2013. 87f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2013.
- [37] MINAYO, M. C. S.. Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. *Ciênc. Saúde Coletiva*, v.17, n.3, p.621-626, 2012.
- [38] MONTOYA, et al. Simultaneous design of water reusing and rainwater harvesting systems in a residential complex. *Computers & Chemical Engineering*, v.76, p. 104-116, 2015.
- [39] MOREIRA NETO, R. F. Avaliação do aproveitamento de água pluvial em complexos aeroportuários. 2011. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- [40] MUKHERJEE, M.; JENSEN, O. Making water reuse safe: A comparative analysis of the development of regulation and technology uptake in the US and Australia. *Safety Science*, v.121, p.5-14, 2020.
- [41] MURAKAMI, M. F. Avaliação de desempenho de uma unidade em escala real para tratamento de água pluvial empregando a filtração rápida por meio de filtro de pressão e amido natural de milho como coagulante. 2011. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.
- [42] NAKADA, L.Y.K.; MORUZZI, R.B.; MARTINI, M.V.P. (2012) Estudo da qualidade de águas pluviais coletadas de diferentes telhados. In: XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais... Salvador: ABES – AIDIS.
- [43] OLIVEIRA, T. D.; CHRISTMANN, S. S.; PIEREZAN, J. B. Aproveitamento, captação e (re) uso das águas pluviais na arquitetura. *Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto – GEDECON*, Cruz Alta,

v.2.

- [44] PEDROSO, A. V. A. Uso eficiente da água num edifício de habitação. 2014. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2014.
- [45] PETROBRÁS. Recursos Hídricos, Brasil, 2020. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/sociedade-e-meio-ambiente/meio-ambiente/recursos-hidricos/>. Acesso em: 17 de mar. 2020.
- [46] Pinheiro, M. D. Construção sustentável - mito ou realidade? Anais do VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente, Lisboa, 2003.
- [47] PREFEITURA DE PRAIA GRANDE/SP. Dia Mundial da Água: Praia Grande utiliza água de reuso na limpeza urbana, Praia Grande, SP, 2018. Disponível em: http://www.praiagrande.sp.gov.br/pgnoticias/noticias/noticia_01.asp?cod=44468. Acesso em: 18 de mar. 2020.
- [48] QUADROS, C. S. Rainwater harvesting, case study: FCT/UNL Campus. 2010. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) –Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.
- [49] Queiroz, N. T. Construções sustentáveis na Engenharia Civil e a responsabilidade socioambiental. Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent., 2016, v. 3, n. 6, p. 255-263.
- [50] RADINGOANA, et al. Perceptions on greywater reuse for home gardening activities in two rural villages of Fetakgomo Local Municipality, South Africa. Physics and Chemistry of the Earth, v.112, p.21-27, 2019.
- [51] RECIO, J. G.; SÁNCHEZ, J. I. C. Sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales. [s.d.]. 59f. Dissertação (Mestrado em Ingeniería del Agua) – Universidad de Sevilla, Sevilla, [s.d.].
- [52] REZENDE MOTA, M. B.; MANZANARES, M. D.; SILVA, R. A. L. Viabilidade de reutilização de água para vasos sanitários. 2006. 29 p.
- [53] ROCHA, A. C. T.; DUARTE, N. de F. Avaliação do aproveitamento de águas pluviais através de uma análise sistemática da literatura. ForScience: revista científica do IFMG, Formiga, v. 5, n. 2, e00307, out. 2017. Edição especial.
- [54] ROSA, T. M. Reaproveitamento de águas pluviais: custo de implantação deste sistema no presídio central de Porto Alegre. 2012. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- [55] RYTCHYSKYI, J. M. F.; ALMEIDA, C. A. S. M.; CEDRIM, M. B. M. Reuso da água: uma revisão do ponto de vista legal. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 470-485, mai. 2021.
- [56] SAMPAIO, F. E. de O. V. Análise da viabilidade de implantação e pré-dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial em centros urbanos. Dissertação submetida ao departamento de engenharia civil e ambiental da faculdade de tecnologia da universidade de Brasília, 2013.
- [57] SANTANA, N. C. B. Qualidade das águas de chuva em João Pessoa –PB: estudo comparativo com padrões de qualidade para uso residencial. 2012. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) –Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.
- [58] SANTOS, D. J. C. Aplicação de medidas de eficiência hídrica em meio hospitalar: o caso do aproveitamento de águas pluviais. 2011. 147f. Dissertação (Mestrado em Saúde Ocupacional) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.
- [59] SILVA, F. C. Aproveitamento de águas pluviais para uso não potável no centro universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de presidente prudente. Trabalho de Curso de Conclusão do Curso para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, Presidente Prudente - 2021.
- [60] SNIS, Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento. Abastecimento de água – 2018. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-abastecimento-agua>. Acesso em: 17 de jun. 2022.
- [61] SORDI, M. Análise de um sistema de aproveitamento de água pluvial no Centro de Integração Acadêmica da UEPB, Campina Grande –Paraíba. 2016. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) –Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.
- [62] SOUZA, R. L. Análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatórios para

aproveitamento de águas pluviais: estudo de caso Hospital Federal do Andaraí/RJ. 2015. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

- [63] SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: UFMG, 1996.
- [64] TOMAZ, P. Água: pague menos. São Paulo, 2010. 135 p.
- [65] TOMAZ, P. Aproveitamento da Água de Chuva. São Paulo: Navegar, 2003.
- [66] TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. São Paulo, 2010. 486 p.
- [67] Torgal, F. P.; Jalali, S. A sustentabilidade dos materiais de construção. 2. ed. Minho: TecMinho, 2010.
- [68] TUCCI, C. E. M. et al. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “visão mundial da água”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.5, n.3, p.31-43, jul/set.2000.
- [69] U.S.EPA. United States Environmental Protection Agency (2004). Guidelines for Water Reuse. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC, EUA.
- [70] VALÉRIO, D. J. Gestão sustentável da água em empreendimentos turísticos. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2015.
- [71] WERNECK, G. A. M.; BASTOS, L. E. G. A. Água da Chuva Como Fonte de Recursos Hídricos para as Escolas de Barra do Piraí e os Reflexos para o Sistema Municipal de Abastecimento. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, Rio de Janeiro 2006.
- [72] Wieczynski, V. J. Construções mais sustentáveis: alternativas para uma habitação de baixo custo econômico. 2015. Disponível em: <<http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/Artigo-Vladimir-Jos%C3%A9-Wieczynski.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2022.
- [73] YOSHINO, G. H. O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na cidade universitária Professor José da Silveira Netto –Belém/PA. 2012. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.
- [74] ZAIKA, Marina Gadens Berton. Estudo de viabilidade de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma residência unifamiliar. 2016. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gerenciamento de obras) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao professor Luciane Ribas, pela orientação, apoio e confiança.

Agradeço a todos, minha família, parentes e amigos que com seu incentivo me fizeram chegar à conclusão do meu curso e começo de uma nova carreira.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

Capítulo 11

Perda de resistência do concreto em situação de incêndio

Reynalds Lucas Nascimento de Souza

Resumo: O entendimento do comportamento do concreto em situação de incêndio é essencial para o dimensionamento e verificação de estruturas em situação de incêndio. Analisado o comportamento mecânico do concreto em situação de incêndio foi fundamental para determinar o grau de deterioração do material em altas temperaturas. O objetivo geral deste artigo era avaliar as condições de temperatura em situações de incêndio que comprometem o comportamento mecânico das estruturas de concreto, por meio de pesquisa bibliográfica sistemática. Para isso foi necessário estar identificando os graus de temperatura para deterioração do concreto, analisando as propriedades do concreto em situações de incêndio e os fatores que influenciam na perda de resistência do concreto. Assim esperava-se como resultado verificar a relação da perda de resistência do concreto em função da temperatura, identificar a redução das propriedades mecânicas do concreto e os efeitos do comportamento do concreto nessas condições. Com isso foi possível entender o comportamento mecânico do concreto durante situações de incêndio e determinar os critérios de segurança contra incêndio adotados para elementos estruturais ainda durante a fase de projeto uma vez que esses elementos desempenham a função de estabilidade da estrutura.

Palavras-chave: Concreto; Resistência; Incêndio.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é o material estrutural mais conceituado em atividade no mercado brasileiro possuindo diversas vantagens em sua utilização como alta resistência mecânica contra choques e vibrações, resistência à influências atmosféricas e também sendo impermeável. As estruturas em situação de incêndio sofrem redução de sua resistência mecânica, entender seus estados de serviço limite e serviço último é fundamental para preservação ou demolição da estrutura.

Em situações de incêndio com elevadas temperaturas o concreto perde suas características mecânicas tais como: resistência à tração, compressão, redução ou perda do módulo de elasticidade e relação tensão-deformação. Compreender o comportamento mecânico de estruturas de concreto quando submetidas ao fogo é fundamental na elaboração de projetos, pois irá proporcionar edificações mais seguras e econômicas.

O presente estudo avaliou as condições de temperatura em situações de incêndio que comprometem o comportamento mecânico das estruturas de concreto, por meio de pesquisa bibliográfica sistemática.

Deste modo, a presente pesquisa contribuiu no avanço do conhecimento científico quando a compreensão do comportamento de estruturas em situações de incêndio possibilitando projetar edificações mais seguras para seus usuários.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o objetivo de transmitir informações relevantes ao entendimento do comportamento mecânico das estruturas de concreto quando exposta ao incêndio, e de forma análoga, compreender a forma de transferência de calor para estrutura, e os possíveis impactos nas propriedades de resistência do concreto. Ainda, serão discutidos os procedimentos necessários para o dimensionamento das estruturas de concreto para situações de incêndio.

2.1. ESTRUTURAS DE CONCRETO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

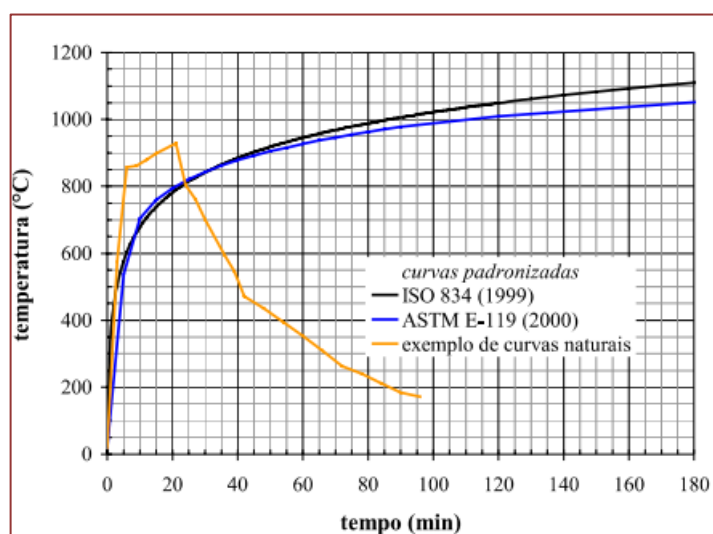
O concreto é um material de maior utilização na construção civil pelo mundo sendo utilizados em diversas estruturas, pois apresentada bom desempenho estrutural, economicamente viável e abundância em seus componentes. Sua composição química e física o torna um dos materiais mais complexos dentro da construção [TROXELL, DAVIS e KELLY, 1998], sendo considerado ainda mais complexo quando exposta a altas temperaturas.

A exposição a altas temperaturas promove alterações nas propriedades físicas e químicas do concreto, resultando em propriedades mecânicas reduzidas, como resistência à compressão, tração, módulo de elasticidade, fissuração, fragmentação e fluência transitória, que afetam a resistência dos componentes e a estabilidade da estrutura (FERNANDES et al., 2017). Com isso, a capacidade de resistência das estruturas de concreto em edificações pode ser reduzida devido a incidência térmica do calor comprometendo o desempenho da estrutura.

A troca de calor do ambiente para a estrutura irá ocorrer por meio da condução, convecção e/ou radiação térmica, podendo atuar de formas separadas ou em conjunto, dependendo da situação (LIMA, 2005). A condução térmica é o processo de transferência

de calor entre os materiais sólidos. A propagação de calor por meio da convecção térmica ocorre por meio dos gases presentes no ambiente. A radiação térmica ocorre pela transferência de calor por meio da emissão de ondas eletromagnéticas para a estrutura elevando a temperatura da mesma considerado o principal mecanismo de transferência de calor em uma situação de incêndio.

Figura 1. Temperatura dos gases em função do tempo



Fonte: Eurocode (CEN, 2004)

Entendido os mecanismos de transferência de calor durante um incêndio é possível analisar as propriedades do concreto em altas temperaturas. Quando exposto a temperaturas elevadas os elementos estruturais podem sofrer perda de resistência e rigidez, causando o colapso parcial ou total da edificação (COSTA, 2008). Apesar do concreto convencional apresenta boa resistência em temperatura ambiente quando submetido a um incêndio apresenta uma redução da sua capacidade mecânica.

2.2. MUDANÇAS NA ESTRUTURA DE CONCRETO SUBMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS

Ao analisar o concreto submetido a elevadas temperaturas evidenciase que o comportamento individual dos componentes que constitui o material atua de forma independente, dessa forma cabe analisar o comportamento individual do material exposto a altas temperatura. No entanto, isto não é algo simples, pois muitos desses materiais envolvidos na deterioração causada por incêndio do concreto, são materiais extremamente complexos (LIMA, 2005). Dessa maneira geral é difícil realizar uma análise aprofundada de todos os elementos quando exposto ao um incêndio uma vez que diversos fatores devem ser levados em consideração, todavia pode-se obter uma boa noção a partir da análise das propriedades dos seus materiais que formam o concreto.

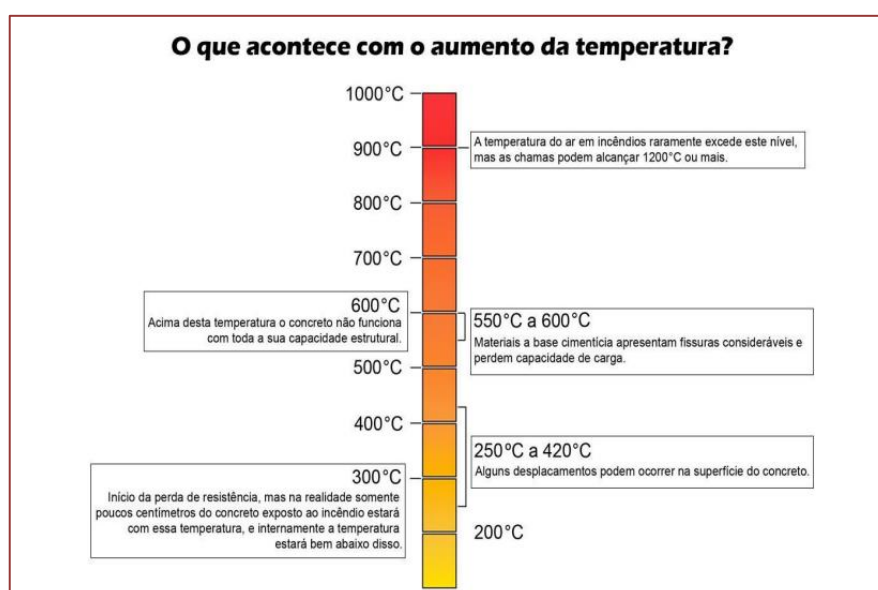
A deterioração do concreto é atribuída aos fatores de alterações físico-químicas do cimento, nos agregados utilizados na pasta de cimento e a incompatibilidade dos elementos quando exposto ao fogo levando a decomposição do material de acordo com a taxa de aumento da temperatura (FERNANDES et al., 2017). Dessa forma o desempenho

do concreto submetido a situação de incêndio depende do comportamento dos seus elementos que o constitui, variando com o grau de temperatura de hidratação, proporção do material e tipos de agregados.

O tipo de material usado como agregado, a resistência do concreto, a intensidade da carga influência de maneira significativa na deterioração do concreto quando submetido ao incêndio.

De modo, que é fundamental obter conhecimento a respeito de suas propriedades mediante a um incêndio [KODUR E MCGRATH, 2001]. Afim de garantir que o material se comporte de maneira adequada diante das condições impostas.

Figura 2. Processo físico-químico do concreto em situação de incêndio



Fonte: Jacobs (2007)

De forma geral, a composição da pasta de cimento é facilmente afetada pela alta temperatura. Sob a ação do processo de aquecimento, eles sofrem alterações químicas, aparecem microfissuras e movimentos térmicos diferenciais e, por fim, reduzem a capacidade da estrutura (Lima, 2005).

2.3. DESEMPENHO MECÂNICO DO CONCRETO EXPOSTO A AÇÕES TÉRMICAS EXCEPCIONAIS

As estruturas de concreto em temperatura ambiente possuem ótima performance estrutural devido suas propriedades mecânicas sendo considerada um material “isotrópico” a temperatura convencional (considerada próxima a 20 °C). No entanto, quando submetido a situação de incêndio com temperaturas superiores a 100 °C o concreto perde suas características de material “isotrópico” à medida que o acréscimo de temperatura ocorre devido as mudanças químicas, físicas e mineralógicas de seus componentes (COSTA, 2008).

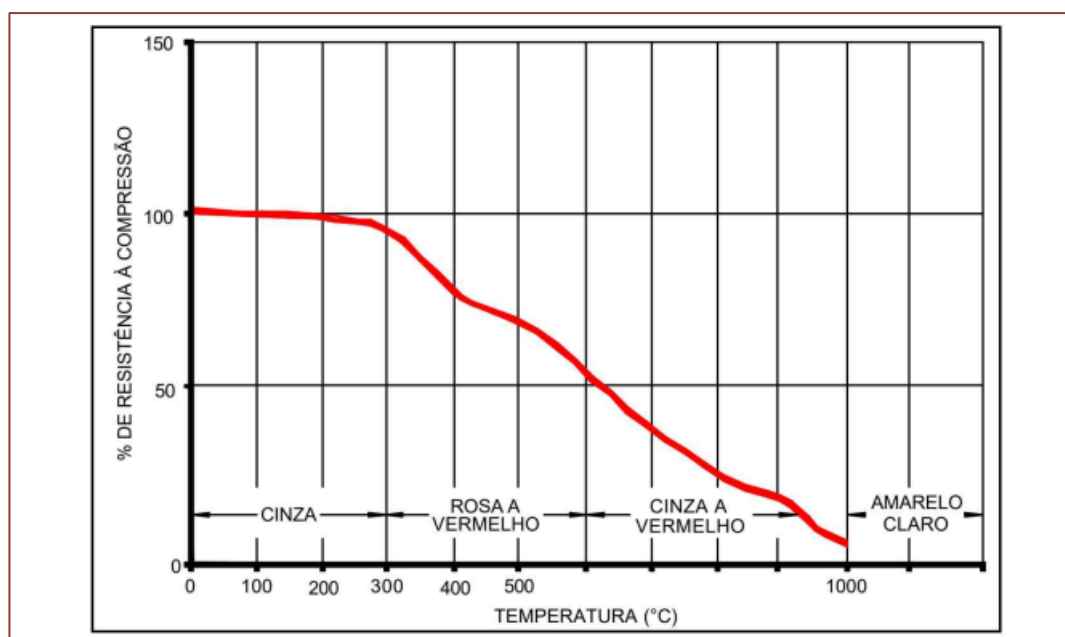
Para análise estrutural do concreto submetido ao incêndio, deve-se compreender as propriedades mecânicas do material, em especial a compressão, tração, módulo de

elasticidade e a relação tensão-deformação (COSTA, 2008). Dessa maneira é possível desenvolver modelos matemáticos simplificados que demonstrem a perda de resistência do concreto em função da temperatura do concreto.

Em situações de incêndio deve-se considera esforços solicitantes adicionais devido as ações térmicas excepcionas, levando a deformações, diminuição da capacidade de resistência (Lima, 2005). Estes esforços são provocados devido as deformações excessivas ocasionadas pela dilatação do material.

O aumento excessivo da temperatura em estruturas de concreto ocasiona perda de resistência e uma diminuição no valor do módulo de elasticidade, dependendo da intensidade desse aumento, pode gerar tensões internas adicionais não previstas inicialmente no dimensionamento na edificação.

Figura 3. Alteração da resistência e coloração do concreto



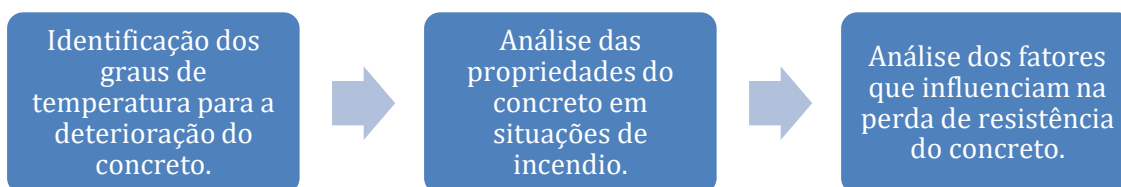
Fonte: Cánovas (1998).

A partir desse ponto o concreto começa a perda de resistência de forma gradativa, próximo a 300 °C, tem-se uma perda de cerca de 10%. Quando atinge temperaturas no intervalo de 300°C a 600 °C, a coloração natural do concreto muda de rosa a avermelhado, e ocorrem perda de compressão próximo a 50% da resistência.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O estudo trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, exploratória quanto aos objetivos, e abordagem mista. No procedimento, adotou-se uma pesquisa de revisão bibliográfica sistemática de estudos relacionados ao comportamento do concreto em situação de incêndio. Para alcançar o objetivo geral de avaliar as condições de temperatura em situações de incêndio que comprometem o comportamento mecânico das estruturas de concreto, formam necessárias as seguintes etapas representadas na Figura 2.

Figura 4. Fluxograma em etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2022)

3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS GRAUS DE TEMPERATURA PARA A DETERIORAÇÃO DO CONCRETO

A identificação dos graus de temperatura para a deterioração do concreto foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica sistemática, verificando o material científico entre 2017 a 2022, afim de averiguar o comportamento mecânico do concreto submetido a situações de incêndio. A seguinte pesquisa, foi realizada no Google Acadêmico, buscando os termos em língua portuguesa “concreto AND comportamento mecânico AND incêndio”. O resultado obtido foram 15 artigos relacionados ao tema proposto excluídos temas de TCC, sites e assuntos não relacionados a proposta inicial.

3.2. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO EM SITUAÇÕES DE INCÊNDIO

A partir do estudo comparativo, por meio do que foi pesquisado de artigos relacionados ao tema, está etapa possui como objetivo a análise das propriedades concreto em situação de incêndio em especial a resistência à compressão, tração, o módulo de Young e a relação tensão-deformação.

3.3. ANÁLISE DOS FATORES QUE INFLUENCIAM NA PERDA DE RESISTÊNCIA DO CONCRETO.

Após a análise da etapa 2, foi realizado um estudo dos fatores que influenciaram na perda de resistência do concreto quando exposto a ações térmicas excepcionais a partir de modelos matemáticos, normas brasileiras e internacionais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando submetido a altas temperaturas o concreto sofre diversas alterações devido a degradação da sua composição afetando suas propriedades mecânicas. Para a análise do comportamento mecânico do concreto em situação de incêndio as propriedades que se destacaram foram à compressão e a tração, módulo de Young e a relação tensão-deformação.

4.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A redução de resistência a compressão do concreto diminui em função da temperatura. O valor da resistência característica a partir de uma temperatura é dado pela equação:

$$f_{ck,\theta} = k_{c,\theta} \cdot f_{ck,20^{\circ}\text{C}}$$

Onde:

$f_{ck,\theta}$ = resistência característica do concreto a compressão em altas temperatura ($^{\circ}\text{C}$) [MPa];

$k_{c,\theta}$ = fator de redução da resistência do concreto à compressão do concreto à altas temperaturas θ ($^{\circ}\text{C}$) [adimensional];

$f_{ck,20^{\circ}\text{C}}$ = resistência característica do concreto a compressão à temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$) [MPa].

O valor de cálculo para perda de resistência do concreto em função de sua temperatura:

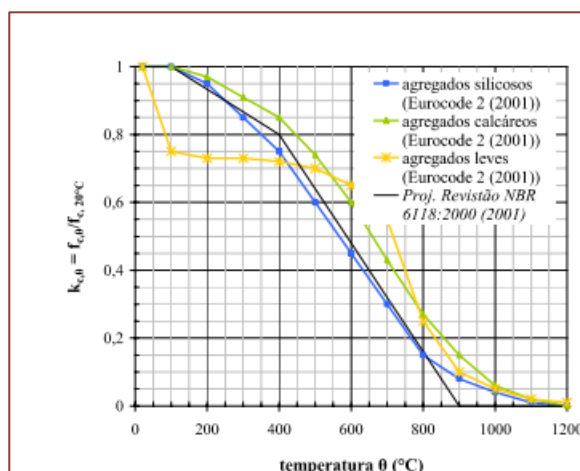
$$f_{cd,\theta} = k_{c,\theta} \cdot \frac{f_{ck,20^{\circ}\text{C}}}{\gamma_c}$$

Onde:

$f_{cd,\theta}$ = resistência do concreto a compressão em altas temperatura ($^{\circ}\text{C}$) [MPa];

γ_c = coeficiente de minoração de resistência do concreto em função da temperatura θ ($^{\circ}\text{C}$) [adimensional];

Figura 5. Fator de perda de resistência do concreto à compressão



Fonte: Eurocode 2 (2004)

De acordo com Eurocode 2 (CEN, 2004) é fornecido os valores de $k_{c,\theta}$ para agregados calcários e silicosos matérias presentes na composição do concreto conforme tabela 3.

Tabela 1. Valores do coeficiente de redução em função de sua temperatura

Temperatura do concreto (°C)	Agregados Silicosos			Agregados Calcários		
	$f_{ck,\theta}/f_{ck}$	$\epsilon_{cl,\theta}$	$\epsilon_{cu1,\theta}$	$f_{ck,\theta}/f_{ck}$	$\epsilon_{cl,\theta}$	$\epsilon_{cu1,\theta}$
20	1,00	0,0025	0,0200	1,00	0,0025	0,0200
100	1,00	0,0040	0,0225	1,00	0,0040	0,0225
200	0,95	0,0055	0,0250	0,97	0,0055	0,0250
300	0,85	0,0070	0,0275	0,91	0,0070	0,0275
400	0,75	0,0100	0,0300	0,85	0,0100	0,0300
500	0,60	0,0150	0,0325	0,74	0,0150	0,0325
600	0,45	0,0250	0,0350	0,60	0,0250	0,0350
700	0,30	0,0250	0,0375	0,43	0,0250	0,0375
800	0,15	0,0250	0,0400	0,27	0,0250	0,0400
900	0,08	0,0250	0,0425	0,15	0,0250	0,0425
1000	0,04	0,0250	0,0450	0,06	0,0250	0,0450
1100	0,01	0,0250	0,0475	0,02	0,0250	0,0475
1200	0,00			0,00		

Fonte: Eurocode 2 (2004)

A resistência a compressão foi adotada como parâmetro do coeficiente de redução do concreto para determinar a perda de resistência em função da temperatura da estrutura para situações de incêndio.

4.2. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

A redução de resistência a tração do concreto diminui em função da temperatura. O valor da resistência é dado a partir de uma temperatura pela equação:

$$f_{ct,\theta} = f_{ct}$$

Para $\theta \leq 100$ °C

$$f_{ct,\theta} = \left[1 - \left(\frac{\theta - 100}{500} \right) \right] f_{ct}$$

Para 100 °C $\leq \theta \leq 600$ °C

Onde:

$f_{ct,\theta}$ = resistência do concreto à altas temperaturas (°C) [MPa];

f_{ct} = resistência do concreto à altas temperaturas (°C) [MPa].

4.3. RESISTÊNCIA DE ELASTICIDADE

A redução do valor do módulo de elasticidade do concreto diminui em função da temperatura. A redução pode ser estimada a partir do coeficiente $k_{cE,\theta}$. O valor do módulo de elasticidade quando o concreto é submetido ao incêndio é dado pela função em relação a temperatura, obtida a partir do Eurocode 2 (CEN, 2004).

$$E_{c,\theta} = k_{cE,\theta} \cdot E_{c,20^{\circ}\text{C}}$$

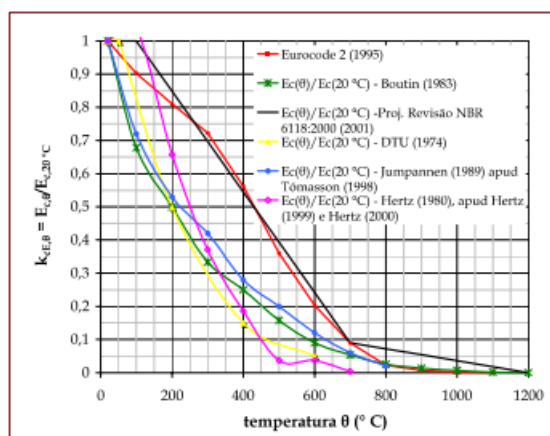
Onde:

$E_{c,\theta}$ = módulo de elasticidade do concreto à altas temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) [MPa];

$k_{cE,\theta}$ = coeficiente de redução do módulo de elasticidade do concreto (θ) [adimensional];

$E_{c,20^{\circ}\text{C}}$ = módulo de elasticidade do concreto à temperatura ambiente [MPa].

Figura 6. Fator de redução do módulo de Elasticidade



Fonte: Eurocode 2 (2004)

4.4. RELAÇÃO TENSÃO-DEFORMAÇÃO

De acordo com o Eurocode 2 (CEN,2014) e a NBR 15200 (ANBT, 2012) o diagrama tensão-deformação do concreto em situação de altas temperaturas é dado pela equação:

$$\sigma_{c,\theta} = f_{c,\theta} \frac{3\left(\frac{\varepsilon_{c,\theta}}{\varepsilon_{c1,\theta}}\right)}{2 + \left(\frac{\varepsilon_{c,\theta}}{\varepsilon_{c1,\theta}}\right)^3}$$

Onde:

$\sigma_{c,\theta}$ = tensão à compressão do concreto em altas temperaturas (θ) [MPa];

$f_{c,\theta}$ = resistência do concreto à compressão em altas temperatura ($^{\circ}\text{C}$) [MPa];

$\varepsilon_{c,\theta}$ = deformação específica do concreto em função da temperatura (θ) [adimensional];

$\varepsilon_{c1,\theta}$ = deformação específica do concreto a compressão em altas temperaturas (θ) [adimensional].

De acordo com o Eurocode 2 (CEN,2014) e a NBR 15200 (ANBT, 2012) estão de acordo com a tabela com os valores indicados para os termos da equação.

Tabela 2. Deformação específica do concreto em função da temperatura

θ_c (°C)	$\epsilon_{c1,\theta}$ (%)	$\epsilon_{cu,\theta}$ (%)
20	0,25	2,00
100	0,35	2,25
200	0,45	2,50
300	0,60	2,75
400	0,75	3,00
500	0,95	3,25
600	1,25	3,50
700	1,40	3,75
800	1,45	4,00
900	1,50	4,25
1000	1,50	4,50
1100	1,50	4,75
1200	1,50	-

Fonte: NBR 15200 (ABNT, 2012)

5. CONCLUSÕES

O concreto sofre perda resistência quando exposto a altas temperaturas. Analisando o comportamento do concreto em situações de incêndio constatou-se que os valores dos esforços atuantes na estrutura foram reduzidos quando comparados à temperatura ambiente. Apresentou-se a dinâmica do incêndio e a relação aos danos causados na estrutura sendo abordados os mecanismos quanto ao processo de transferência de calor e sua interação com o concreto.

Destaca-se o surgimento de esforços solicitantes adicionais quando o concreto é submetido a temperaturas excepcionas de maneira que são desprezadas na etapa do dimensionando da estrutura devido a inviabilidade financeira em projeta edificações com forças excedentes. O aumento de temperatura, os elétrons presentes no concreto começam a movimentar-se com maior velocidade como consequência a mobilidade aumenta e os componentes do concreto sofrem dilatação e levam a ocorrência de fissuras, sinistros como incêndio representam uma das maiores ameaças a segurança da edificação e a vida das pessoas.

Foi realizado uma abordagem da microestrutura dos componentes do concreto e o seu comportamento individual em altas temperaturas enfatizando o acréscimo gradativo da temperatura. Foram obtidas as equações que demonstravam a perda de resistência mecânica do concreto em função de sua temperatura

A redução de suas propriedades mecânicas (tração, compressão e módulo de elasticidade) e o comportamento distintos de seus componentes e a possibilidade de ocorre danos estruturais, verificou-se a necessidade da segurança contra incêndio das estruturas dado a segurança dos ocupantes da edificação e o selo ao patrimônio.

Notou-se que deve ser enfatizado a pesquisas mais aprofundadas ao estudo das estruturas de concreto submetidas a situação de incêndio e possíveis medidas para minimizar os danos causados nas edificações por conta dos incêndios ocorridos.

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15200: projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. Rio de Janeiro, 2012a.
- [2] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- [3] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14432: exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos das edificações. Rio de Janeiro, 2001a.
- [4] COSTA, C. N. Dimensionamento de elementos de concreto armado em situação de incêndio. 2008. Tese (Doutorado em engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2008.
- [5] COSTA, C. N.; SILVA, V. P. Dimensionamento de estruturas de concreto armado em situação de incêndio: métodos tabulares apresentados em normas internacionais. In: SIMPÓSIO EPUSP SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO, 5, 2003, São Paulo. Anais... São Paulo: EPUSP, 2003.
- [6] LIMA, Rogério Cattelan Antochaves. Investigação do comportamento de concretos em temperaturas elevadas. (Doutorado em engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do sul, 2003.
- [7] FERNANDES et al. Microestrutura do concreto submetido a altas temperaturas: alterações físico-químicas e técnicas de análise. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais - Instituto Brasileiro do Concreto, 2017.
- [8] GALLETTO, A. et al. Efeito do calor sobre a resistência a compressão, módulo de elasticidade e coloração de concretos convencionais e de alta resistência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON 2004), 44., 2022, Belo Horizonte. Anais... São Paulo: Instituto brasileiro de concreto, 2002.
- [9] COSTA, C.N.; FIGUEIREDO, A.D.; SILVA, V.P. O fenômeno do lascamento (“spalling”). CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO (IBRACON 2022), 44., 2022.
- [10] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 2004-1-2: Eurocode 2: design of composite steel and concrete structures – part 1.2: general rules – structural fire design. Brussels: CEN, 2004.

Capítulo 12

Edificação em estrutura de madeira através da técnica wood frame como alternativa de redução no impacto ambiental

Victor Corrêa Bastos¹

Igor Bezerra de Lima²

Resumo: Construção sustentável é um assunto frequentemente debatido no meio da construção civil como forma de proteção ao meio ambiente e qualidade de vida, sendo uma delas, as construções em madeira. Assim, o presente artigo analisou os impactos ambientais das construções em madeira utilizando o método de pesquisa bibliográfica sistemática, realizou um levantamento das propriedades da madeira, analisou o impacto ambiental das construções de madeira no meio ambiente, avaliando as vantagens da madeira em relação ao concreto nas edificações. Foi alcançado desta forma a comprovação da confiabilidade da madeira utilizada na construção wood frame, como uma forma viável de redução de poluentes nas construções e de aumento da confiabilidade do uso da madeira nas edificações, assim comprovando que a madeira pode além de reduzir as quantidades de emissões de CO₂ e resíduos gerados pelas construções, como também ter propriedade estrutural que seja equivalente ao concreto.

Palavras-chave: Construções sustentáveis. Construções de madeira. Meio ambiente. Impactos ambientais.

¹ Aluno de Engenharia Civil. Bacharel. Centro Universitário Fametro.

² Engenheiro Civil. Universidade do Estado do Amazonas. Mestrado em Materiais de Construção. Universidade Federal do Amazonas.

1. INTRODUÇÃO

As construções estão presentes na história desde quando a única preocupação do homem era seu abrigo para se proteger e descansar. Com o passar do tempo foram sendo necessários novos tipos de construções a fim de satisfazer as necessidades do homem. Inicialmente tais construções eram feitas de madeira, a matéria prima de maior facilidade para utilização em construções, com o passar do tempo, as tecnologias do homem foram se desenvolvendo e alcançando novos patamares passando por construções em barro, rocha e hoje em dia se chegou nas estruturas de concreto. Porém, com os passar dos anos, quanto mais as tecnologias e o desenvolvimento do homem avançavam, mais uma preocupação também ia aumentando, pois o efeito colateral de todo esse desenvolvimento nas edificações feitas pelo homem, foi a poluição do meio ambiente, e com isso temas como sustentabilidade foram cada vez mais ganhando força. Mediante isso, soluções como energias sustentáveis, foram criadas, e nisso se voltou para o tema construções sustentáveis, onde se notou que grande parte do aumento de poluição do ar, aumento de temperatura nas cidades e geração de resíduos vem das construções, e como solução para estes fatores, a atenção foi voltada para algo utilizado no início da evolução humana, as estruturas de madeira.

As estruturas de madeira são frequentemente vistas como sub-habitações ou que possuem pouca durabilidade, também se criou uma forte tradição de construções em alvenaria, tanto que o concreto é o segundo material mais consumido pelo homem, atrás somente da água, além da falta de valorização da madeira como material de construção nos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil. Todos esses fatores contribuem para que a madeira não ganhe seu devido espaço no mercado da construção civil brasileira.

Quando verificado os impactos ambientais que a madeira de reflorestamento ou engenheirada e a madeira plástica ou ecológica causa no meio ambiente, se encontra fatores positivos como uma geração menor de resíduos no decorrer da obra, além de captar e armazenar gases poluentes com o gás carbônico CO₂, trazendo uma solução sustentável que permite a substituição das estruturas de concreto e aço, garantindo a segurança e a qualidade de vida do homem, através da sua alta taxa de resistência a variados tipos de esforços, alta durabilidade e eficiência, garantindo a preservação do meio ambiente.

De tal modo, este artigo vem contribuir para com a sociedade acadêmica através da abordagem sobre o assunto de sustentabilidade, visando as construções de madeira, a fim de eliminar preconceitos e receios sobre a madeira, mostrando que quando tratada de forma correta o uso da madeira pode ser extremamente vantajoso.

De tal modo, será abordado sobre fatores como as propriedades físicas, químicas e biológicas da madeira, para que se possa verificar sua resistência a tração, compressão e calor, abordar como ela se comporta em relação a umidade, estudar como a madeira se comporta em relação aos gases poluentes e fazer uma comparação com as estruturas de concreto afim de averiguar os impactos ambientais gerados por eles.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em meio a toda a poluição que vem agredindo o meio ambiente em prol da evolução e do desenvolvimento da sociedade, tem-se procurado formas de preservar, proteger e diminuir o impacto que esse desenvolvimento causa na natureza, e uma

dessas formas são as construções sustentáveis, e este artigo irá abordar somente por construções sustentáveis de madeira.

A ideia central do artigo é fazer o levantamento das propriedades físicas e químicas da madeira, para analisar os impactos ambientais que as construções de madeira possuem em relação as construções de concreto e aço, e comprovar que as construções de madeira podem ter a mesma confiabilidade que as construções de concreto e aço garantindo a sustentabilidade do meio ambiente.

A madeira, é uma matéria prima natural, que possui características e propriedades que possibilitam gerar uma redução considerável do impacto ambiental que a construção civil causa no meio ambiente.

Existem algumas diretrizes que são especificadas pelo CONOMA que regulamentam as formas de descartes e reutilização da madeira, ela também clássica a madeira como um material de classe B, que são resíduos que podem ser reutilizados para outras destinações sem ser na própria obra. Porém, são poucos os profissionais que executam essa destinação, por isso se encontra grandes quantidades de madeira em aterros, lixões, igarapés, estradas e rodovias. O gera uma poluição desnecessária em descartes de resíduos de madeira.

A madeira é muito utilizada parcialmente nas construções, como em portas, janelas, pisos, coberturas e outros. Porém já se tem exemplos de que a madeira pode ser usada de forma estrutural e ser aplicada 100% em uma construção, como por exemplo a residência Hélio Olga do arquiteto Marcos Acayaba, que ganhou a Premiação Nacional de Arquitetura, em 1991.

Portanto, a madeira, quando utilizada e tratada de forma correta, pode ser bastante vantajosa não só para a construção civil nos requisitos de durabilidade, segurança e manutenção, mas também para o meio ambiente como um todo reduzindo os impactos ambientais, e podendo ser aproveitada 100% na construção.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Encontrou-se uma grande limitação e falta de artigos que abordavam este tema de uma forma um tanto quanto abrangente.

Para tratar do assunto, foi então procurado por tipos de técnicas que envolvessem o assunto, assim chegando na técnica de construção wood frame.

Assim, foram reunidos neste estudo 19 referências para embasar este artigo, contando com estudos que abordavam sobre sustentabilidade, construção civil, uso da madeira e wood frame, comparativos entre os sistemas convencionais e wood frame, técnicas construtivas do wood frame e as vantagens e desvantagens da utilização desse sistema.

Foram agrupados nesta pesquisa tópicos que poderão apresentar e auxiliar os profissionais da área da construção civil a conhecer melhor esta técnica construtiva inovadora.

Foi apresentado nos resultados, como a sustentabilidade precisa estar presente nas construções, trazendo como solução o wood frame, também, a avaliação de como o wood frame está evidente no Brasil e como é importante a utilização desse método para

as questões sociais, ambientais e econômicas, como também, uma breve apresentação do seu sistema construtivo.

A seguir, na Tabela 1, estão representados os estudos que contribuíram para esta revisão de literatura integrativa, com seus respectivos títulos, autor e data, assunto e classes de contribuições, onde foram divididos entre engenharia, comparativos, sistema wood frame e sustentabilidade.

Tabela 1 - Dados dos estudos com seus títulos e classes de contribuições.

	Título	Autor e Data	Assunto	Contribuição
1.	Sistema construtivo <i>wood frame</i> . [Seminário] III CBCTEM – Congresso Brasileiro De Ciência E Tecnologia Da Madeira, Florianópolis, 2017.	(Assis, et al., 2017).	Sistema <i>wood frame</i>	Artigo
2.	<i>NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira</i> . Rio de Janeiro, 107 f.	(Associação Brasileira De Normas Técnicas, 1997).	Engenharia	Norma
3.	<i>NBR 15575: Desempenho de edificações habitacionais</i> . Rio de Janeiro.	(Associação Brasileira De Normas Técnicas, 2013).	Engenharia	Norma
4.	<i>NBR 16936: Edificações em light wood frame</i> . Rio de Janeiro.	(Associação Brasileira De Normas Técnicas, s/d).	Sistema <i>wood frame</i>	Norma
5.	Avaliação da sustentabilidade da madeira por meio da ferramenta ISMAS. <i>Revista Floram – Floresta e Ambiente</i> .	(Bissoli-Dalvi, et al., 2017).	Sustentabilidade	Artigo
6.	A sustentabilidade na construção civil. <i>XIX ENGEMA, Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio ambiente</i> , ISSN 23591048.	(Brizolla, et al., 2017).	Sustentabilidade	Artigo
7.	Ministério do Desenvolvimento Regional – Instituto Falcão Bauer da Qualidade (IFBQ) – Proponente TECVERDE Engenharia S.A., São Paulo, 2020.	DATEC. nº 020-D. <i>Documento de Avaliação Técnica - Sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada – Tecverde (tipo light wood framing)</i> . (2020).	Engenharia	Diretriz
8.	<i>Estruturas de madeiras: projetos, dimensionamento e exemplos de cálculos</i> . (1. ed.). Elsevier.	(Dias, et al., 2019).	Engenharia	Livro
9.	<i>O wood frame na produção de habitação social no Brasil</i> .	(Espíndola, 2017).	Sistema <i>wood frame</i>	Tese
10.	<i>Déficit Habitacional no Brasil 2016-2019</i> . Política Habitacional - Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte: FJP.	(FJP., 2021).	Engenharia	Artigo

Tabela 1 - Dados dos estudos com seus títulos e classes de contribuições.

	Título	Autor e Data	Assunto	Contribuição
11.	<i>Habitação em wood frame: análise de sustentabilidade ambiental.</i> [Seminário]. PET – Engenharia Civil UEM – IV Inova Civil, Maringá.	(Istchuk, et al., 2017).	Sistema <i>wood frame</i> e Sustentabilidade	Artigo
12.	<i>Estudo sobre o sistema construtivo wood frame e suas vantagens e desvantagens.</i> [Seminário]. Salão do conhecimento – XXVIII Seminário De Iniciação Científica, Santa Rosa.	(Lamb, et al., 2020).	Sistema <i>wood frame</i>	Artigo
13.	Vida útil das construções <i>wood frame</i> no Brasil: durabilidade e desempenho. [Seminário]. CLEM + CIMAD – II Congresso Latinoamericano De Estructuras De Madeiras & II Congreso Ibero latinoamericano De La Madera Em La Construcción, Buenos Aires, Argentina, 2017.	(Pizzoni & Valle, 2017)	Sistema <i>wood frame</i>	Artigo
14.	Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil, <i>Revista Research, Society and Development</i> , 8(2), 1-18.	(Roque & Pierri, 2018).	Sustentabilidade	Artigo
15.	O sistema <i>wood frame</i> e o setor madeireiro paranaense, <i>Revista Brazilian Applied Science Review</i> , 1(1), 34-41.	(Ribaski, et al., 2017).	Sistema <i>wood frame</i>	Artigo
16.	<i>Difusão da construção em madeira no Brasil: agentes, ações e produtos.</i>	(Shigue, 2018).	Engenharia	Dissertação
17.	Ministério do Desenvolvimento Regional – Secretaria Nacional da Habitação – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), Brasília, 2020.	Sinat. nº 005. <i>Diretrizes para avaliação técnica – Diretriz SINAT nº 005 – Revisão 03: Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas sistema leve: light wood frame.</i> (2020).	Engenharia	Diretriz
18.	<i>Análise comparativa de desempenhos entres os sistemas construtivos em concreto armado, alvenaria estrutural e light wood frame.</i> Livro Eletrônico: Madeiras Nativas e Plantadas no Brasil: qualidade, pesquisas e atualidades. (1. ed.).	(Zanoto, et al., 2021).	Comparativos	Livro

Fonte: Autoria própria (2022)

4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Este estudo, trata-se de uma revisão bibliográfica sistemática, buscando estudos sobre temas, tais como: o uso da madeira por meio da técnica construtiva wood frame no Brasil; seus comparativos em relação à alvenaria convencional; suas vantagens e desvantagens e toda a sustentabilidade que envolve esse sistema construtivo.

Por se tratar de uma revisão bibliográfica, foram reunidos os conceitos, estudos e pesquisas relacionadas ao tema, abordando o estudo de uma forma ampla, trazendo análises, comparativos e definições, visto que há uma escassez em artigos que trazem o

assunto de uma maneira geral, abordando diversos aspectos importantes sobre o tema.

A busca por materiais para o estudo foi realizada através de pesquisas online, utilizando a plataforma de busca Google Acadêmico, considerando referências entre o período de 2017 a 2022.

Com isso, foram feitas buscas por artigos, dissertações, teses, livros, diretrizes e normas técnicas sobre o tema.

Foram aplicados métodos qualitativos de buscas, para avaliar a qualidade e aplicabilidade de cada conteúdo encontrado, assim, sintetizando os resultados de forma ordenada e abrangente.

Os critérios para inclusão dos artigos foram aqueles que abordavam sobre sustentabilidade e técnica de construção em madeira, vantagens e desvantagens, técnicas construtivas e comparativos em relação à alvenaria convencional, assim, incluído especialmente os conteúdos e estudos em português.

Já para os critérios de exclusão, foram dispensados artigos que não atendiam os critérios da presente pesquisa, sendo aqueles que não abordavam sobre o uso do wood frame especialmente no Brasil, sendo também excluídos monografias e revistas.

Como a revisão de literatura integrativa é ampla e extensa, esta foi organizada e apresentada de forma que as explicações dos resultados sejam claras, assim sendo estruturadas em tópicos, onde apresentam informações importantes para um maior aumento da popularização e conhecimentos da técnica de construção de madeira wood frame.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme foi avaliado por Zanoto et al (2021), os materiais utilizados nos sistemas de construção de concreto apresentam classificação como incombustíveis (Classe I). Já os materiais utilizados no sistema wood frame apresentam classificação como combustíveis (Classe II), porém, possuem densidade esférica ótica máxima de fumaça menor ou igual a 450 e índice de propagação superficial de chama menor ou igual a 25 (Classe II-A). Assim, os elementos de revestimento e acabamento devem estar classificados pelo menos como I ou II-A, então a madeira atende os requisitos mínimos de desempenho.

Brizolla et al (2017), enfatiza como a construção civil pode ser impactada, no que se refere a sustentabilidade com a substituição de materiais convencionais por ecológicos, tendo em vista que a exploração econômica desta atividade tem causado impactos negativos ao meio ambiente e ainda existe um grande déficit de moradias no país, especialmente na região de atuação da organização objeto de estudo. O sistema construtivo de madeira Wood Frame tem como característica a utilização de uma estrutura de madeira, em vez da utilização de tijolos e argamassa, que são mais comuns. Assim sendo, este um sistema que conta com painéis pré-fabricados que permitem uma montagem rápida, resistente e de alta durabilidade.

Em um cenário onde as tecnologias construtivas já estão estabelecidas historicamente parece difícil ocorrer mudanças técnicas significativas com a introdução de um novo sistema ou método de construção. Como no caso específico do Brasil, a tradição de construir no canteiro utilizando alvenaria e concreto armado parece impedir a apropriação popular de outras técnicas (Espíndola, 2017).

As madeiras mais utilizadas no Wood Frame, são principalmente o pinus e ocasionalmente o eucalipto. Sendo assim, a utilização destas árvores se deve as suas características secas e ausência de imperfeições, que é primordial para esse sistema de construção. A partir do momento em que são retiradas da natureza, passam por tratamentos químicos, processos industriais e são envelopadas com membranas impermeabilizantes.

A estrutura da construção é totalmente industrializada. Portanto, as peças de madeira são pré-fabricadas, tendo a sua montagem executada no local da obra. De tal forma que, a única etapa executada no canteiro de obras é a fundação, geralmente do tipo radier. O fato de a madeira utilizar materiais adicionais para proteção, necessitar de manutenções constantes e não possuir elementos reciclados em sua composição são fatores que cooperaram para a redução do índice de sustentabilidade do material, considerando a abordagem conceitual do instrumento utilizado para o teste. Apesar de o resultado obtido ter sido abaixo das expectativas iniciais, deve ser considerado o indiscutível potencial que o setor madeireiro desempenha numa estratégia de desenvolvimento sustentável (Bissoli-Dalvi, et al, 2017).

As paredes são compostas por uma parte estrutural de madeira maciça, elas recebem placas de OSB (Oriented Strand Board) com preenchimento de lã de vidro, de rocha ou de pet e recebem também o revestimento de uma placa cimentícia e gesso, o que aumenta a sua rigidez.

A única matéria-prima renovável na construção civil é a madeira, por isso, o impacto ambiental de uma construção em wood frame é menor que de uma construção convencional de alvenaria. Além disso, como as peças são pré-fabricadas, a geração de resíduos é muito baixa. Além do mais, outro ponto importante é a grande diminuição da emissão de CO₂ (Gás Carbônico) através desse sistema, em relação ao método tradicional que por sua vez é um dos maiores geradores de resíduos e CO₂. Conforme estudado por Bissoli-Dalvi et al (2017) a madeira possui um índice alto de sustentabilidade. Esse resultado sugere o amadurecimento do conceito de sustentabilidade para a madeira usada na construção civil. Isso estimula a continuidade dos estudos e incentiva ao debate, para que as análises de sustentabilidade sejam efetuadas a partir de enfoques específicos, de acordo com os aspectos referenciais de cada região.

Pode ser observado no caso específico da construção brasileira em wood frame desde 2010, as mudanças técnicas têm uma relação intrínseca com o sistema econômico (Espíndola, 2017). O método Wood Frame possui uma rápida execução por se tratar de uma construção a seco e leve, já que grande parte do seu processo é industrializado, necessitando de equipamentos de menor porte. Sendo perceptível que sua agilidade tende a ser 60% mais rápida, se comparado com a alvenaria tradicional e o tempo de construção 3 vezes menor.

Todas as peças da casa recebem tratamento em autoclave, o que faz com que a madeira fique protegida contra agentes biológicos, além de receberem uma membrana hidrófuga, aumentando a impermeabilidade. Com isso, a vida útil da madeira faz com que a construção se torne a mesma de uma casa convencional.

Pelo fato de os materiais não serem pesados e serem muito resistentes, a estrutura das construções garante muita estabilidade na construção e segurança para os moradores. Em casos de desastres naturais, como terremotos, o peso dos materiais ajuda em casos de colapso da estrutura, o que diminui o risco de morte em meio aos escombros. Por outro lado, em casos de incêndio a camada externa de gesso protege as

estruturas de madeira e bloqueia o contato das chamas com a madeira. Somado a isso, a placa de OSB é um material resistente ao fogo, portanto não propaga incêndios, mesmo quando o fogo não consegue ser controlado, a madeira tem um bom comportamento em casos de incêndios, pois mesmo que seja exposto às chamas, o interior permanece intacto enquanto o exterior é carbonizado, o que faz com que a edificação preserve a sua estrutura até que todas as pessoas consigam ser evacuadas.

As construções em Wood Frame permitem uma redução na conta de luz, pois a sua estrutura garante o isolamento térmico, mantendo assim a temperatura e diminuindo a necessidade do consumo de ar-condicionado, sistemas de calefação e aquecedores. Para se ter uma ideia das vantagens do uso da madeira, em situações de calor, a casa em Wood Frame terá característica mais confortável do que uma construção de alvenaria, já que a madeira absorve cerca de 40 vezes menos calor do que os blocos de cerâmica. Quando em situações de frio, a madeira será vantajosa devido ao seu ótimo isolamento térmico, mantendo o interior da casa quente devido à lâ de vidro ou lâ de rocha colocadas entre as placas de OSB, que também proporcionam um isolamento acústico.

A fundação mais comum nesse tipo de construção, é a radier. Nela, o uso de concreto se faz necessário para a implementação de uma laje por toda a superfície da construção. Lembrando que esse é um dos únicos momentos que se faz uso desse material. Por consequência, o emprego desta fundação tem como benefício a velocidade de execução e o baixo custo.

6. CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nem todas as empresas interessadas em adotar uma inovação tecnológica na construção civil conseguem cumprir esse papel. Pois, não é fácil mudar um ciclo rotineiro de produção, ainda mais se a empresa já está estabelecida com seus meios voltados para um produto e um método específico difundido e aceito no mercado. Mudar essa rotina de produção e trocar a constância pela dúvida de uma inovação não é uma tarefa fácil, e, por isso, nem todos assumem esta “função especial” (Espíndola, 2017).

Com o objetivo de demonstrar como o wood frame pode fornecer grandes vantagens no setor da construção civil e no meio ambiente, considerando os seus aspectos sustentáveis, de baixo custo, como também, seus desempenhos, técnica construtiva e rapidez na execução, este artigo trouxe uma revisão bibliográfica comprometida em apresentar esta técnica utilizada nas construções em madeira, com o objetivo de que esse sistema ganhe uma maior visibilidade e propagação na construção civil no Brasil, portanto, este estudo proporcionou informações significativas e relevantes afim de demonstrar como esta técnica pode ser viável para a construção civil, considerando questões sociais, ambientais e econômicas.

Por fim, os resultados apresentados pela análise do ISMAS demonstraram que a madeira é considerada um material representativo da temática sustentabilidade, o que reforça os pressupostos conceituais promulgados para esse material (Bissoli-Dalvi, et al, 2017).

Portanto, tendo em consideração todos os aspectos apresentados nesta revisão, pode-se concluir que, no Brasil existe uma grande disponibilidade de matéria-prima, além de que, o wood frame apresenta superioridade em todos os requisitos sustentáveis em relação à outros materiais utilizados comumente no país, já que provem de uma matéria-prima renovável, possuindo também a grande vantagem de suas perdas serem mínimas, além de gastar o mínimo possível com recursos hídricos e energéticos, podendo-se também considerar que, o wood frame pode suprir a grande demanda habitacional no Brasil, visto que, a execução possui maior rapidez se comparada à alvenaria convencional e ter seus custos de mão de obra bem menores, pois, os elementos são pré-fabricados e de fácil execução.

No geral, o sistema wood frame apresenta-se como mais vantajoso, visto que possui desempenhos térmico, acústico e segurança contra incêndio satisfatórios, muitas vezes mais que os sistemas convencionais, como por exemplo, ao atender aos requisitos de desempenho acústico. Sistemas convencionais podem não ser tão fiscalizados quanto a desempenhos térmico e acústico, o que não garante que a maioria dos materiais vendidos para a construção civil estejam de acordo com os estudados. O sistema wood frame também apresenta vantagens por suas obras se realizarem em tempo menor. Outro ponto positivo reflete-se na baixa interferência de mau tempo, como chuvas, pois os painéis podem ser produzidos em fábrica e levados para o canteiro apenas para a montagem. O material principal é sustentavelmente correto, já que a madeira cortada antes do seu apodrecimento não libera para o ambiente todo o CO₂ capturado durante a vida da árvore, e é o único material da construção civil renovável, visto que pode ser replantado (Zanoto, et al, 2021).

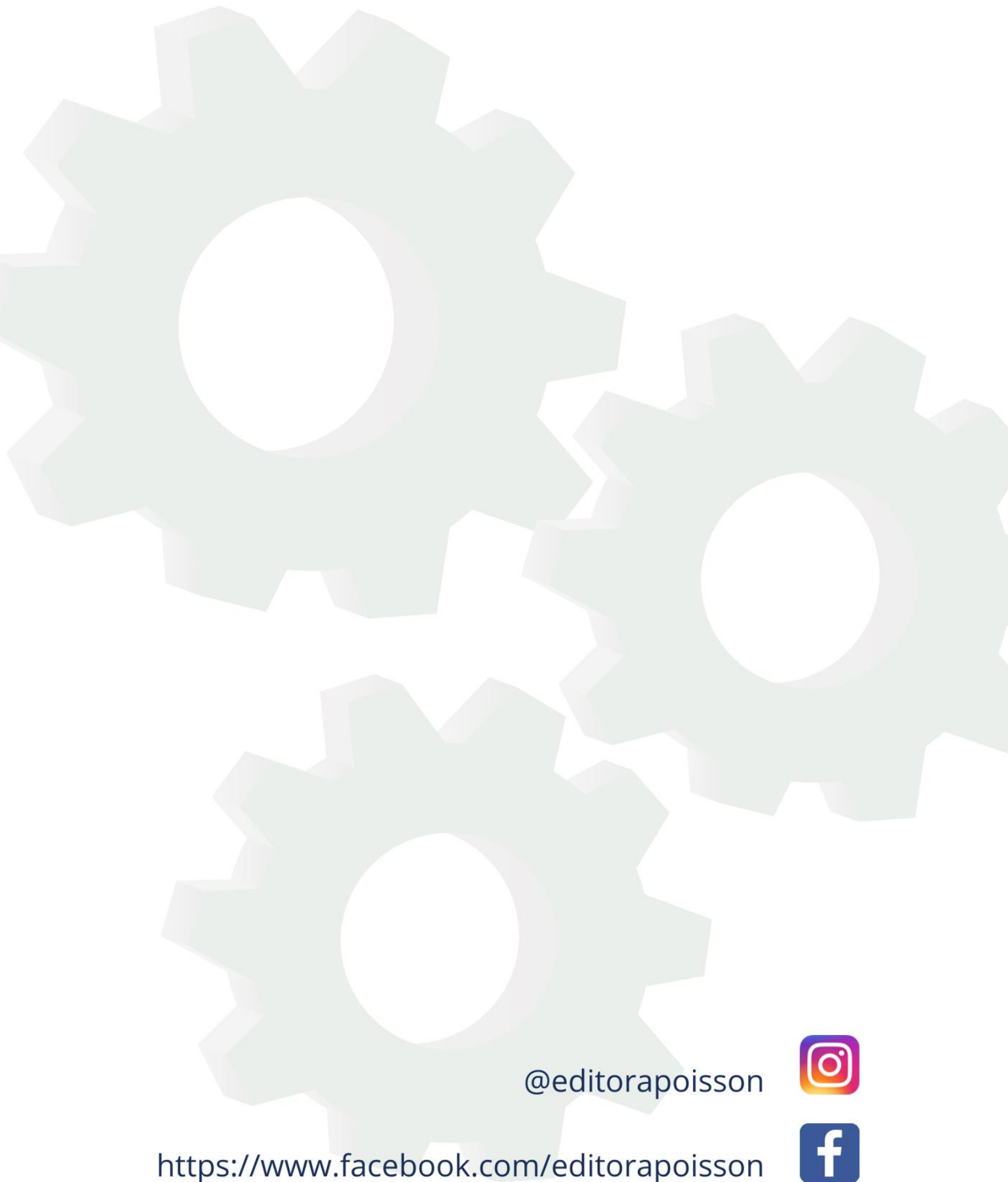
Com isso entende-se que conhecer práticas sustentáveis e a disseminação de informações relacionadas à minimização de impactos ambientais negativos, pode contribuir para melhorar a qualidade de vida no planeta (Brizolla, et al, 2017).

REFERÊNCIAS

- [1] Assis, G. A. G., Souza, L. D. S., Santos, L. C., Nunes, V. D. L., Reis, M. F. C., Soares, J. D., Carvalho, A. M. M. L., & Boschetti, W. T. N. (2017). Sistema construtivo wood frame. [Seminário] III CBCTEM – Congresso Brasileiro De Ciência E Tecnologia Da Madeira, Florianópolis, 2017.
- [2] Associação Brasileira De Normas Técnicas. (1997). NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. 107 f.
- [3] Associação Brasileira De Normas Técnicas. (2013). NBR 15575: Desempenho de edificações habitacionais.
- [4] Associação Brasileira De Normas Técnicas. (s/d). NBR 16936: Edificações em light wood frame.
- [5] Bissoli-Dalvi, M., Ferres, S. C., Alvarez, C. E., & Fuica, G. E. S. (2017). Avaliação da sustentabilidade da madeira por meio da ferramenta ISMAS. Revista Floram – Floresta e Ambiente, <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.077214>, ISSN 2179-8087.
- [6] Brizolla, M. M. B., Filipin, R., Windmüller, C. M., & Rosa, F. S. (2017). A sustentabilidade na construção civil. XIX ENGEMA, Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio ambiente.
- [7] DATec. nº 020-D. Documento de Avaliação Técnica - Sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada – Tecverde (tipo light wood framing). (2020). Ministério do Desenvolvimento Regional – Instituto Falcão Bauer da Qualidade (IFBQ) – Proponente TECVERDE Engenharia S.A., São Paulo, 2020.
- [8] Dias, A. A., Calil Jr, C., Lahr, F. A. R., & Martins, G. C. A. (2019). Estruturas de madeiras: projetos, dimensionamento e exemplos de cálculos. Elsevier.

- [9] Espíndola, L. R. (2017). O wood frame na produção de habitação social no Brasil. [Tese doutorado, Universidade de São Paulo]. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-04092017-113504/publico/TeseCorrigidaLucianaEspindola.pdf>.
- [10] FJP. (2021). Déficit Habitacional no Brasil 2016-2019. Política Habitacional - Fundação João Pinheiro, FJP.
- [11] Istchuk, R. N., Silva, L. M., & Miotto, J. L. (2017, outubro). Habitação em wood frame: análise de sustentabilidade ambiental. [Seminário]. PET – Engenharia Civil UEM – IV Inova Civil, Maringá.
- [12] Lamb, A. L., Assenheimer, B. F., Enderle, T. P., & Pedrozo, E. C. (2020, 20 a 23 de outubro). Estudo sobre o sistema construtivo wood frame e suas vantagens e desvantagens. [Seminário]. Salão do conhecimento – XXVIII Seminário De Iniciação Científica, Santa Rosa. <https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaokonhecimento/article/view/18377>.
- [13] Pizzoni, C. P., & Valle, A. (2017, maio). Vida útil das construções wood frame no Brasil: durabilidade e desempenho. [Seminário]. CLEM + CIMAD – II Congreso Latinoamericano De Estructuras De Madeiras & II Congreso Ibero-Latinoamericano De La Madera Em La Construcción, Buenos Aires, Argentina, 2017.
- [14] Roque, R. A. L., & Pierri, A. C. (2018). Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil, *Revista Research, Society and Development*, 8(2), 1-18.
- [15] Ribaski, N. G., Dudek, L. C., & Rotta, C. E. (2017). O sistema wood frame e o setor madeireiro paranaense, *Revista Brazilian Applied Science Review*, 1(1), 34-41.
- [16] Shigue, E. K. (2018). Difusão da construção em madeira no Brasil: agentes, ações e produtos. [Dissertação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018]. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-03092018-094051/publico/DissCorrigidaErichKazuoShigue.pdf>.
- [17] Sinat. nº 005. Diretrizes para avaliação técnica – Diretriz SINAT nº 005 – Revisão 03: Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas sistema leve: light wood frame. (2020). Ministério do Desenvolvimento Regional – Secretaria Nacional da Habitação – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), Brasília, 2020.
- [18] Zanoto, C., Simão, L. C., & Campos, H. F. (2021). Análise comparativa de desempenhos entres os sistemas construtivos em concreto armado, alvenaria estrutural e light wood frame. Livro Eletrônico: Madeiras Nativas e Plantadas no Brasil: qualidade, pesquisas e atualidades. <https://doi.org/10.37885/210304056>.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br



@editorapoisson



<https://www.facebook.com/editorapoisson>

