

Ednilson Sergio Ramalho de Souza (Editor)

# Pesquisas em Temas de Engenharias

**VOLUME 4**

Volume 4

# **PESQUISAS EM TEMAS DE ENGENHARIAS**

---

Ednilson Sergio Ramalho de Souza  
(Editor)

Volume 4

# PESQUISAS EM TEMAS DE ENGENHARIAS

Edição 1

Belém-PA



2021

---

---

© 2021 Edição brasileira  
*by* RFB Editora  
© 2021 Texto  
*by* Autor(es)  
Todos os direitos reservados

RFB Editora  
Home Page: [www.rfbeditora.com](http://www.rfbeditora.com)  
Email: [adm@rfbeditora.com](mailto:adm@rfbeditora.com)  
WhatsApp: 91 98885-7730  
CNPJ: 39.242.488/0001-07  
R. dos Mundurucus, 3100, 66040-033, Belém-PA

**Diagramação**

Priscila Rosy Borges de Souza

**Design da capa**

Priscila Rosy Borges de Souza

**Imagens da capa**

[www.canva.com](http://www.canva.com)

**Revisão de texto**

Os autores

**Bibliotecária**

Janaina Karina Alves Trigo Ramos

**Gerente editorial**

Nazareno Da Luz

<https://doi.org/10.46898/rfb.9786558891550>

**Catálogo na publicação  
Elaborada por RFB Editora**

P474

Pesquisas em temas de engenharias / Ednilson Sergio Ramalho de Souza (Editor) –  
Belém: RFB, 2021.

(Pesquisas em temas de engenharias, V.4)

Livro em PDF

3.600 KB., il.

ISBN: 978-65-5889-155-0

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550

1. Engenharias. I. Souza, Ednilson Sergio Ramalho de (Editor). II. Título.

CDD 370

Índice para catálogo sistemático

I. Engenharias.

---



Todo o conteúdo apresentado neste livro, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade do(s) autor(es).

Obra sob o selo *Creative Commons*-Atribuição 4.0 Internacional. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

### **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza - UFOPA (Editor-Chefe)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Roberta Modesto Braga-UFPA

Prof. Dr. Laecio Nobre de Macedo-UFMA

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida-UFOPA

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Ana Angelica Mathias Macedo-IFMA

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva-IFPA

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Elizabeth Gomes Souza-UFPA

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Neuma Teixeira dos Santos-UFRA

Prof.<sup>a</sup> Ma. Antônia Edna Silva dos Santos-UEPA

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa-UFMA

Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho-UFSJ

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Isabella Macário Ferro Cavalcanti-UFPE

Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares-UFPI

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Welma Emidio da Silva-FIS

### **Comissão Científica**

Prof. Dr. Laecio Nobre de Macedo-UFMA

Prof. Me. Darlan Tavares dos Santos-UFRJ

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida-UFOPA

Prof. Me. Francisco Pessoa de Paiva Júnior-IFMA

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Ana Angelica Mathias Macedo-IFMA

Prof. Me. Antonio Santana Sobrinho-IFCE

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Elizabeth Gomes Souza-UFPA

Prof. Me. Raphael Almeida Silva Soares-UNIVERSO-SG

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Andréa Krystina Vinente Guimarães-UFOPA

Prof.<sup>a</sup>. Ma. Luisa Helena Silva de Sousa-IFPA

Prof. Dr. Aldrin Vianna de Santana-UNIFAP

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva-IFPA

Prof. Dr. Marcos Rogério Martins Costa-UnB

Prof. Me. Márcio Silveira Nascimento-IFAM

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Roberta Modesto Braga-UFPA

Prof. Me. Fernando Vieira da Cruz-Unicamp

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Neuma Teixeira dos Santos-UFRA

Prof. Me. Angel Pena Galvão-IFPA

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Dayse Marinho Martins-IEMA

Prof.<sup>a</sup> Ma. Antônia Edna Silva dos Santos-UEPA

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Viviane Dal-Souto Frescura-UFSM

Prof. Dr. José Moraes Souto Filho-FIS

Prof.<sup>a</sup>. Ma. Luzia Almeida Couto-IFMT

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa-UFMA

Prof.<sup>a</sup>. Ma. Ana Isabela Mafra-Univali

Prof. Me. Otávio Augusto de Moraes-UEMA

---



Prof. Dr. Antonio dos Santos Silva-UFPA  
Prof<sup>a</sup>. Dr. Renata Cristina Lopes Andrade-FURG  
Prof. Dr. Daniel Tarciso Martins Pereira-UFAM  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tiffany Prokopp Hautrive-Unopar  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Rayssa Feitoza Felix dos Santos-UFPE  
Prof. Dr. Alfredo Cesar Antunes-UEPG  
Prof. Dr. Vagne de Melo Oliveira-UFPE  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ilka Kassandra Pereira Belfort-Faculdade Laboro  
Prof. Dr. Manoel dos Santos Costa-IEEMA  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Érima Maria de Amorim-UFPE  
Prof. Me. Bruno Abilio da Silva Machado-FET  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Laise de Holanda Cavalcanti Andrade-UFPE  
Prof. Me. Saimon Lima de Britto-UFT  
Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho-UFSJ  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Patrícia Pato dos Santos-UEMS  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Isabella Macário Ferro Cavalcanti-UFPE  
Prof. Me. Alisson Junior dos Santos-UEMG  
Prof. Dr. Fábio Lustosa Souza-IFMA  
Prof. Me. Pedro Augusto Paula do Carmo-UNIP  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Dayana Aparecida Marques de Oliveira Cruz-IFSP  
Prof. Me. Alison Batista Vieira Silva Gouveia-UFG  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvana Gonçalves Brito de Arruda-UFPE  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nairane da Silva Rosa-Leão-UFRPE  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Adriana Barni Truccolo-UERGS  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares-UFPI  
Prof. Me. Fernando Francisco Pereira-UEM  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cátia Rezende-UNIFEV  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Katiane Pereira da Silva-UFRA  
Prof. Dr. Antonio Thiago Madeira Beirão-UFRA  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Dayse Centurion da Silva-UEMS  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Welma Emidio da Silva-FIS  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Elisângela Garcia Santos Rodrigues-UFPB  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thalita Thyrsa de Almeida Santa Rosa-Unimontes  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luci Mendes de Melo Bonini-FATEC Mogi das Cruzes  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Francisca Elidivânia de Farias Camboim-UNIFIP  
Prof. Dr. Clézio dos Santos-UFRRJ  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Catiane Raquel Sousa Fernandes-UFPI  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Raquel Silvano Almeida-Unespar  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Marta Sofia Inácio Catarino-IPBeja  
Prof. Me. Ciro Carlos Antunes-Unimontes

Nossa missão é a difusão do conhecimento gerado no âmbito acadêmico por meio da organização e da publicação de livros científicos de fácil acesso, de baixo custo financeiro e de alta qualidade!

Nossa inspiração é acreditar que a ampla divulgação do conhecimento científico pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

*Equipe RFB Editora*

---



---

# SUMÁRIO

**APRESENTAÇÃO ..... 9**

## **CAPÍTULO 1**

**MAPEAMENTO TECNOLÓGICO EM BASES EM DADOS DE PATENTES REFERENTE AO REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO APLICADO A PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL ..... 11**

Flávio André Alves de Oliveira

Marciel Castro de Oliveira

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.1

## **CAPÍTULO 2**

**LEVANTAMENTO DOS ADITIVOS DE CUSTO E PRAZO EM OBRAS PÚBLICAS DO FNDE EM CAXIAS/MA..... 27**

Rodrigo da Silva Magalhães

Acyr de Sousa Carvalho Filho

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.2

## **CAPÍTULO 3**

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE DOSAGEM AUTOMÁTICA DE MACRO INGREDIENTES NA FABRICAÇÃO DE RAÇÃO PARA AVES ..... 39**

Marcelo Luiz Santa Rosa da Silva

Márlison Santos de Sá

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.3

## **CAPÍTULO 4**

**HOSPITAIS MODULARES PRÉ-FABRICADOS: COVID-19 E OS AVANÇOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL..... 57**

Taline Nascimento Carvalho

Márlison Santos de Sá

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.4

## **CAPÍTULO 5**

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA-FINANCEIRA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO NO LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - UNAMA, NA CIDADE DE SANTARÉM-PA..... 77**

Kallena Abreu Azuelo

Matteus Freitas de Alencar

Rogério Diogo Cardoso de Jesus

Márlison Santos de Sá

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.5

## **CAPÍTULO 6**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL E ALVENARIA ESTRUTURAL..... 91**

Gustavo Ferreira Aguiar

---

---

Fransuelen Thaynara Viana Pinheiro  
Allan Dallen Almeida de Sousa  
DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.6

## **CAPÍTULO 7**

### **A APLICABILIDADE DAS BATERIAS DE ÍONS DE SÓDIO COMO NOVAS FORMAS DE RESERVA DE ENERGIA..... 107**

Aldilano Cruz da Silva  
José Renivaldo Santos Gondim  
Hinglison Parente Rebelo  
DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.7

## **CAPÍTULO 8**

### **ELETRICIDADE EM REGIÕES REMOTAS DA AMAZÔNIA: IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO NA COMUNIDADE ÁGUA BOA, TERRA SANTA - PA..... 125**

Antonio Edney Feitosa Vieira  
Márlison Santos de Sá  
DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.8

## **CAPÍTULO 9**

### **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO INTELIGENTE..... 143**

Denys Santos Silva  
Francicleo Dias Nogueira  
Levi Ribeiro Ficagna  
Márlison Santos de Sá  
DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.9

## **CAPÍTULO 10**

### **SISTEMA PARA CONTROLE DE ACESSO A AMBIENTES BASEADO NA IDENTIFICAÇÃO BIOMÉTRICA ..... 161**

Antonio Erick da Costa Vieira  
Deyvisson da Silva Feitosa  
Márlison Santos de Sá  
DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.10

## **CAPÍTULO 11**

### **MOTORES ELÉTRICOS TRIFÁSICO E OS SEUS PRINCIPAIS ACIONAMENTOS ..... 179**

Alessandra Eduarda Guimarães Sousa  
Geovani de Araújo Spies  
José Raimundo Bento  
DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.11

---

---



# APRESENTAÇÃO

Prezad@s,

Satisfação! Esse é o sentimento que vem ao meu ser ao escrever a apresentação deste delicioso livro. Não apenas porque se trata do volume 4 da Coleção Pesquisas em Temas de Engenharias, publicado pela RFB Editora, mas pela importância que essa área possui para a promoção da qualidade de vida das pessoas.

Segundo a Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), fazem parte dessa área: Engenharia de Minas, Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Engenharia Química, Engenharia Nuclear, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Engenharia Naval e Oceânica, Engenharia Aeroespacial, Engenharia Elétrica, Engenharia Biomédica. Tal área suscita, portanto, uma gama de possibilidades de pesquisas e de relações dialógicas que certamente podem ser relevantes para o desenvolvimento social brasileiro.

Desse modo, os artigos apresentados neste livro - em sua maioria frutos de árduos trabalhos acadêmicos (TCC, monografia, dissertação, tese) - decerto contribuem, cada um a seu modo, para o aprofundamento de discussões na área de Engenharia, pois são pesquisas germinadas, frutificadas e colhidas de temas atuais que vêm sendo debatidos nas principais universidades brasileiras e que refletem o interesse de pesquisadores no desenvolvimento social e científico que possa melhorar a qualidade de vida de homens e de mulheres.

Acredito, verdadeiramente, que a ampla divulgação do conhecimento científico de qualidade pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

Esse livro é parte singela da materialização dessa utopia.

*Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza*

Editor-Chefe

---



# CAPÍTULO 1

---

## MAPEAMENTO TECNOLÓGICO EM BASES EM DADOS DE PATENTES REFERENTE AO REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO APLICADO A PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL

*TECHNOLOGY MAPPING DATA BASE PATENT RELATING  
TO REUSE OF CONSTRUCTION WASTE APPLIED TO  
PAVING IN BRAZIL*

Flávio André Alves de Oliveira<sup>1</sup>  
Marciel Castro de Oliveira<sup>2</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.1

<sup>1</sup> UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA-UFOB, [flavio.andre@ufob.edu.br](mailto:flavio.andre@ufob.edu.br), <http://lattes.cnpq.br/4655530843382558>  
<sup>2</sup> UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA-UFOB, [marciel.castro@ufob.edu.br](mailto:marciel.castro@ufob.edu.br), <http://lattes.cnpq.br/7166494639391662>

## RESUMO

O presente estudo tem o objetivo de realizar um mapeamento tecnológico acerca dos resíduos de construção e demolição aplicados na pavimentação no Brasil nas bases de dados e do INPI e Patentscope. Os resíduos de construção e demolição podem ser classificados em 4 classes. Os resíduos classificados como classe A e classe B, onde no Brasil é regulamentado pela resolução Conama N° 307 de julho de 2002. Para a realização do mapeamento foi utilizado as palavras-chaves *paviment\** na base de dados do INPI e *paving\* or pavement\** e *Construct\* waste or Demolition\** no patentscope onde foi feita combinações com os códigos de classificação internacional (IPC) B09B 5/00, C04B18/04 e C04B 18/16 em ambas as bases. Encontrando 11 patentes relacionadas ao tema na base de dados do INPI, 718 documentos de patentes na base de dados do Patentscope. Foi possível ver que os Estados Unidos e a união europeia são os maiores depositantes de patentes via PCT.

**Palavras-chave:** Patentes. Mapeamento tecnológica. Resíduos sólidos. Pavimentação

## ABSTRACT

This study aims to carry out a technological mapping about the construction and demolition waste applied to the pavement in Brazil in databases and INPI and patentscop. Construction and demolition waste can be classified into 4 classes. Waste classified as class A and class B, where in Brazil it is regulated by Conama resolution No. 307 of July 2002. To carry out the mapping, the keywords *pavement\** in the INPI database and *paving\* or pavement\** were used \* and *Construct\* waste or Demolition\** in the patentscope where combinations were made with the international classification codes (IPC) B09B 5/00, C04B18/04 and C04B 18/16 in both bases. INPI data, 718 patent documents in the patentscope database. It was possible to see that the united states and the european union are the largest applicants for patents via PCT.

**Keywords:** Patents. Technological mapping. Solid waste. Paving

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Paranhos E Ribeiro (2018) O mapeamento tecnológico por meio de patentes é outro objetivo de busca muito comum que motiva estudos de prospecção. Tais mapeamentos são instrumentos eficazes, de grande contribuição para tomada de decisões, pois ajudam a detectar novas tecnologias relevantes, identificar os nichos de mercado, as fusões, as aquisições, dentre outros enfoques

É possível encontrar na literatura alguns estudos sobre a prospecção e mapeamento tecnológico sobre o uso de resíduos na construção civil como o estudo realizado por (ARAÚJO, UCHÔA, *et al.*, 2013) onde fazem uma prospecção sobre o concreto verde, que foi realizada na base de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) onde foram encontradas 111 patentes e selecionadas 21 documentos de patentes. Oliveira e Oliveira (2020) no seu trabalho buscou analisar os documentos de patentes referentes relacionadas a resíduos de construção e demolição aplicados a pavimentação na base de dados do Espacenet, onde foi encontrado mais de 1825 patentes relacionadas ao tema, onde verificou-se que a China, Japão e República da Coreia eram os maiores detentores dessa tecnologia. Para a realização da busca Oliveira e Oliveira (2020) usaram a combinações das palavras-chaves “*paving\* or pavement\**” e “*Construct\* waste or Demolition\**” e os códigos IPC B09B 5/00, C04B18/04 e C04B 18/16.

A indústria da construção civil gera quantidade de resíduos, e se administrado de forma incorreta os RCD's podem causar impactos significativos ambientais e sociais, causando poluição visuais, alagamentos e proliferação de vetores de doenças entre outros (OLIVEIRA, 2020). Desta forma é de grande importância o delineamento e mapeamento de tecnologias referentes ao aproveitamento e gerenciamento dos RCD's, para poder entender onde é quais os tipos de tecnologias estão sendo desenvolvidas e protegidas no Brasil.

O presente estudo tem como objetivo realizar um mapeamento de patentes relacionadas a resíduos de construção e demolição aplicados a pavimentação Protegidos no território brasileiro. Utilizando estratégias de buscas descritas por Oliveira e Oliveira (2020).

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Resíduos de construção e demolição**

A resolução CONAMA N° 307 de julho de 2002 estabelece as diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos de construção civil, onde visa diminuir os impactos ambientais causados por a disposição incorretas deste tipo de materiais. Onde seu segundo artigo, faz definições importantes como: Resíduos da construção civil, Geradores, Transportadores, Agregado reciclado, Gerenciamento de resíduos, - Reutilização, Reciclagem, Beneficiamento, Aterro de resíduos classe A de reserva de material para usos futuros, Área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT), Gerenciamento de resíduos sólidos, Gestão integrada de resíduos sólidos.

I-Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc. comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha[...]

IV - Agregado reciclado: é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia; [...]

VIII - Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo à operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto. (CONAMA,2020)

Os resíduos de construção e demolição são classificados em 4 classes. Os resíduos classificados como classe A e classe B, são resíduos plausíveis de serem recicláveis e os resíduos classe C e D são resíduos nos quais não existem tecnologias para o seu tratamento ou são resíduos perigosos para a saúde humana e ambiental. A resolução CONAMA (2002) define uma ferramenta de gerenciamento desses resíduos, O Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).

Art. 9o Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas:

I - Caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;

II - Triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3o desta Resolução;

III - acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem;

IV - Transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;

V - Destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta Resolução. (CONAMA, 2002)

Os Resíduos de construção e demolição precisam ter uma gestão adequada, onde essa gestão deve visa a diminuição dos impactos ambientais. Onde a disposição de maneira incorreta pode acarretar na proliferação de vetores de doenças como o *Aedes aegypti*, roedores e alguns Artrópodes.

Onde segundo (SILVA e FERNANDES, 2012) a falta de interesse político o para a efetivação do gerenciamento dos RCD gera falta de informação e implicação direta sobre a falta de interesse sobre a população sobre o correto descarte destes resíduos. onde em um sistema de gerenciamento correto os ganhos seriam enormes em três níveis: Econômico, social e ambiental.

## 2.2 Reaproveitamento de materiais para a Construção Civil

O reaproveitamento dos RCD's torna-se um meio de geração Da Economia Circular no setor da construção civil, transformando resíduos em produtos com Valor agregados. De acordo com Bernardo (2021) O modelo de economia circular utiliza os recursos de uma forma eficiente, minimizando a quantidade de resíduos gerados e o reaproveitamento dos seus resíduos. Após o fim do ciclo de vida da obra, recolhe-se o material procedendo à sua reciclagem, se possível, reintroduzindo o mesmo em novos ciclos construtivos. diferente da economia linear, em que modelo consiste na extração modelo da economia linear consiste na extração de matérias-primas do meio ambiente, transformação das mesmas em materiais de construção, com pouca capacidade de reutilização, tornando obsoletos ao final do processo. (BERNARDO, 2021)

Segundo Amadei, et al., 2011 O emprego de agregados reciclados como componentes básicos de pavimentos é uma prática muito disseminada principalmente de países europeus, da Austrália e dos Estados Unidos. Esses locais criam suas próprias especificações para a produção e aplicação dos RCD's, os agregados estabelecem boas bases granulares e estabilidades, apresentando um potencial para mistura com concreto asfálticos, desta forma é um campo de aplicação bastante interessante em pavimentos asfálticos e de cimento Portland. Isso se dá pelas suas propriedades e baixo custo agregado.

Considerando o estágio de conhecimento, a utilização de agregados de RCD reciclados como base de pavimentação é uma alternativa tecnologicamente consolidada, mas também é necessário que sejam desenvolvidas outros mercados para garantir a reciclagem em grande escala de RCD. (AMADEI, PEREIRA, *et al.*, 2011)

## 2.3 Prospecção tecnologica

A busca por novas tecnologias e análises das tecnologias que existem no mercado é indispensável para a geração de novos negócios, pesquisas de mercado e desenvolvimentos de tecnologias correlatas. Desta forma a análise de patentes é um procedimento fundamental para o desenvolvimento de novos produtos e processos, uma vez que proporciona uma visão geral de uma área tecnológica específica. Por meio das análises das informações de patentes é possível ter esse conhecimento de mercado, identificar novas empresas que desenvolvem pesquisas na área de interesse, como encontrar o potencial mercado para a tecnologia. (PARANHOS e RIBEIRO, 2018)

Para a realização de buscas de informações de patentes é necessário definição do enfoque e tipo de metodologia aplicada. Paranhos E Ribeiro (2018) diz que é

fundamental o planejamento da estratégia de busca, onde pode ser anterioridade, busca visando mapeamento de tecnologias, busca sobre liberdade de operação e busca sobre validade de patentes. Onde para a escolha da base deve se levar em conta a abrangência da base de dados e/ou ferramenta escolhida, como também seus custos e recursos oferecidos.

Figura 1 - Base de dados de documentos patentários

BASES DE DADOS DE PATENTES							
	INPI	DII	ESPACE NET	GOOGLE PATENTS	LATIPAT	PATENTSCOPE	USPTO
<b>Categoria 1: Características Gerais</b>							
Editor	INPI	Thomson Reuters	EPO	Google	EPO	WIPO	USPTO
Acervo	Brasil	65 milhões Global	110 milhões + 90 países	87 milhões Global	2 milhões Espanha A Latina	75 milhões Global	7 milhões Global
<b>Categoria 2: Recursos de busca</b>							
Busca	Básica Avançada	Básica Avançada Patente citada	Inteligente Avançada Classificação	Básica Avançada	Inteligente Avançada Classificação	Simple Avançada Combinação de campos Expansão multilingue Compostos químicos	Básica Avançada Nº da patente
Operadores	Booleano (pesquisa avançada)	Booleano Truncamento Rótulos de campos	Booleano Truncamento	Booleano (formato USPTO e Espacenet)	Booleano Truncamento	Booleano Proximidade Intervalo Curingas	Booleano
<b>Categoria 3: Resultados de buscas</b>							
Formato de saída	Download Impressão	Download Impressão Envio Email Exportação de dados Salva históricos	Download Impressão Exportação de dados	Download Impressão	Download Impressão Exportação de dados	Exportação de dados e figuras	Impressão Download de imagens
Singularidade	Rev. de Propriedade Industrial	Envio da pesquisa por email, Apresentação dos resultados por meio de gráficos	Tradução da patente para o idioma inglês Tutorial em vídeo Fórum discussão	Informação sobre litígio de patentes Base integrada ao Google Acadêmico	Busca em português Tradução do documento Tutorial em vídeo Fórum discussão	Inclui base do INPI Patentscope Mobile	Impressão Download de imagens

fonte: Araújo, et. al. (2020)

Segundo Araujo, Moreira, *Et Al.*, (2020) As bases de dados de patente podem ser utilizadas para as mais variadas finalidades, dentre elas a prospecção tecnológica com a finalidade de identificar oportunidades de exploração ou aprimoramento de tecnologias patenteadas ou em domínio público. Desse modo, as bases patentárias oferecem acesso às informações dos documentos de patentes que podem agregar valor aos produtos e serviços oferecidos pelas empresas.

Entre as informações que podemos utilizar para compor um relatório de prospecção estão, países de origem da invenção, países onde a invenção está protegida, inventores, depositantes, data de depósito, resumos, códigos de classificação internacional de patentes, código de cooperação de patentes, resumos e entre outras informações disponibilizadas por cada base de dados de patentes.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em um mapeamento de patentes protegida no território brasileiro referente ao reaproveitamento de resíduos de construção e demolição. Onde foi escolhido duas bases de dados Patentários. Onde para montar as estratégias de buscas foi considerado as mesmas utilizadas por Oliveira e Oliveira (2020), adequando para a especificidades de casa bases dados.

Existem vários bancos de dados para realização de busca podendo ser nacionais ou internacionais, e a escolha da estratégia de busca é fundamental para qualidade do resultado a ser encontrado. Diversos campos são utilizados em buscas em bases de dados de patentes. A escolha deles varia, sobretudo, de acordo com o objetivo da busca e com os recursos que a base de dados oferece. Dentre os campos de busca, um dos mais utilizados são palavras-chave no título da patente. Esse campo de busca é relevante para a recuperação de documentos de patentes que tratam de determinada tecnologia porque se toma como princípio que o título deve descrever de forma clara e precisa a invenção. (PARANHOS e RIBEIRO, 2018)

Foi realizado uma busca na base de patentes do INPI, onde para realizar a busca foi utilizado a palavra-chave Paviment\* e com os códigos de classificação internacional (IPC) B09B 5/00, C04B18/04 e C04B 18/16. Onde foi possível localizar 12 documentos de patentes.

**Tabela 1** - Tabela de Escopo utilizado na base de dados do INPI

Palavras-chave	Códigos IPC			Total
	B09B 5/00	C04B18/04	C04B 18/16	
Paviment*				
x	x			<b>1</b>
x		x		<b>6</b>
x			x	<b>5</b>

**Fonte:** Autoria própria

foi realizado uma busca na base de dados do Patentscope, onde para realizar a busca foi utilizado as palavras-chaves paving\* or pavement\* e Construct\* waste or Demolition\* onde foi feita combinações com os códigos de classificação internacional (IPC) B09B 5/00, C04B18/04 e C04B 18/16. Onde foi escolhida somente as patentes depositadas via PCT, onde foi possível localizar 756 documentos de patentes.

**Tabela 2:** Tabela de Escopo utilizado na base de dados do patentscope

PALAVRAS-CHAVE		CÓDIGOS IPC			TOTAL
paving* or pavement*	Construct* waste or Demolition *	B09B 5/00	C04B18/04	C04B 18/16	
x	X	x			98
x	X		x		295
x	X			x	363

Fonte: Autoria própria

Após a localização dos dados, foi feito o tratamento dos dados no software Microsoft Excel. Esse tratamento de dados consistiu em agrupar e computar esses dados com o intuito de extrair as informações foco da pesquisa. Onde após a exclusão das duplicadas foram encontradas 11 patentes na base do INPI e 718 patentes na base de dados do Patentscope.

**Tabela 3 -** descrição dos códigos do escopo

CODIGO	DESCRIÇÃO
B09B5/00	refere-se a eliminação de resíduos sólidos
C04B18/04	refere-se à o uso de materiais de rejeição ou de refugo, como argamassas, concreto
C04B18/16	refere-se a indústria da construção ou cerâmica

Fonte: Autoria própria

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Patentes depositadas na base de dados do INPI

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Economia, foi criado no ano de 1970 e responsável pela gestão da propriedade industrial brasileira como o aperfeiçoamento e garantia dos

direitos intelectuais (INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL, 2020). Onde sua base de dados foi criada em 1992, com cobertura nacional, sua base de dados tem o objetivo de disponibilizar os pedidos registrado no INPI, informando os andamentos e histórico dos processos, dados bibliográficos e ao estado jurídico das invenções registradas. É uma base de uso gratuito. (ARAUJO, MOREIRA, *et al.*, 2020)

**Quadro 1 - Patentes Depositadas no INPI-**

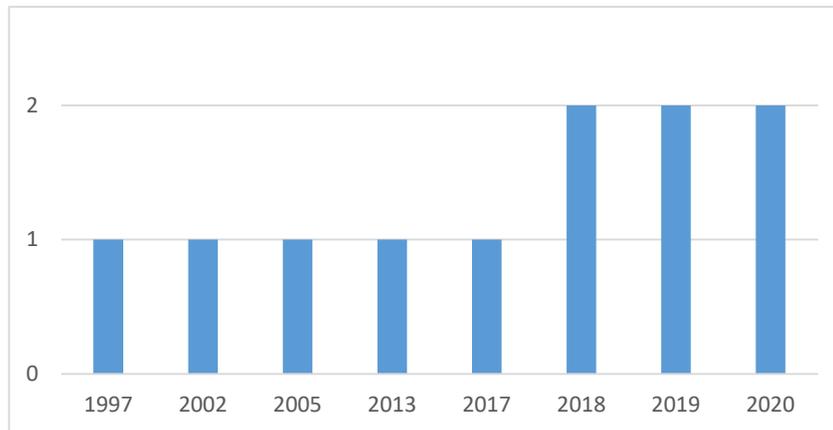
NÚMERO DE PUBLICAÇÃO	DEPOSITANTE
BR 10 2020 025921 0	SAMARCO MINERAÇÃO S.A. (BR/MG)
BR 10 2020 000238 4 A2	LEONARDO ALVES DA CONCEIÇÃO (BR/RJ) / RICARDO DE FREITAS CABRAL (BR/RJ) / ROBERTO DE OLIVEIRA MAGNAGO (BR/RJ)
BR 10 2018 077544 8	ANTONIO JOSÉ OLIVEIRA CABRAL (BR/RJ)
BR 10 2013 030981 8	INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S/A (BR/SP)/ INTERCEMENT BRASIL S.A. (BR/SP)
PI 0505834-1	Flávio Mourão Passos (BR/MG)
PI 0213620-1	E.I. Du Pont de Nemours And Company (US)
BR 10 2019 024506 9	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA (BR/PR) / BLOCOS E PAVERS - ARTEFATOS DE CIMENTO LTDA ME (BR/PR)
BR 10 2019 014376 2	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO (BR/GO)
BR 11 2020 013362 0	WALTER AURELIO MORI PÉREZ (PE) / ROGER WALTER MORI PIZZINO (PE)
PI 9701192-4	Marcelo Sequeira Vilas Boas (BR/PR)
BR 11 2020 007768 2	A.L.M. HOLDING COMPANY (US) / ERGON ASPHALT & EMULSIONS, INC. (US)

Fonte: Autoria própria

O quadro 1 mostra as patentes depositadas no base de dados no INPI achadas através das estratégias de buscas contidas na tabela 1, dentre as patentes encontra-

das 9 são de origem brasileira, 3 que os detentores são de empresa privada 3 dos detentores são ICT's e 5 de origem de inventores independentes. As patentes BR 10 2019 024506 9 I e BR 10 2013 030981 8 possuem cooperação entre ICT'S e empresas privadas. 2 de origem dos Estados Unidos, todas de originarias de empresas.

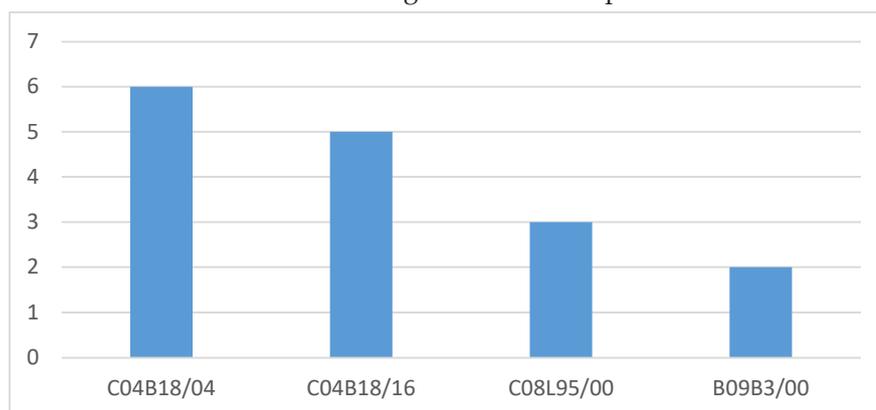
**Grafico 1 - Patentes Depositadas ao Longo dos Anos**



Fonte: Autoria própria

O gráfico 1 mostra a quantidade de patentes depositadas por ano, vemos que a primeira patente depositada foi a PI 9701192-4, a patente trata de processos de obtenção de argamassas para aplicação em geral, a parti de RCD's. porem não tendo em 2018 e 2019 depósitos via de duas patentes por ano, porem não se pode afirmar nada do período de 2020 a 2021, devido ao período de sigilo de 18 meses. Um pedido de patente é aceito e protocolado pelo INPI, é mantido em sigilo de 18 meses da data prioridade mais antiga (JUNIOR, ALVES, *et al.*, 2020)

**Grafico 2 - Códigos IPC mais frequentes**



Fonte :Autoria própria

os códigos mais indexados nos documentos de patentes buscados no base do INPI foram os pertencentes aos grupos CO4 B18 que é referente ao uso dos Uso de aglomerados ou materiais de rejeito ou refugo, como enchimento para argamassas,

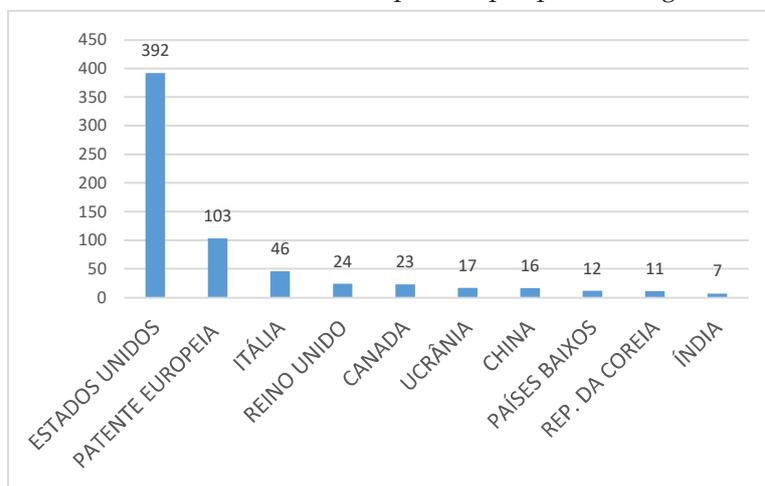
concreto ou pedra artificial; Tratamento de aglomerados ou materiais de rejeito ou refugo, especialmente adaptados para melhorar suas propriedades de enchimento em argamassa, concreto ou pedra artificial. Mais especificamente o código CO4 B18/04 é referente a Materiais de rejeito. indústria de construção ou cerâmica, o código CO4 B18/16 é referente a indústria de construção ou cerâmica. (WIPO, 2021)

os códigos C08L95/00 refere-se a Composições de resinas naturais; Composições de seus derivados e o B09B3/ 00 refere-se Destruição de lixo sólido ou transformação de lixo sólido em algo de útil ou inofensivo.

## 4.2 Patentes depositadas via PCT

O Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT) é um tratado multilateral. Esse processo de depósito proporciona ao requerente que sua patente de invenção de uma nova tecnologia para um produto ou processo possa ser protegida por todas os países que são signatários do tratado, através de um único depósito, o Brasil é signatário desde sua criação em 19 de junho de 1970, em Washington e entrou em vigor em 01 de junho de 1978. (INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL, 2011)

**Gráfico 3 -** Quantidade de patente por país de origem



Fonte : Autoria própria

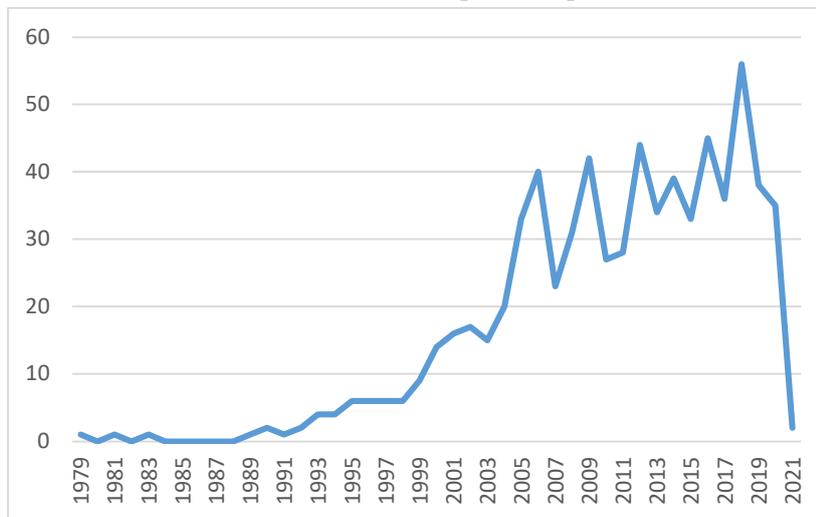
Em muitos países da Europa, Estados Unidos e Japão as usinas de reciclagem já realizam o tratamento de resíduos de construção e demolição desde 1998, onde muitos deles já estão avançados nos processos do tratamento, os processos desses resíduos são realizados pela iniciativa privada com incentivo da administração pública. (LEITE, 2001)

No gráfico 3 podemos ver que os Estados Unidos são responsáveis por depositar 392 patentes via PCT seguido da união europeia com 103 e Itália com 46 patentes

via PCT. Segundo Peng et al. (1997 apud LEITE, 2001) os Estados Unidos geram 20 a 30 kg/m<sup>2</sup> por metro quadrados construído, onde produz por ano, cerca de 31,5 milhões de toneladas por ano. Essa grande quantidade RCD's geradas pode ser uns dos fatores que explica a quantidade de patentes produzidas pelos Estados Unidos.

De acordo com Dorsthorst e Hendriks (2000 apud LEITE, 2001) a comunidade europeia gera cerca de 180 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano o que equivale a cerca de 0,5 tonelada por habitante ao ano, onde cerca de 50 milhões de toneladas são reaproveitados.

**Gráfico 4 - Numero de patentes por ano**



**Fonte:** Autoria própria

O gráfico 4 mostra os depósitos de patentes via PCT ao decorrer do período de 1979 a 2021, onde existe um aumento nos depósitos de patentes node 2000 a 2018, t, entre 2019 a 2021, não se pode afirmar se houve um decréscimo nos depósitos de patentes, pois uma patente pode ser requerida após 30 meses do deposito inicial prioritário. (WIPO, 2020)

**Tabela 4 - Patentes por Classificação Internacional de Patentes (CIP)**

<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>%</b>
<b>C04B28/02</b>	composições de argamassas, concreto contendo cimentos hidráulicos outros que não de sulfato de cálcio	9,46%
<b>C04B28/04</b>	Cimentos Portland	6,82%
<b>C08L95/00</b>	Composições de matérias betuminosas, p. ex. asfalto, alcatrão ou piche	5,29%
<b>C04B40/00</b>	Processos, em geral, para influenciar ou modificar as propriedades de composições de argamassas, concreto ou pedras artificiais, p. ex. sua capacidade de decantação ou cura	4,73%
<b>C04B26/26</b>	Materiais betuminosos	4,17%
<b>C04B28/00</b>	Composições de argamassas, concreto, pedra artificial ou similares, contendo ligantes inorgânicos ou produtos de reação de um ligante inorgânico e um ligante orgânico	3,06%
<b>C04B40/02</b>	Processos, em geral, para influenciar ou modificar as propriedades de composições de argamassas: Seleção do meio de endurecimento	3,06%
<b>C04B24/26</b>	Uso de materiais orgânicos como ingredientes ativos para argamassas: obtidos por reações envolvendo somente ligações insaturadas carbono-carbono	2,64%
<b>C04B20/10</b>	Uso de materiais como enchimento, para argamassas, concreto, pedra artificial ou similar, especialmente adaptados para melhorar suas propriedades de enchimento em argamassas, concreto ou pedra artificial; Materiais expandidos ou desfibrados: Revestimento ou impregnação	2,50%

Fonte : Autoria própria

A tabela 4 mostra os códigos da Classificação Internacional de Patentes mais indexados nos pedidos de PCT. A Classificação Internacional de Patentes (IPC) é uma forma de descrição da tecnologia por meio de tipificação. Onde os documentos de patentes descrevem o tipo de tecnologia por um ou mais código presente no IPC, onde tudo que é patenteável é descrito por ele, onde segundo (QUONIAM, KNISS e MAZIERI, 2014)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi realizar um mapeamento de patentes relacionadas a resíduos de construção e demolição aplicados a pavimentação Protegidos no território brasileiro. Onde foi possível encontrar 11 patentes relacionadas ao tema na base de dados do INPI, 718 documentos de patentes na base de dados do patentscope. Foi possível ver que os Estados Unidos e a união europeia são os maiores depositantes de patentes via PCT.

Podendo ver que existe um grande interesse em proteger essas tecnologias em território nacional e internacional, contudo não é possível afirmar quais dessas tecnologias foram concedidas ou que estão em vigor. Uma sugestão para trabalhos futuros é a Estudos de liberdade de operação de patentes referentes ao tema, de uma forma mais específica e aprofundada, buscando lacunas ou mesmo tecnologias que serão passíveis de proteção no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- AMADEI, D. I. B. et al. A QUESTÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: UM BREVE ESTADO DA ARTE. **Revista NUPEM**, Campo Mourão, v. v.3, , n. 5, p. 185-195, DEZ 2011.
- ARAUJO, G. G. D. et al. Bases de Dados de Patentes: uma análise a partir do portal de periódicos da CAPES. **Cadernos de Prospecção**, v. v. 12 , n. n. 5, 2020. ISSN <https://doi.org/10.9771/cp.v12i5%20Especial.32605>.
- ARAÚJO, V. R. B. S. D. et al. ESTUDO DE PROSPECÇÃO DO CONCRETO VERDE. **Cadernos de Prospecção**, v. 6, n. 2, p. p.106-114. , 2013. ISSN 2317-0026.
- BERNARDO, E. P. **GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: Metodologia de Demolição Seletiva**. PORTO: FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, 2021.
- CONAMA. RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. **adasa**, 2002. Disponível em: <[http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/conama\\_res\\_cons\\_2002\\_307.pdf](http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/conama_res_cons_2002_307.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2021.

ESPACENET. Classificação Patente Cooperativa. **Espacenet**: Pesquisa de patentes, 2021. Disponível em: <[https://lp.espacenet.com/classification?locale=pt\\_LP](https://lp.espacenet.com/classification?locale=pt_LP)>. Acesso em: 24 ago. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Guia do Depositante "ro/br"**. MINISTÉRIO DA ECONOMIA. [S.l.]. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). **GOV.BR**, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/orgaos/instituto-nacional-da-propriedade-industrial>>. Acesso em: 27 ago. 2021.

JUNIOR, R. F. G. et al. FLUXO DAS PATENTES DEPOSITADAS. In: GUIMARÃES, F. X. **Encontro Brasileiro de Bibliometria e Cientometria**. Salvador: Sistema Universitário de Bibliotecas - SIBI/UFBA, 2020. p. 681-687.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

OLIVEIRA, F. A. A. D.; OLIVEIRA, M. C. D. Prospecção tecnológica de patentes relacionadas ao reaproveitamento de resíduos de construções e demolições (RCD). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba- PR, v. 6, n. 9, p. 73310-73319, sep 2020. ISSN 2525-8761 DOI:10.34117/bjdv6n9-694.

OLIVEIRA, L. J. C. E. A. Gestão de resíduos: uma análise sobre os impactos da geração de rejeitos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba- PR, v. 6, n. 5, p. 24447-24462, maio 2020. ISSN 2525-8761.

PARANHOS, R. D. C. S.; RIBEIRO, N. M. Importância da Prospecção Tecnológica em Base de Patentes e seus Objetivos da Busca. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 5, DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v12i5.28190>, p. 1275-1292, 2018.

QUONIAM, L.; KNISS, C. T.; MAZIERI, M. R. A patente como objeto de pesquisa em Ciências da Informação e Comunicação. : **revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 19, n. 39, p. 243-268, 2014.

SILVA, V. A. D.; FERNANDES, A. L. T. Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) em Uberaba-MG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 24, n. 2, agosto 2012. ISSN <https://doi.org/10.1590/S1982-45132012000200012>.

WIPO. Proteger suas Invenções no Estrangeiro: Perguntas e Respostas sobre o Tratado de Cooperação em matéria de Patentes (PCT), 2020. Disponível em: <[https://www.wipo.int/export/sites/www/pct/pt/basic\\_facts/faqs\\_about\\_the\\_pct.pdf](https://www.wipo.int/export/sites/www/pct/pt/basic_facts/faqs_about_the_pct.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2021.

WIPO. O PCT conta agora com 153 Estados Contratantes, 2021. Disponível em: <[https://www.wipo.int/pct/pt/pct\\_contracting\\_states.html](https://www.wipo.int/pct/pt/pct_contracting_states.html)>. Acesso em: 24 ago. 2021.

WIPO. Publicação IPC, 2021. Disponível em: <<http://ipc.inpi.gov.br/classificacoes/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20210101&symbol=none&menulang=pt&lang=pt&viewmode=f&fipcpc=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes&notes=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>>. Acesso em: 23 ago. 2021.



## CAPÍTULO 2

---

# LEVANTAMENTO DOS ADITIVOS DE CUSTO E PRAZO EM OBRAS PÚBLICAS DO FNDE EM CAXIAS/MA

*COST AND TIME OVERRUN IN CONSTRUCTION  
PROJECTS IN FNDE PUBLIC WORKS IN CAXIAS /  
MARANHÃO*

Rodrigo da Silva Magalhães<sup>1</sup>  
Acyrcarvalho Filho<sup>2</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.2

---

<sup>1</sup> Centro Universitário de Ciências e Tecnologia do Maranhão-UNIFACEMA. [rmagalhaescaxias@gmail.com](mailto:rmagalhaescaxias@gmail.com)  
<sup>2</sup> Centro Universitário de Ciências e Tecnologia do Maranhão-UNIFACEMA. [acyrcarv@hotmail.com](mailto:acyrcarv@hotmail.com)

## RESUMO

Este artigo mensurar a ocorrência de aditivos contratuais em obras públicas custeadas com recursos do FNDE em Caxias/MA nos últimos 10 anos. Foram dados retirados de contratos, obtidos a partir do SIMEC e Diário Oficial do Município. Entre os fatores que mais contribuíram para os aditivos no prazo e custo das obras foram as condições climáticas, escassez de mão de obra especializada. Além disso, os aditivos de prazo ocorreram em 80% das obras, com uma média de 856 dias de atraso, já para os aditivos de custo, estes ocorreram em 76% das obras, e a intensidade desse reajuste em relação ao valor original foi em média de 0,6%. Desta forma, esse projeto visou detectar a taxa de ocorrências desses aditivos em contratos de modo a aumentar a eficiência desse processo otimizando a alocação do dinheiro do contribuinte e resultando em obras que atendem aos requisitos de qualidade para a população.

**Palavras-chave:** Aditivo de custo. Obra pública. Construção.

## ABSTRACT

To measure the occurrence of contractual additives in public works funded by FNDE resources in Caxias / MA in the last 10 years. Methodology: data were taken from contracts, obtained from SIMEC and the Official Gazette of the Municipality. Results: Among the factors that most contributed to the additives in the term and cost of the works were the climatic conditions, shortage of specialized labor. In addition, the term amendments occurred in 80% of the works, with an average of 856 days late, whereas for the cost amendments, these occurred in 76% of the works, and the intensity of this adjustment in relation to the original value was in average of 0.6%. Conclusion: in this way, this project aimed to detect the rate of occurrence of these additives in contracts in order to increase the efficiency of this process, optimizing the allocation of taxpayer money and resulting in works that meet the quality requirements for the population.

**Keywords:** Cost overrun. Public works. Construction.

## 1 INTRODUÇÃO

A Administração Pública possui deficiências em executar as obras de interesse social dentro dos padrões de qualidade, custo e prazo. A construção civil é um dos setores industriais com menor taxas de cumprimento dos prazos dos contratos, especialmente nos países em desenvolvimento (MAUÉS *et al.*, 2017).

Na literatura é possível encontrar vários autores tentando analisar os melhores métodos de gestão de obras e gestão dos projetos para que as empresas possam ser capazes de cumprir os prazos de construção, bem como apresentam estudos de casos em empresas públicas e privadas (ALJOHANI, 2017; FILIPPI; MELHADO, 2015; MAUÉS *et al.*, 2017; SENOUCI; ISMAIL; ELDIN, 2016). Atrasos de construção parece ser um problema frequente em todo o mundo, particularmente em países em desenvolvimento, como o Brasil.

O aumento de custo de obras públicas é decorrente da subestimação do orçamento esperado dos projetos de infraestrutura. Assim, é importante estudar esses fatores que promovem o aumento não planejado dos custos e evitá-los para obter o máximo de benefícios e retornos do projeto de construção de infraestrutura (AL-HAZIM; SALEM; AHMAD, 2017). Empreendimentos de construção que sofrem excesso de custos têm o potencial para se tornarem projetos inadimplentes, com impacto significativo em todas as partes dos projetos, inclusive na população que eventualmente seja afetada pela não conclusão de uma benfeitoria como uma escola ou um hospital. Além disso, para os contratados, o impacto pode incluir a perda de reputação e ficar “preso” em apenas um projeto por muito tempo (ALJOHANI, 2017).

São diversas as causas tradicionalmente relacionadas com atrasos de construção, como atrasos na entrega de materiais, mau planejamento e controle, retrabalho devido a erros durante construção, ineficiência do setor de suprimentos e baixa produtividade do trabalho (MUIANGA; GRANJA; RUIZ, 2015).

Tendo isso em vista, é necessário o aprimoramento na gestão do processo de execução de obras de engenharia de forma a contribuir para a potencial redução de aditamentos contratuais de valor e prazo em edificações públicas, o que implica em melhoria da qualidade das obras e melhor uso dos recursos públicos (NIAZI; PAINTING, 2017).

Uma vez que, é necessário que a sociedade acompanhe o que está sendo feito com o dinheiro público, este artigo apresenta uma análise sobre empreendimentos de edificações financiados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE, mais especificamente, mensurar a ocorrência de aditivos contratuais de custos e de prazos em obras públicas custeadas com recursos do FNDE em Caxias/MA. A fonte de dados para análise é proveniente do sistema Transparência Pública – Obras FNDE, de acompanhamento do repasse de recursos referentes a obras pactuadas entre a autarquia e municípios e estados, como creches, escolas e quadras poliesportivas.

Nesse sentido, este trabalho visa: mensurar a ocorrência de aditivos contratuais em obras públicas custeadas com recursos do FNDE em Caxias/MA, bem como calcular os acréscimos de prazo e custo nos contratos das obras públicas de Caxias/MA nos últimos 10 anos, classificar quanto ao tipo de obra (implantação, reforma e/ou ampliação) em que esses aditivos ocorreram e, por fim, apontar causas para a alta taxa de ocorrências de aditamentos em contratos de obras públicas em Caxias/MA.

## **2 METODOLOGIA**

O estudo se desenvolveu a partir da coleta de dados em Diário Oficial do Município de Caxias/MA bem como na plataforma Sistema Integrado de Monitoramento, Execução e Controle - SIMEC, que tem seu preenchimento obrigatório e sob responsabilidade do fiscal da obra.

O SIMEC foi implantado em 2005 para atender às necessidades do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão em ter um sistema gerencial específico e que, além disso, atendesse as demandas institucionais dos gestores da área educacional. O programa possui vários módulos, dentre eles o de Monitoramento de Obras que tem a finalidade de monitorar as obras das redes de Educação Profissional e Tecnológica e Superior e as obras das redes estaduais e municipais financiadas pelo MEC (LOTTA; FARIAS; RIBEIRO, 2014).

Com base nos dados de licitações, contratos, termos de aditivos de contrato obtidos a partir do SIMEC e Diário Oficial do Município será extraídas as seguintes informações: Data do início da obra; Valor contratado da obra; Valor após o aditivo; Porcentagem (%) do aditivo de custo; Meses/anos do aditivo de tempo; Tipo da obra (implantação, reforma e/ou ampliação); Eventuais justificativas para aditivos de prazo e/ou custo.

## **3 METODOLOGIA**

Após a análise dos processos de execução de obras iniciadas no período compreendido entre 2010 e 2019 no âmbito dos projetos financiados pelo FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, foram encontradas 30 obras que se enquadravam nas características estabelecidas para a elaboração da presente pesquisa.

Desta amostragem de 30 obras, o atual estágio de acompanhamento é o seguinte: 1 obra cancelada; 1 em reformulação do contrato; 3 obras licitadas, porém não iniciadas; 9 que ainda estão em execução e com previsão para término para

o ano de 2020, conforme último contrato analisado; e 16 obras concluídas. Desse modo, 25 das 30 obras da amostragem foram iniciadas.

Quanto ao tipo de projeto: 1 espaço educativo urbano de seis salas; 5 construções de escolas rurais de até seis salas; 11 obras são do tipo creche/pré-escolar; 13 obras são construções de quadra escolar coberta com vestiário. As 25 edificações são do tipo implantação (não foram reformas, mas edificações novas) e foram executadas por 12 construtoras diferentes.

Nesse sentido, conforme a Tabela 1, do total de 30 empreendimentos analisados, a quantidade de obras onde se verificou a ocorrência de aditivo de prazo foi de 80%, ou seja, em 20 dos 25 empreendimentos houve ocorrência de extensão de contrato.

**Tabela 1 - Comparação com outras pesquisas.**

<b>Autor</b>	<b>Qtde de obras</b>	<b>Órgão público</b>	<b>% de obras com aditivo de prazo</b>
Santos <i>et al.</i> (2015)	151	Instituto Federal (GO e TO)	96%
Freitas (2017)	152	Fiscobrás	86%
Colpo <i>et al.</i> (2018)	45	Universidade Federal	80,35%
Prado (2018)	13	Instituto Federal Triângulo Mineiro - IFTM	84
Alvarenga <i>et al.</i> (2021)	2178	Universidades Federais	69,05%
Esta pesquisa	25	Rede pública de ensino	80%

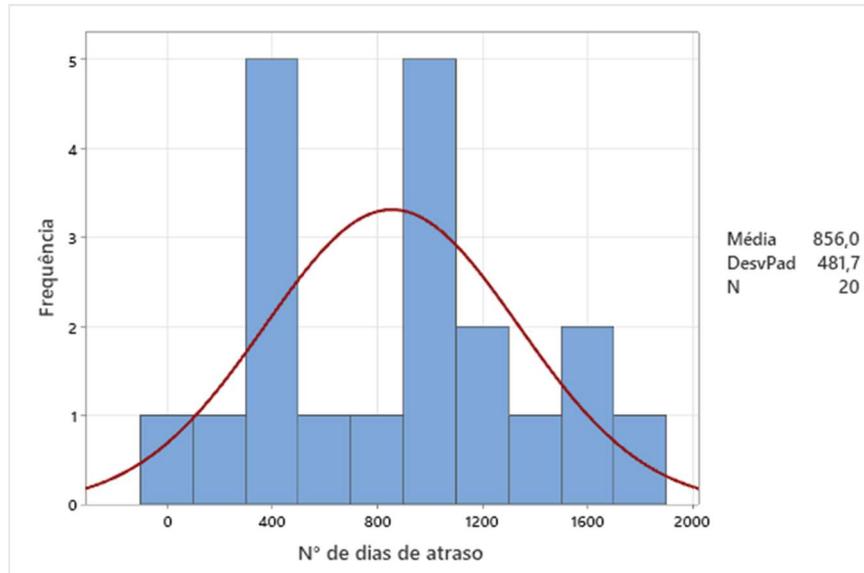
**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Os resultados da presente pesquisa tiveram resultados percentuais similares em relação aos obtidos em outros trabalhos nacionais recentes. Este resultado reflete a dificuldade do setor público em cumprir prazos em suas obras. E quanto se trata de obras públicas, além desses fatores, o atraso gera mais incômodo e desconforto aos contratantes e aos clientes, no caso, à população, podendo gerar até problemas sociais (AGYEKUM-MENSAH; KNIGHT, 2016).

É sugerido a possibilidade de que a percepção dos agentes envolvidos esteja associada a um modelo tradicional de gestão de empreendimentos públicos, potencializado pela falta de integração entre as fases de projeto e produção, causada em parte pelos mecanismos de contratação impostos pela Lei 8666/1993, legislação que rege as licitações e contratos da administração pública no país (SANTOS; STARLING; ANDERY, 2015).

Na Figura 1 abaixo, apresenta o tempo médio de prorrogação dos contratos na amostragem levantada. Desse modo, os resultados encontrados variam desde um atraso de 37 até 1784 dias em algumas construções. Em média, as obras da amostragem precisaram 856 dias ou 260% de acréscimo no tempo inicial de contrato. Algumas obras chegaram a quase 2000 dias de atraso, mais de 5 anos para concluir seus trabalhos.

**Figura 1 - Tempo do aditivo de prazo**



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

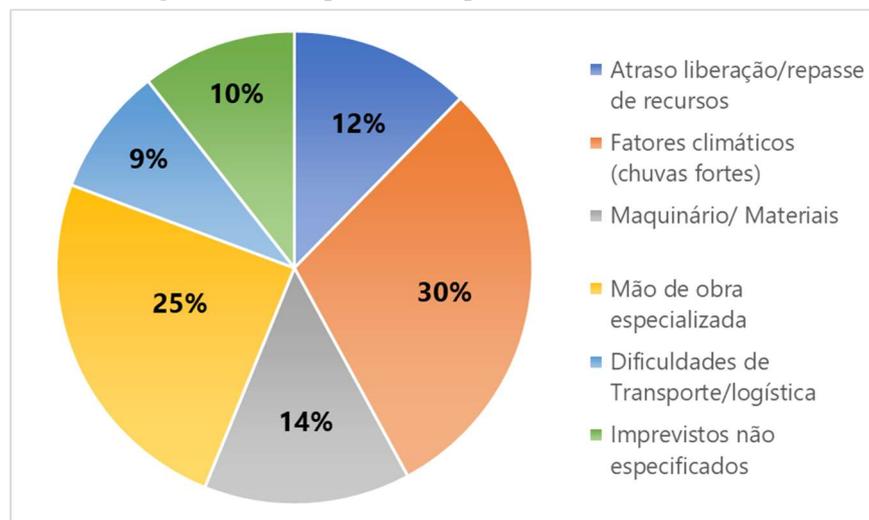
Muitos pesquisadores têm definições diferentes para “atraso”, no entanto, neste estudo, o atraso é definido simplesmente como “a incapacidade de cumprir o horário programado no contrato de prestação de serviços inicial”. Atrasos nos projetos de construção podem ser atribuídos a uma variedade de razões e poderia ser iniciado por qualquer uma das partes interessadas nos projetos, é ressaltado que apesar das tecnologias avançadas e técnicas de gerenciamento de projetos disponíveis para os profissionais, projetos de construção sofrem atrasos (AGYEKUM-MENSAH; KNIGHT, 2016).

Com relação aos aditivos de custo, 19 das 25 obras, ou seja, 76% obtiveram um ajuste de custo, apesar disso, em média os contratos foram reajustados em 0,6% com relação ao valor original. Duas obras, especificamente, tiveram um reajuste máximo de 2%. Em comparação a outros autores, a intensidade desse reajuste em relação ao valor original: para Santos (SANTOS; STARLING; ANDERY, 2015) foi de 16%; Freitas (FREITAS, 2017) obteve 23,06%; em Prado (PRADO, 2018) o reajuste de custo foi de 23%.

Conforme a investigação da amostragem, identificou-se os principais fatores responsáveis pelos aditivos de prazo e de custo informados na plataforma SIMEC - Obras. Observou-se que as causas de ocorrência de aditivos são recorrentes. Logo, desta forma, pode-se categorizar as justificativas em 6 grupos, conforme especificado na Figura 2.

Quanto as justificativas, houve 17 menções a fatores climáticos como justificativa e 14 menções a falta de mão de obra especializada. Estas justificativas foram as mais alegadas pelos responsáveis de cada obra.

Figura 2 - Principais causas para aditivos de contrato.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Alguma das justificativa apresentadas pelo correlacionava duas dessas causas, as chuvas fortes que dificultam a logística do transporte por estradas vicinais, já que algumas construções se localizam na zona rural. Estes empecilhos são bem comuns em períodos de chuva aqui na região pela falta de infraestrutura. No entanto, no município de Caxias/MA o período de chuvas é bem caracterizado, dados do IBGE demonstram uma média de 1300 mm de chuva, porém concentradas nos meses de janeiro a abril (IBGE, 2017).

É ressaltado que ocorrem fatores que, embora previsíveis, não são mostrados de maneira precisa no cronograma, como as chuvas (MATTOS, 2006). Tais fatores fazem parte também do acompanhamento físico de uma obra, da identificação do andamento das atividades e a posterior atualização do cronograma. A falta de mão de obra qualificada foi uma justificativa alegada prioritariamente em obras que envolveram estruturas/coberturas metálicas, como na construção de quadras poliesportivas.

Ao comparar com as causas levantadas por outros autores, é notável que tanto em Aljohani (ALJOHANI, 2017), Santos (SANTOS; STARLING; ANDERY, 2015) como Agyekum-Mensah (AGYEKUM-MENSAH; KNIGHT, 2016) tais causas apontadas pelas justificativas não ficam nem mesmo entre as cinco principais desses autores, como mostra a Tabela 2. A comparação com tais autores é realizada pois eles trazem uma revisão bibliográfica acerca do tema, e, portanto, possuem um compêndio de várias pesquisas e autores.

**Tabela 2 - Causas para atraso em obras.**

<b>Autor</b>	<b>Principais causas para atraso</b>
Aljohani (2017)	1 Alteração frequente do projeto durante a fase de construção 2 Financiamento de empreiteiros 3 Atrasos no repasse do pagamento 4 Falta de experiência dos contratados 5 Estimativa de custo insuficiente
Santos <i>et al.</i> (2015)	1 Levantamento de quantitativos de serviços subestimados na planilha 2 Serviços não previstos no orçamento ou ausência de itens ou serviços na planilha 3 Falhas em projetos ou projetistas inexperientes 4 Falhas na gestão do tempo 5 Condições do subsolo inesperadas
Agyekum-Mensah (2016)	1 Falhas no planejamento 2 Finanças e repasse de pagamento 3 Lentidão na aprovação dos projetos 4 Mudanças no escopo do projeto 5 Condições do solo

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Uma pesquisa realizada na mesma região desta pesquisa, fatores como condições climáticas e logística de materiais e equipamentos são confluentes aos dados demonstrados na Figura 2 (MAUÉS *et al.*, 2017).

É ressaltado que, embora muitas das questões relacionadas a atrasos sejam afetadas por fatores externos (chuvas, solo, mercado, cliente, entre outros.), e que frequentemente os discursos dos envolvidos foquem nesses aspectos, estes são identificados como motivadores de atrasos de menor relevância (FILIPPI; MELHADO, 2015). Dessa forma, o autor reforça a importância do investimento em qualificação, sistemas e metodologias, mesmo que simplificados, de planejamento e controle de obras.

O pagamento lento ou atrasado aos contratados para conclusão obras é uma reclamação muito comum dos contratados sobre cliente do projeto. Foi identificado em vários contextos de obras diferentes e parece ocorrer mais frequentemente em projetos financiados pelo governo devido a um procedimento de pagamento típica-

mente moroso, o público setor em todo o mundo é mais burocrático porque o nível de poder e tomada de decisão é centralizado.

Falha em fornecer pagamento pontual aos contratados pela o trabalho concluído dificultará aos contratantes atender (normalmente devido a reservas de caixa relativamente pequenas). Vale ressaltar que o atraso no pagamento não apenas consome tempo e dinheiro do contratado, mas, mais importante ainda, afetar a relação de confiança entre contratados e o proprietário. Além disso, o atraso no pagamento pelo proprietário pode levar a uma aumento do custo dos projetos à medida que os contratados aumentam sua custo indireto para cobrir esses riscos (ALJOHANI, 2017).

Algumas das alternativas para reduzir esses índices de aditivos de prazo e custo é a utilização da tecnologia BIM, uma vez que esta metodologia é a mais recomendada para melhorias no processo de elaboração de projetos e orçamentos de obras atualmente (MAUÉS *et al.*, 2017). Aliado a isso, ainda conforme o autor, a construção enxuta e a experiência dos participantes dos projetos também são saídas para que se atinjam melhorias no processo produtivo de obras públicas

Já outro autor relata que uma das soluções possíveis para reduzir o efeito do custo excedente nos projetos de construção é a incorporação de recursos efetivos (humanos, técnicos e materiais), sistema de gerenciamento de projetos de construção, uma vez que algumas das causas de excesso de custo está relacionada a gerenciamento de recursos (materiais, mão de obra, logística) (ALJOHANI, 2017).

Outro problema recorrente que causa revisões nos contratos são as deficiências no levantamento de quantitativos de serviços, bem como falhas na interpretação dos projetos básicos, o que gera estimativa de custo insuficiente. Nesse sentido, sugere-se a contratação de uma empresa especializada em coordenação de projetos fase de análise e aceite dos projetos, com profissionais especializados em cada área e que tenham capacidade técnica para analisar cada item do projeto básico (NIAZI; PAINTING, 2017).

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os aditivos contratuais de obras públicas financiadas pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação - FNDE, na última década (2010-2019) no município de Caxias/MA foram analisados e diagnosticados neste estudo. Dentre os fatores que contribuíram para os aditivos no prazo e custo das obras foram as condições climáticas (essencialmente chuvas fortes), escassez de mão de obra especializada,

escassez de maquinário e materiais de construção, atraso na liberação e repasse de recursos e dificuldades na logística e transporte.

Além disso, se identificou que os aditivos de prazo ocorreram em 80% das obras, com uma média de 856 dias de atraso, já os aditivos de custo ocorreram em 76% das obras, e a intensidade desse reajuste em relação ao valor original foi em média de 0,6%.

Com base nos dados levantados e comparações dos números com outros autores, verifica-se que é notório que a Administração Pública possui deficiências em executar as obras de interesse social dentro dos padrões de qualidade, custo e prazo. Face a isso, é necessário o aprimoramento na gestão do processo de execução de obras de engenharia de modo a contribuir para a potencial redução de aditamentos contratuais de valor e prazo em edificações públicas, bem como a melhoria da qualidade das obras e melhor uso dos recursos públicos. Portanto, este projeto visou detectar a taxa de ocorrências desses aditivos em contratos de obras de modo a aumentar a eficiência desse processo otimizando a alocação do dinheiro do contribuinte e resultando em obras que atendem aos requisitos de qualidade para a população.

## REFERÊNCIAS

AGYEKUM-MENSAH, George; KNIGHT, Andrew David. Engineering , Construction and Architectural Management The professionals perspective on the causes of project delay in the construction industry Article information : The professionals ' perspective on the causes of project delay in the construction indu. **Engineering, Construction and Architectural Management**, [s. l.], 2016.

AL-HAZIM, Nabil; SALEM, Zaydoun Abu; AHMAD, Hesham. Delay and Cost Overrun in Infrastructure Projects in Jordan. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 182, p. 18-24, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.105>

ALJOHANI, Abdulelah. Construction Projects Cost Overrun: What Does the Literature Tell Us? **International Journal of Innovation, Management and Technology**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 137-143, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.18178/ijimt.2017.8.2.717>

ALVARENGA, Felipe Campos *et al.* Alterações de custo e prazo em obras públicas. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 161-180, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000100500>

COLPO, Iliane *et al.* Atrasos na execução das obras públicas: estudo em uma instituição federal de ensino superior. **Revista Produção Online**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 1322-1343, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v18i4.2941>

FILIPPI, Giancarlo Azevedo De; MELHADO, Sílvio Burrattino. Um estudo sobre as causas de atrasos de obras de empreendimentos imobiliários na região Metropolitana de São Paulo. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 161–173, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212015000300033>

FREITAS, Laís de Andrade. **Levantamento de aumento do custo e do prazo de obras públicas nos últimos sete anos**. 2017. - UNB, [s. l.], 2017. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/17055>

IBGE. **Cidades/Informativo Ibge [Internet]**. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/caxias>. Acesso em: 4 jan. 2020.

LOTTA, Gabriela Spanghero; FARIAS, Gabriel da Silva; RIBEIRO, Everson Rodrigues. Sistema integrado de monitoramento, execução e controle (SIMEC): usos e impactos na cultura administrativa no município de São Bernardo do Campo. **Temas de Administração Pública**, [s. l.], v. 9, n. 2, 2014.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamento de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. São Paulo: Pini, 2006.

MAUÉS, Luiz Mauricio Furtado *et al.* Construction delays: a case study in the Brazilian Amazon. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 167–181, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000300169>

MUIANGA, Elisa Atália Daniel; GRANJA, Ariovaldo Denis; RUIZ, Joyce de Andrade. Desvios de custos e prazos em empreendimentos da construção civil: categorização e fatores de influência. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 79–97, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212015000100008>

NIAZI, Ghulam Abbas; PAINTING, Noel. Significant Factors Causing Cost Overruns in the Construction Industry in Afghanistan. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 182, p. 510–517, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.145>

PRADO, Fernanda Siqueira. **Gestão de obras públicas: um diagnóstico sobre os aditivos de contratos praticados no âmbito do Instituto Federal do Triângulo Mineiro**. Uberlândia: Mestrado em Gestão organizacional/UFU, 2018. Disponível em: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.1380>

SANTOS, Henrique de Paula; STARLING, Cícero Murta Diniz; ANDERY, Paulo Roberto Pereira. Um estudo sobre as causas de aumentos de custos e de prazos em obras de edificações públicas municipais. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 225–242, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212015000400048>

SENOUCI, Ahmed; ISMAIL, Alaa; ELDIN, Neil. Time Delay and Cost Overrun in Qatari Public Construction Projects. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 164, n. June, p. 368–375, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.632>





## CAPÍTULO 3

---

### **IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE DOSAGEM AUTOMÁTICA DE MACRO INGREDIENTES NA FABRICAÇÃO DE RAÇÃO PARA AVES**

*IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATIC INGREDIENT  
WEIGHING AND DOSAGE CONTROL SYSTEM IN THE  
MANUFACTURING OF POULTRY FEED*

Marcelo Luiz Santa Rosa da Silva<sup>1</sup>  
Márlison Santos de Sá<sup>2</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.3

---

<sup>1</sup> Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-7151-5229>. . marceloluiz.eng@gmail.com.  
<sup>2</sup> Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>. . 270102987@prof.unama.br.

## RESUMO

**N**a atualidade os sistemas de controle automáticos têm se tornado cada vez mais presentes nos ambientes industriais, comandando diversos processos produtivos nas mais diversas atividades, estes, tem a finalidade de realizar operações sequenciadas e repetitivas trazendo maior viabilidade e segurança para o processo e para as pessoas envolvidas nele. A presente pesquisa objetiva apresentar o desenvolvimento de um sistema de dosagem automatizado, com intuito de realizar melhorias em um processo de fabricação de ração farelada para aves. Para tanto, o trabalho iniciou-se a partir de uma coleta de dados do sistema já existente e posteriormente foi realizada uma análise dos dados coletados do processo de dosagem de ingrediente, onde identificou-se a necessidade de melhorias na conformidade das dosagens, visando a redução de erros no processo atual, sem afetar sua eficiência. O sistema é capaz de controlar as roscas dosadoras de ingredientes acionadas por inversores de frequência que são comandados por um controlador de dosagem, este equipamento permite a dosagem automática de ingredientes com base no peso programado de cada batelada. Esse sistema reduziu em até 28% o tempo de pesagem dos principais ingredientes além de proporcionar dosagens dentro do padrão admissível com 100% de conformidade, reduzindo desperdícios e aumentando consideravelmente o desempenho e a eficiência do processo de pesagem. Portanto, foi possível perceber além da eficiência a segurança do processo, uma vez que, o processo de pesagem está diretamente ligado ao balanceamento dos níveis nutricionais da ração e ao controle de estoque da fábrica de ração.

**Palavras-chave:** Viabilidade. Segurança. Eficiência.

## ABSTRACT

Currently, automatic control systems have become increasingly present in industrial environments, commanding several production processes in the most diverse activities, these have the purpose of carrying out sequenced and repetitive operations, bringing greater viability and security to the process and to the people involved in it. This research aims to present the development of an automated dosing system, in order to make improvements in a meal production for poultry feed. For this purpose, the work started from a data collection of the existing system and later an analysis of the data collected from the feed dosage process of the feed factory was carried out, where it was identified the need for improvements in dosage compliance, aiming at reducing errors in the current process, without affecting the efficiency of the existing process. The system will control the ingredient dosing threads driven by frequency inverters that are controlled by a dosing controller.

This equipment allows the automatic dosing of ingredients based on the programmed weight of each batch. This system reduced the weighing time of the main ingredients by up to 28% in addition to providing dosages within the permissible standard with 100% compliance, reducing waste and considerably increasing the performance and efficiency of the weighing process. Therefore, it was possible to perceive, in addition to efficiency, the safety of the process since the weighing process is directly linked to the balance of the nutritional levels of the feed and to the stock control of the feed mill.

**Keywords:** Viability. Safety. Efficiency. INTRODUÇÃO

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o sindicato nacional da indústria de alimentação animal (Sindirações 2020), o Brasil encerrou o primeiro trimestre de 2020 com produção de aproximadamente 19 milhões de toneladas, registrando um incremento de quase 4,5% em relação ao mesmo período no ano passado, e existe uma expectativa de que até o final do ano este número salte para 80 milhões representando um crescimento de 4% se comparado as estimativas do ano anterior. Isso nos mostra o crescimento da produção de ração animal no Brasil.

Entretanto, (Sindirações 2020) relata que: "os preços de milho e do farelo 45% e 50% em 12 meses (maio de 2019 a maio de 2020), em consequência disso o preço da ração subiu mais de 30%", os principais ingredientes das rações para aves possuem alto valor agregado, por tanto erros no processo de fabricação acarretam em aumento de custo de produção por conta do desperdício e retrabalho, além disso as rações precisam ser extremamente balanceadas, e por isso as receitas são elaboradas por profissionais especializados em nutrição animal. Para que o animal cresça e ganhe peso em um menor espaço de tempo possível. Tais fatores corroboram para a importância do controle nas dosagens visando a redução de erros, para que o produto esteja nos padrões de conformidade estipulado pela fábrica.

Neste sentido, esse trabalho apresenta a automatização do sistema de dosagem, de macro ingredientes na fabricação de ração farelada para aves, utilizando um controlador de dosagem inteligente. Com intuito de reduzir erros de dosagem e aumentar a eficiência e segurança do processo fabril.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O setor de alimentação animal no brasil tem crescido bastante ao longo dos anos, nesse sentido, as Fabricas de rações têm buscado cada vez mais adequar-se

as exigências e necessidades do mercado. Por essa razão, notasse um avanço nas tecnologias de produção e processamento no sentido de aumentar a eficiência produtiva e diminuir desperdícios de nutrientes.

Visando elucidar conceitos inerentes ao tema apresentado neste trabalho são enunciadas as seções a seguir. Primeiramente são abordados conceitos de fabricas de ração animal, em seguida são apresentados dispositivos que compõe o sistema de dosagem de ingredientes, processo de fabricação e automatização de sistemas.

## **2.1 Fábrica de rações**

As Fabricas de rações da nossa região devem atender os pré-requisitos impostos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento (MAPA), órgão governamental que tem a competência de fiscalizar, todo o processo de fabricação de ração animal. As Fabricas de rações em especifico são regidas pela instrução normativa N° 4 de fevereiro de 2007.

De acordo com o (MAPA 2007 IN4) Essa Normativa:

“Aplica-se a todo estabelecimento fabricante ou fracionador de produtos destinados a alimentação animal. Destina-se ainda aos fiscais federais agropecuários no exercício das ações de inspeção e fiscalização destes estabelecimentos, bem como para servir de guia às empresas do setor na elaboração e implementação do manual de Boas Práticas de Fabricação com as informações necessárias à segurança e adequação dos alimentos para animais”.

Essa normativa visa a regulamentação sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos fabricantes de produtos destinados a alimentação animal, essa normatização expõe os requisitos essenciais para que as fabricas de rações possam produzir alimentos aptos para o consumo animal, estes requisitos têm enfoque especial na qualidade das rações produzidas, tal qual é objeto de estudo deste trabalho.

## **2.2 Dispositivos do Sistema de Dosagem**

Os equipamentos utilizados em sistemas de dosagem têm a finalidade de manipular as matérias primas, de forma a administrar quantidades exigidas em cada batelada. Existem diversos equipamentos utilizados em sistemas de dosagem, entretanto, nos tópicos seguintes serão apresentados apenas os equipamentos constantes no sistema em questão.

### *2.2.1 Rosca dosadora*

As roscas dosadoras são dosadoras são equipamentos muito utilizados em sistemas de dosagem, por oferecerem opções para controle de fluxo de material em

operações produtivas que dependem de dosagens de material com precisão. Este equipamento consiste de uma rosca transportadora rotativa em um canal estacionário que é apoiada por rolamentos suspensos (Syntron, texto digital 2020). Conforme consta na figura 01.

**Figura 1 - Rosca dosadora**

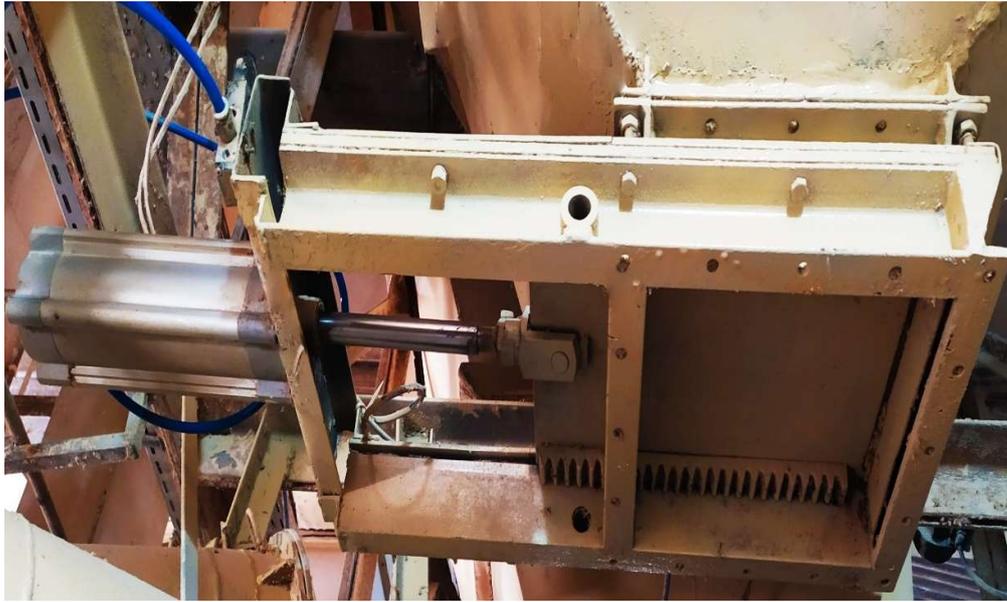


**Fonte:** Autores (2021).

Dessa forma o material é movido através da rotação da rosca ao longo do canal. Geralmente dosagens com esse tipo de equipamento iniciam com velocidade alta, quando a dosagem aproximasse do valor desejado a velocidade do motor diminui, dessa forma é possível que se obtenha um ajuste fino da dosagem, sendo este tipo de ajuste, objeto de estudo deste trabalho através da automatização do sistema em questão.

### 2.2.2 Registro guilhotina

O registro gaveta tem como principal função controlar o fluxo do produto, ora permitindo, ora bloqueando a passagem do produto, este equipamento é construído com o formato de uma gaveta e possui um cilindro pneumático acoplado, este realiza de uma chapa de metal sobre um conjunto de guias, o que permite o abrir e fechar, conforma a figura 02.

**Figura 2 -** Registro gaveta.

Fonte: Autores (2021).

Quando utilizado em sistemas de dosagem, este tipo de equipamento é instalado nas saídas dos silos de dosagem, e a medida que a dosagem se aproxima do valor desejado é possível efetuar o controle de fechamento do registro de forma a manejar o fluxo de material.

### 2.2.3 *Balanças de pesagem de ingredientes*

Balanças de dosagem são dispositivos que se destinam a realização de dosagem mássica de ingredientes, estes ingredientes no trabalho em questão representam as matérias primas usadas na fabricação da ração.

Para um processo de fabricação de ração, uma fábrica pode dispor de várias balanças, com função de acréscimo ou decréscimo. Geralmente balanças de ingredientes sólidos são divididas em micro e macro dosagem e as de líquidos, vale ressaltar que o trabalho em questão trata apenas da balança de macro dosagem.

Segundo (Gonsalves 2013, p 12, Texto digital) a respeito dos Macro nutrientes.

“Os macronutrientes compreendem no mínimo dois terços da composição das rações, são eles carboidratos, proteínas, lipídios e fibras. São normalmente encontrados nos cereais como farelo de soja, milho, sorgo, farelo de trigo, farelo de algodão, sal mineral e farinha de carne.”

Nesse sentido é possível observar que os macronutrientes são as maiores dosagens administradas na fórmula de fabricação de ração, e ainda representam o maior custo inserido na ração, atualmente na Fábrica onde este sistema foi aplicado os macros são milho, que representa 54,35% da composição da ração e 26,11% do custo, o farelo de soja 20,73% da composição da ração e 29,75% do custo, soja semi-integral

representando 12,63% da composição da ração e 11,99% do custo. Neste contexto é possível perceber que variações na dosagem destes ingredientes influenciam diretamente no custo da ração.

Dessa forma é imprescindível que as balanças envolvidas no processo de fabricação de ração sejam regularmente aferidas, e o sistema de dosagem esteja o mais preciso possível.

De acordo com Klein (1999), balanças são pontos críticos no processo de dosagem. A velocidade de dosagem e a quantidade de ingredientes determinará o número de balanças inseridos no processo, com tudo, o sistema em questão funciona apenas com uma balança composta por quatro células de carga com capacidade total de 2000 Kg, o suficiente para atender o processo, quanto a velocidade, o processo de pesagem completo perfaz um tempo de aproximadamente 3 minutos, o tempo ideal para a pesagem do processo.

### **2.3 Automação do sistema**

Conforme tratado anteriormente este trabalho tem enfoque na aplicação de um controlador de pesagem e dosagem, com intuito de tornar o processo em questão um processo automatizado, no que se refere à automação, Branquinho et al (2014 p.2), relatam que:

*“Automação é o conjunto de técnicas que visam aperfeiçoar um processo de negócio, aumentando a sua produtividade, promovendo a valorização da força de trabalho humano e assegurando uma operação ambientalmente segura. A automação tem por foco o processo, os ativos de produção, os especialistas envolvidos nas atividades de operação e gerenciamento do negócio, restituindo ao homem a sua condição de ser pensante no processo industrial.”*

Conforme exposto por Branquinho et al, a automação traz diversos benefícios para o processo fabril, o presente trabalho trata exatamente da automação do processo de pesagem afim de otimizar o sistema em questão, doravante, as demais etapas irão apresentar detalhes sobre a implantação deste sistema, bem como os resultados obtidos com a utilização do mesmo.

## **3 METODOLOGIA**

Este trabalho foi realizado em uma fábrica de ração farelada para frango de corte localizada no planalto santareno, esta Fábrica produz em média 4.900 toneladas de ração por mês e atende um plantel de aproximadamente 1.398.800 aves. Este trabalho enfocou-se em aumentar a eficiência e a qualidade da ração produzida nesta Fábrica.

### 3.1 Coleta de informações

No primeiro momento foi realizada a primeira coleta de informações, estes dados foram registrados em planilha seguindo a sequência e o tempo de pesagem. Para tanto utilizou-se a amostragem dos três principais ingredientes utilizados na ração. Milho moído, Farelo de Soja e soja extruzada semi-integral. Foi considerado o peso e o tempo de batelada de cada ingrediente utilizando o sistema de dosagem anterior inteiramente manual, o que dependia da agilidade e total atenção do operador.

### 3.2 Adequação do sistema de dosagem

Após a coleta de dados iniciou-se a adequação no sistema de dosagem, no primeiro momento foi instalado mais um registro tipo gaveta no silo de dosagem de milho moído afim de dar mais precisão no corte da batelada uma vez que este ingrediente representa mais de 50% da ração pronta, dessa forma se faz necessário além de precisão a agilidade no processo. A figura 03 mostra a adequação feita na comporta do ingrediente milho moído.

**Figura 3** - Registro de dosagem de ingrediente.



**Fonte:** Autores (2021).

Os demais ingredientes são inseridos através de roscas dosadoras, por essa razão foi necessária a instalação de acionamentos que possibilitassem a desaceleração das roscas para dar mais precisão nas dosagens, para tal funcionalidade foram utilizados inversores de frequência Weg CFW300 com mostra a figura 04.

**Figura 4 -** Inversor de frequência.



Fonte: Autores (2021).

Foi realizada a montagem do painel de acionamento das roscas dosadoras utilizando inversores WEG e ainda o acionamento dos registros tipo gaveta. Como mostra a figura 05.

**Figura 5 -** Painel de acionamento das roscas dosadoras.



Fonte: Autores (2021).

Após a instalação dos inversores no quadro de acionamentos foi realizada a configuração dos mesmos, o tipo de controle utilizado foi o controle “multispeed”, para tanto, elaborou-se uma sequência de programação como descrito no item 3.2.1 logo abaixo.

### 3.2.1 Procedimento de Programação

- 1- Energizar os inversores;
- 2- Liberar o acesso para alteração dos parâmetros P000= 5;
- 3- Ajustar tensão nominal P142, a corrente de sobrecarga P156 e P157, frequência máxima P134 e frequência mínima P133.
- 4- Observação: estes parâmetros foram configurados de acordo com as especificações de cada motor.
- 5- Ajustar P220=1 modo remoto;
- 6- Ajustar P221=8 e P222=8 para função “multispeed”;
- 7- Habilitar as saídas DI3 e DI4 através dos parâmetros P265=13 e P266=13 para a condição “multispeed”;
- 8- Habilitar a saída DI1, através do parâmetro P263=1 para a condição gira para; Ajustar o tempo de aceleração P100=2,0s e desaceleração P101=2,0s;
- 9- Ajustar as referências de velocidade de rápida e lenta através dos parâmetros P125=30Hz e P126=60Hz.
- 10- Simular a atuação das entradas digitais e verificar se as velocidades programadas são atingidas.

Os dispositivos foram instalados de acordo com a capacidade de cada rosca e devidamente parametrizados de forma que ao receberem o “setpoint” do controlador desacelerem as roscas a 50% da rotação nominal, dessa forma no momento final da dosagem o ingrediente é inserido lentamente propiciando um corte mais preciso da batelada.

O controlador utilizado no projeto foi o ST34X um dosador inteligente de lógica programável este equipamento permite com alta precisão num intervalo de tempo otimizado ao máximo. A figura 06 mostra o frontal do controlador utilizado no sistema em questão.

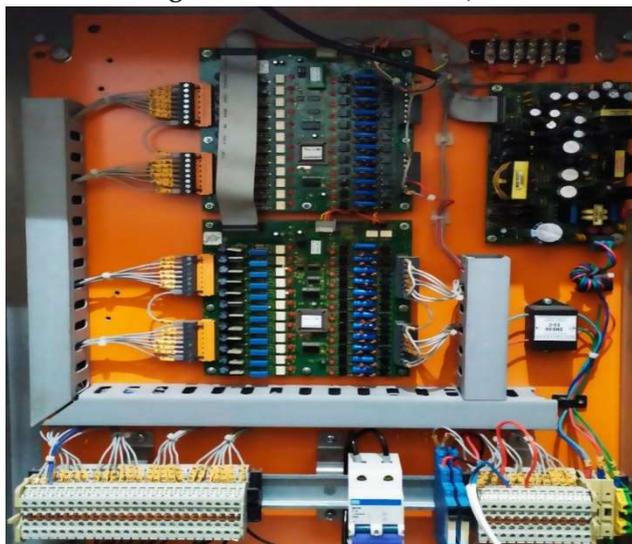
Figura 6 - Controlador de dosagem ST34X.



Fonte: Autores (2021).

O controlador é diretamente ligado a um painel auxiliar chamado caixa de I/O (input / output) este possui x entradas x saídas como mostra a figura 07.

Figura 07 - Painel auxiliar I/O.



Fonte: Autores (2021).

Cada inversor do painel de acionamento das roscas dosadoras foi ligado a um par de saídas da caixa de I/O a primeira saída acionada é responsável por acionar o inversor, neste primeiro momento o motor que ativa a rosca dosadora funcionando em sua velocidade nominal em seguida conforme programado no controlador quando o ingrediente chega a 5% do total da batelada o controlador envia a informação para a caixa de I/O que por conseguinte envia o segundo "setpoint" a entrada digital do inversor que reduz a velocidade do motor, dessa forma o ingrediente é inserido na mistura lentamente até atingir o peso ideal de batelada programada

por fim o controlador desliga a saída desativando o inversor e consequentemente a rosca dosadora.

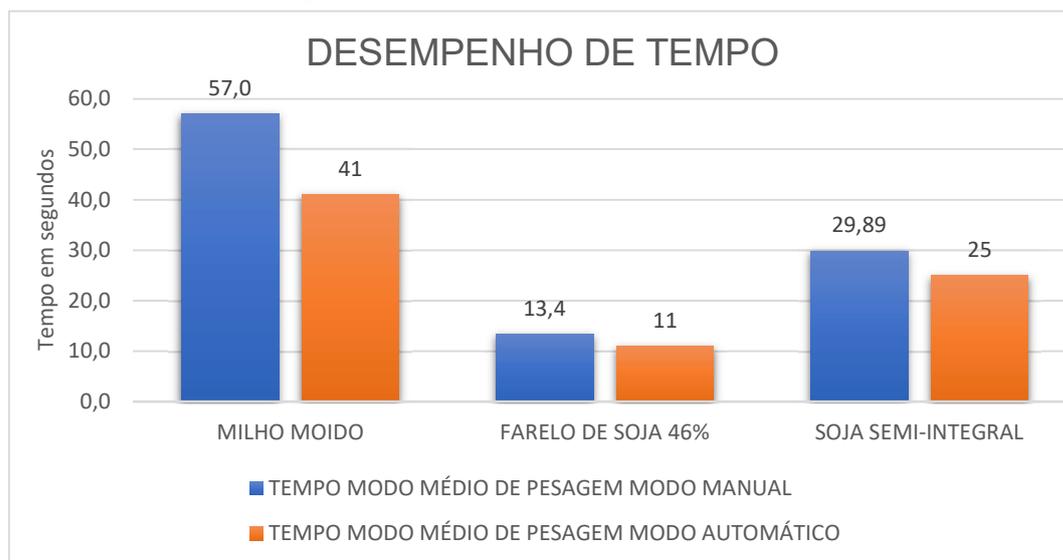
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir da implantação de um sistema de dosagem automatizado em uma fábrica de ração farelada para frango de corte. Os testes foram realizados antes e após a instalação do sistema.

### 4.1 Testes com parâmetros manuais

Inicialmente foi realizada uma análise de tempo de pesagem do modelo antigo tomando como base a pesagem dos três principais ingredientes milho 1118,80kg soja semi-integral 450kg e farelo de soja 80 kg. A figura 08 Apresenta o gráfico de desempenho apresentando o modelo antigo de pesagem.

Figura 8 - Gráfico de desempenho de tempo.

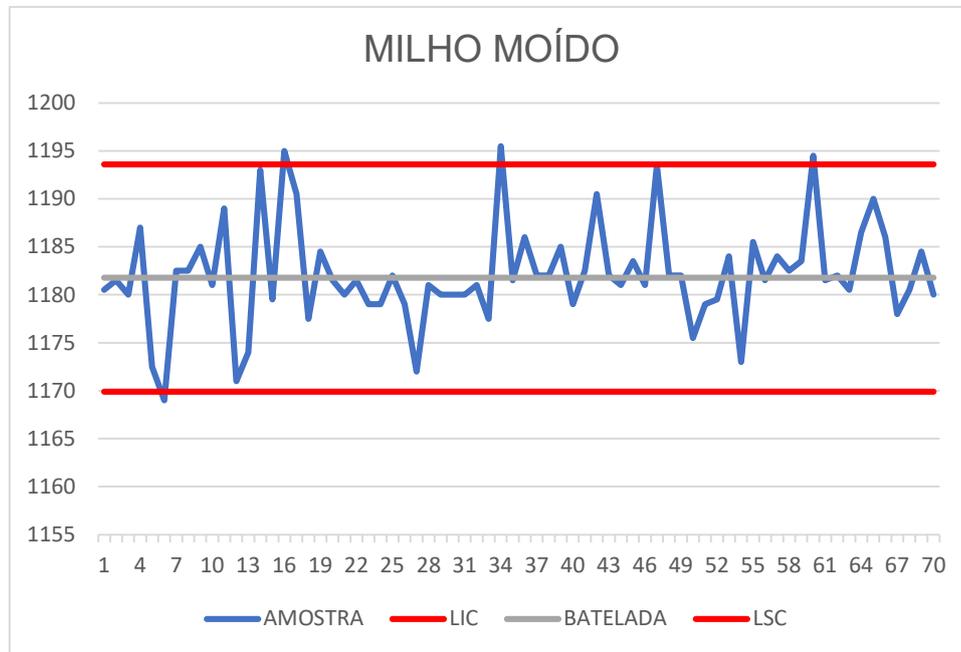


Fonte: Autores (2021).

O gráfico da figura 08 mostra que houve uma redução do tempo de pesagem nos três ingredientes, entretanto nota-se que o milho moído houve maior otimização de tempo que os demais ingredientes, isso ocorreu por conta dos ajustes mecânicos feitos no silo de dosagem de milho, com esta adequação associada ao desempenho do controlador de dosagem é possível perceber uma redução de 28% no tempo de pesagem do ingrediente milho moído, enquanto que no farelo de soja, houve a redução de 18%, já na pesagem de soja semi-integral houve uma redução de 16% do tempo de pesagem.

A figuras 09, 10, 11 apresentam a estabilidade do processo por meio de uma análise das bateladas realizadas com o sistema de dosagem anterior a implantação do sistema automático.

**Figura 9 - Conformidade do sistema de pesagem manual milho moído.**



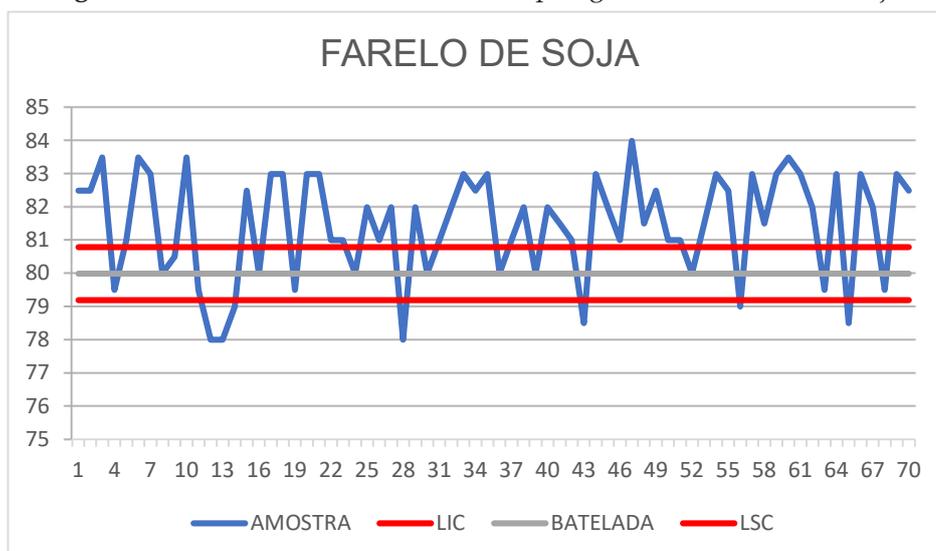
Fonte: Autores (2021).

O gráfico da figura 09 compila um total de 70 bateladas de milho moído, para fins de validação da conformidade do sistema de pesagem manual, foi configurado um valor de  $-1\%$  de erro tolerável por tanto, caso o valor pesado esteja dentro da faixa de erro de  $1\%$  a batelada é considerada conforme. Caso o erro seja superior a esta faixa a batelada é considerada aceite até um erro de  $4\%$ .

Utilizando o sistema de pesagem manual, de 70 bateladas, 64 foram consideradas conformes possuindo um erro inferior a  $1\%$  e apenas 6 foram consideradas aceite possuindo erro superior a  $1\%$ . Dessa forma obteve-se  $91\%$  de conformidade.

A figura 10 apresenta o gráfico que que compila 70 bateladas do ingrediente farelo de soja.

**Figura 10 - Conformidade do sistema de pesagem manual farelo de soja.**

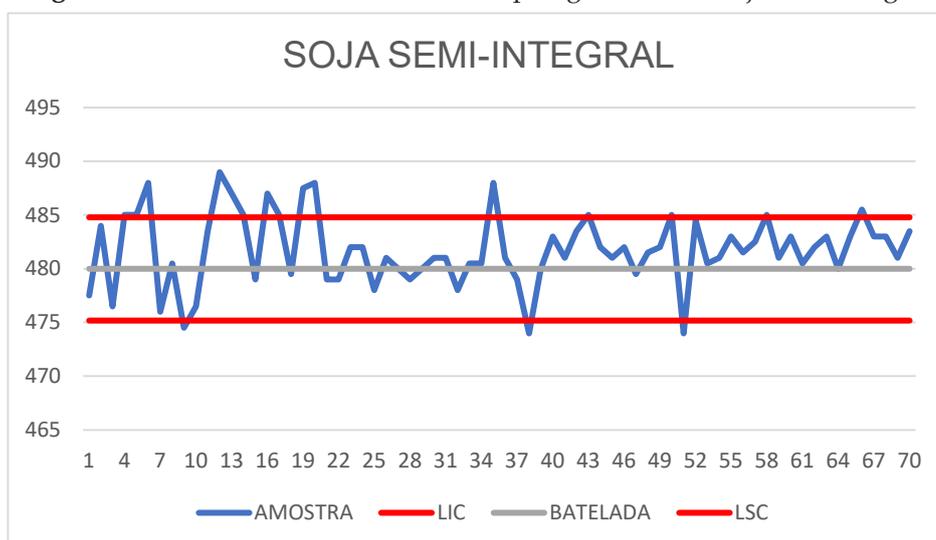


Fonte: Autores (2021).

O gráfico da figura 10 demonstra uma análise de conformidade de 49% uma vez que apenas 34 bateladas foram consideradas conformes 36 foram consideradas como acite.

A figura 11 apresenta o gráfico demonstrativo de pesagens do ingrediente soja semi-integral.

**Figura 11 - Conformidade do sistema de pesagem manual soja semi-integral**



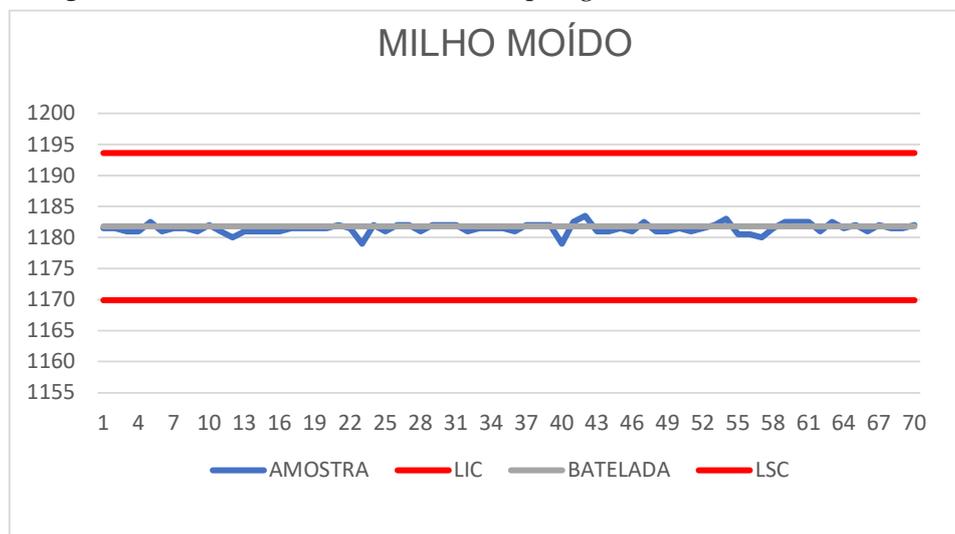
Fonte: Autores (2021).

O gráfico da figura 11 apresenta um percentual de conformidade de 71% tendo como parâmetros 50 bateladas consideradas conformes e 20 consideradas como acite.

## 4.2 Testes com parâmetros automáticos

Após a implantação do sistema de dosagem automatizado foi realizada novamente a amostragem de 70 bateladas de milho moído, Farelo de soja e soja semi-integral para fins de validação da conformidade do sistema de pesagem automático, foram utilizados os mesmos parâmetros da amostragem anterior com valor configurado de +1% de erro tolerável por tanto, caso o valor pesado esteja dentro da faixa de erro de 1% a batelada é considerada conforme. Caso o erro seja superior a esta faixa a batelada é considerada aceite até um erro de 4%. A figura 12 apresenta o gráfico que que compila 70 bateladas do ingrediente milho moído após.

**Figura 12** - Conformidade do sistema de pesagem automático milho moído.

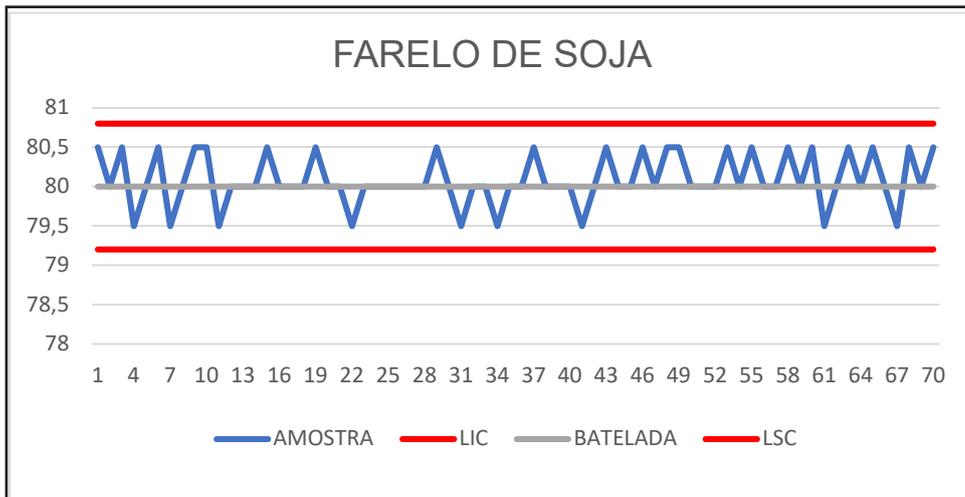


**Fonte:** Autores (2021).

O gráfico da figura 12 apresenta os dados coletados de 70 bateladas do sistema de pesagem automático, com peso programado de 1180,800kg, neste gráfico é possível observar maior estabilidade do processo além de 100% de conformidade, uma vez que todas as bateladas estão dentro dos limites de 1% de variação.

A figura 13 apresenta o gráfico que que compila a mesma quantidade de bateladas do gráfico anterior, porém agora do ingrediente farelo de soja após a implantação do controlador de dosagem.

**Figura 13 - Conformidade do sistema de pesagem automático Farelo de soja.**

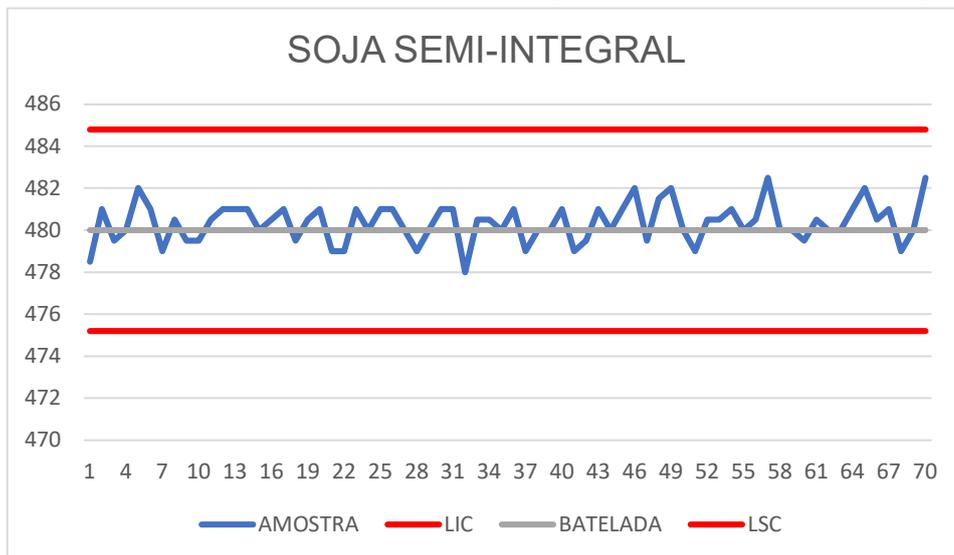


Fonte: Autores (2021).

O gráfico da figura 13 apresenta os dados com peso programado de 80kg, o que corresponde a aproximadamente 7% do peso programado do ingrediente anterior, contudo, neste gráfico também é possível observar além do aumento da estabilidade do processo, 100% de conformidade das bateladas.

A figura 14 apresenta o gráfico das bateladas do ingrediente farelo de soja após a implantação do controlador de dosagem.

**Figura 14 - Conformidade do sistema de pesagem automático Soja semi-integral.**



Fonte: Autores (2021).

Assim como nos gráficos anteriores gerados após a implantação do controlador de dosagem, o gráfico apresentado na figura 14 compila a mesma quantidade de bateladas, porém, com peso programado de 480kg, este gráfico também mostra 100% de conformidade e estabilidade do processo.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou a implantação de um sistema automatizado em um processo de dosagem de ingredientes para fabricação de ração farelada para aves. Objetivando trazer maior eficiência e total conformidade no processo, e desta forma reduzindo o desperdício e amenizando as oscilações nas dosagens. Conforme apresentado nos resultados o sistema implantado permitiu realizar dosagens com maior velocidade e precisão se comparado ao sistema anterior, uma vez que este é capaz de controlar as roscas dosadoras e comportas de forma gradativa para fins de ajuste fino.

Conforme tratado nos resultados obtidos constatou-se que o sistema automatizado permitiu a realização de dosagens de forma mais eficiente trazendo maior conformidade e reduzindo o tempo de processo. E conseqüentemente viabilizando a redução de desperdícios e ganho de produtividade na fabricação de ração.

## REFERÊNCIAS

BRANQUINHO, Marcelo Ayres. *et al.* **Segurança Da Automação e SCADA**: 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

Dosador inteligente de lógica programável ST34X. Disponível em<: <https://www.toledobrasil.com/manuais/>> Acesso em 15 de outubro de 2020.

Equipamentos e processos na fábrica de ração. Disponível em<: <https://tinyurl.com/9jn8hpzt>>. Acesso 15 de outubro de 2020.

Fábrica de ração: dez pequenas dicas grandes resultados. Disponível em <: <https://tinyurl.com/xudwje5c>> Acesso em 15 de outubro de 2020.

GONSALVES, VINICIOS. **Desenvolvimento de um sistema de dosagem para micronutrientes para ração animal**. Brasília 20 de fevereiro 2013 Disponível em:< <https://tinyurl.com/3s2995e6> > Acesso em: 27 de agosto 2020.

Gerenciamento e Automação em Fábricas de Ração ajuda a atender normas e padrões de produção cada vez mais rígidos. Disponível em<: <https://tinyurl.com/4zuwk9r8>>Acesso em 10 de outubro 2020.

INDIAMART. Registro Gaveta. Disponível em :< <https://tinyurl.com/3sut3y72> > Acesso em: 27 setembro 2020.

KLEIN, A. A. Pontos críticos no controle de qualidade em fabricas de ração – Uma abordagem prática. **I Simpósio Internacional ACV-Embrapa Sobre nutrição de ave**, Concordia, novembro 1999.

LUGLI, Alexandre Baratella. **Redes industriais para automação industrial**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2010.

MORAES, C. C. de.; CASTRUCCHI, P. de L. **Engenharia de Automação Industrial**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

Manual de programação do inversor de frequência weg. Disponível em <: <https://tinyurl.com/rfafxkmk>:> Acesso em 15 outubro de 2020.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento **Instrução normativa N°04**. Disponível em :< <https://tinyurl.com/4uz56bjv> > Acesso em: 26 setembro 2020.

Pesagem dosagem e transporte. Evonik Industries. Disponível em <: <https://tinyurl.com/2tua27jp>:> Acesso em 15 outubro 2020.

Produção agrícola no Brasil 2020. IBGE. Disponível em:< <https://tinyurl.com/4zz-d95x7>> Acesso em: 13 setembro 2020.

Produção de ração animal deve crescer até 4% em 2020. Canal Rural. Disponível em:< <https://tinyurl.com/ynhbe8s9/>> acesso em 17 setembro 2020.

Rosca Transportadora, Direct industry. Disponível em:< <https://tinyurl.com/2kwe-3de5> > Acesso em 19 de setembro 2020.

ROQUE, Luiz Alberto Oliveira Lima **Automação de processos com linguagem ladder e sistemas supervisórios** /Luiz Alberto Oliveira Lima Roque: 1ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

Sindirrações divulga resultados do 1º trimestre e projeta crescimento de 3,8% para 2020. Sindirrações. Disponível em <<https://tinyurl.com/yzu9znhn>:> Acesso em 15 de outubro de 2020.

Perspectiva dos preços de insumos e ração animal para aves e suínos 2020. Sindirrações. Disponível em < <https://tinyurl.com/yves5uhr>:> Acesso em 15 de outubro de 2020.

Trajetória da agricultura brasileira. Embrapa, Distrito Federal. Disponível em:< <https://tinyurl.com/5bn9xcmn>> acesso em: 13 de setembro 2020.

Weg.net inversor de frequência cfw 300 disponível em: <<https://tinyurl.com/saark3ed>> Acesso em 24 setembro 2020.

## CAPÍTULO 4

---

# HOSPITAIS MODULARES PRÉ-FABRICADOS: COVID-19 E OS AVANÇOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

*PREFABRICATED MODULAR HOSPITALS: COVID-19 AND  
THE ADVANCES IN CIVIL CONSTRUCTION*

Taline Nascimento Carvalho<sup>1</sup>  
Márlison Santos de Sá<sup>2</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.4

<sup>1</sup> Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-7151-5229>. [talinnecarvalho@gmail.com](mailto:talinnecarvalho@gmail.com).  
<sup>2</sup> Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>. [270102987@prof.unama.br](mailto:270102987@prof.unama.br).

## RESUMO

No início do ano de 2020, uma onda de pandemia tomou conta do mundo, nesse sentido, surgiu a necessidade das construções de hospitais de campanha em períodos muito curtos. Foi de suma importância a contribuição da engenharia com técnicas de construções como os pré-fabricados e pré-moldados, pois veio a possibilitar a construção em larga escala. Considerando isto, elaborou-se este trabalho através de pesquisas bibliográficas, afim de apresentar as características desses processos construtivos. O objetivo da pesquisa, foi apresentar as técnicas e os instrumentos usados no processo de construção de edifícios, bem como os benefícios e as dificuldades encontradas no decorrer de todo esse processo, além de enfatizar como a engenharia contribuiu no combate ao surto epidêmico. Por fim, é apresentado modelos de obras de hospitais de campanha feitas com esses métodos construtivos em alguns países, inclusive o Brasil.

**Palavras-chaves:** Pré-fabricados. Hospitais. Pandemia.

## ABSTRACT

At the beginning of 2020, a wave of pandemic took over the world, in this sense, the need for the construction of campaign hospitals in very short periods arose. It was of paramount importance the contribution of engineering with construction techniques such as prefabricated and precast, because it allowed large-scale construction. Considering this, this work was elaborated through bibliographic research, in order to present the characteristics of these constructive processes. The objective of the research was to present the techniques and instruments used in the construction process of buildings, as well as the benefits and difficulties encountered during this whole process, besides emphasizing how engineering contributed to combat the epidemic outbreak. Finally, models of works of field hospitals made with these constructive methods in some countries, including Brazil, are presented.

**Keywords:** Prefabricated. Hospitals. Pandemic.

## 1 INTRODUÇÃO

A COVID-19 obrigou o setor civil a rever seus planos. Durante o período da pandemia foram construídos no mundo todo inúmeros hospitais através dos pré-fabricados, afim de possibilitar mais leitos e salvar mais vidas, num curto período de tempo de construção junto de uma fácil montagem.

Infelizmente, foi por meio do avanço do número de casos confirmados pela COVID 19, que ocorreu um aumento na demanda hospitalar, onde veio a ser necessário a construção de novos hospitais com o objetivo de oferecer leitos e desafogar o sistema de saúde do país. Assim como alguns países, o Brasil adotou o uso dos pré-fabricados.

Segundo a norma NBR 9062, o pré-moldado é um elemento realizado fora do local definitivo de utilização, formado em condições menos rigorosas de controle de qualidade, sem a necessidade de pessoas, laboratório e instalações congêneres próprias. A norma define o pré-fabricado em um elemento preparado em local diferente do definitivo da estrutura, em instalações semelhantes ou usinas que possuam pessoal e instalações laboratoriais permanentes para o controle de qualidade.

As obras que adotam as estruturas em pré-fabricados buscam principalmente agilidade e produtividade.

O uso do pré-fabricado possui grande aproveitamento de espaço interno possibilitando atingir grandes vão livres, e projetos com previsão de ampliações futuras (SIRTOLI, 2015).

O uso desse material construtivo foi visto como alternativa viável, pois os pacientes precisavam de um local adequado o mais rápido possível. A escolha do pré-fabricado veio a partir da agilidade, racionalidade e diminuição do tempo de execução da obra.

Muitos países adotaram esse método de construção que já existia, porém não era tão utilizado quanto hoje em dia, até a disseminação do vírus.

## 2 METODOLOGIA

Para este trabalho, foram utilizadas técnicas de argumentação e demonstração de conhecimento, focada para a disponibilização de uma análise descritiva de um conteúdo imprescindível nos tempos atuais.

Buscou-se demonstrar como a engenharia civil lidou com a pandemia da COVID 19 bem como mostrar o que foi utilizado para sua superação neste sentido, para isso, foi necessário pesquisas recorrentes.

Realizou-se levantamento bibliográfico sobre as construções com pré-fabricados, bem como também suas normas. Assim como, levantamento dos documentos de plantas, etapas de projetos, implementação e registros fotográficos das construções de hospitais.

## 3 REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.1. Como é possível uma construção tão rápida?

Ao longo da história, a indústria da construção civil tem sido caracterizada como uma indústria de mão de obra intensiva que é oportuna, cara e produz resíduos em excesso às custas do meio ambiente. Nos últimos 100 anos, os profissionais da área da engenharia civil usaram técnicas de pré-fabricação e pré-modularização para reduzir custos, permitir a padronização de processos, encurtar os prazos de entrega, melhorar a qualidade da construção e reduzir o desperdício.

A construção civil é muito tradicionalista e apegada aos métodos de produção convencionais, porém nos últimos anos vem se modernizando, buscando assim usar materiais que sejam mais baratos, práticos e econômicos. Reduzindo assim não só os custos com uma obra, como também o seu tempo de execução. É indiscutível que materiais pré-fabricados e pré-moldados agilizam a obra, por isso, esses métodos construtivos já são realidade em países que buscam construir com qualidade e rapidez. Com isso os pré-fabricados e os pré-moldados vêm ganhando espaço gradativamente na construção civil e vem se tornando cada vez mais necessários, principalmente devido a sua agilidade, racionalidade e diminuição do tempo de execução da obra.

A utilização de estruturas pré-moldadas em edificações relaciona-se diretamente a uma construção econômica, durável estruturalmente segura e com versatilidade arquitetônica, onde as indústrias responsáveis pela obtenção dessas peças estruturais vem buscando atender a demanda da sociedade relacionada a economia, eficiência, desempenho técnico, segurança, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade (ACKER, 2002).

Há uma variedade de opções de estruturas que podem ser executadas com esse sistema construtivo, variando de galpões, a prédios e pontes. Conforme Pfeil (1991) os projetos com vigas pré-moldadas são muito econômicos para vãos de 15 a 30m em edifícios e de 20 a 40m para pontes. Segundo Ordonez (1974, apud. BRUMATTI, 2008) a pré-moldagem “é uma fabricação fora do canteiro, de partes da construção, capazes de serem utilizadas mediante ações posteriores de montagem”, como mostra a Figura 1:

Figura 1 - Estrutura pré-fabricada tipo esqueleto.



Fonte: Revista Técnica, Projetos ed. 140, 2008.

Esse método de construção com pré-moldados e pré-fabricados se torna extremamente importante e relevante no período atual em que o Brasil e o mundo todo se encontram, pois é uma maneira fácil e rápida de construir. Com o avanço do número de casos confirmados pela COVID 19, a demanda hospitalar vem aumentando, por isso torna-se necessário a construção de novos hospitais, pois tem como objetivo oferecer leitos e desafogar o sistema de saúde do país. É perceptível que nenhum sistema de saúde no mundo estava preparado para atender a demanda de pacientes durante a pandemia, com a lotação dos hospitais, os pré-fabricados agregaram sua facilidade e agilidade para atender a carência em um espaço para o atendimento seguro.

Para a agilidade em uma obra, é imprescindível também um bom planejamento de obras. Um planejamento adequado resulta em uma obra ágil, sem conflitos nas suas etapas, segura, organizada, sem desperdício e dentro do custo previsto, mas para isto deve-se reunir todas as informações possíveis antes da realização da obra, pois para aproveitar a totalidade dos benefícios deste sistema não se pode deixar grandes definições e decisões para depois de iniciada a obra. Os principais itens do gerenciamento são o planejamento e controle da obra, e quando são bem executados, tem melhor resultado.

Ao planejar a obra, o engenheiro consegue estimar, reduzir custos e obter insumos no tempo adequado.

Portanto, o controle de uma obra resume-se na verificação constante do cumprimento do que foi planejado. Alguns desvios do cenário previsto inicialmente podem ocorrer ao longo da obra, por isso é preciso levar em consideração os potenciais imprevistos e tornar o planejamento utilizável na prática, também é necessário

analisar as etapas de um projeto de construção para organizar um planejamento de obras eficiente. Um erro comum ao fazer um planejamento é pressupor apenas situações perfeitas e ideais. Isso pode fazer com que o planejamento seja pouco usado dali em diante e além disso pode tornar o trabalho arriscado por estar em desacordo com a real situação. Uma noção de tempo equivocada também pode conduzir a um cronograma inaplicável, resultando em multas de atrasos e gastos desnecessários que poderiam ter sido previstos no planejamento. Assim, obras que adotam as estruturas ágeis e produtivas buscam os pré-fabricados e pré-moldados.

Obras que adotam esse método construtivo são mais complexas que as obras feitas no método convencional, por isso exigem mais do planejamento e gerenciamento. O ideal é estabelecer uma sequência, período e sentido de montagem dos pré-moldados e pré-fabricados para definir os demais planos de projeto, fabricação e expedição, contribuindo para o sucesso da montagem. Quanto mais detalhado for o planejamento de montagem maior será sua contribuição e a obra será bem sucedida. Por este motivo deve-se prever o máximo possível de fatores que podem influenciar este processo.

De acordo com Mattos (2010), através do controle e das programações periódicas, podem-se tomar decisões que possibilitem resoluções de problemas que venham a surgir, na tentativa de se alcançar o resultado final mais aproximado do que foi planejado inicialmente. Planejamento e controle são aspectos do gerenciamento cíclico interligados entre si. Com isso, é possível levar em consideração os potenciais imprevistos e tornar o planejamento utilizável na prática, também é necessário analisar as etapas de um projeto de construção para organizar um planejamento de obras eficiente.

### **3.2 O que são pré-moldados e pré-fabricados**

Segundo a norma NBR 9062, o pré-moldado pode ser da seguinte forma: um elemento executado fora do local definitivo de utilização, feito em condições menos rigorosas de controle de qualidade, sem a necessidade de alguém, laboratório e instalações congêneres próprias.

A mesma norma também define o pré-fabricado da seguinte forma: elemento produzido fora do local definitivo da estrutura, em instalações análogas ou usinas que disponham de pessoal e instalações laboratoriais permanentes para o controle de qualidade.

### 3.3 Vantagens e desvantagens do uso do pré-moldado e do pré-fabricado

Como acontece com qualquer outra tecnologia, o uso de elementos pré-moldados de concreto para a construção de estruturas tem prós e contras, podendo ou não ser aceito pela empresa como alternativa favorável. Portanto, cada caso deve ser um caso, e um estudo de pré-viabilidade deve ser realizado para analisar a relação custo-benefício da tecnologia ou a escolha de qualquer outra tecnologia. É claro que, durante a fase de concepção do projeto, há uma maior facilidade administrativa e logística com a centralização do mesmo. Todos os esboços arquitetônicos, cálculos estruturais e fabricação de peças estão concentrados no projeto, sendo necessário somente entrar em contato com um fornecedor, o que reduz muito o trabalho de gerenciamento de edifícios. Desta forma, é possível realizar a obra em fases pré-definidas, dividir a obra em setores, e é possível compor cada setor de forma independente.

Com o processo de industrialização, o mercado exige cada vez mais o processo evolutivo, as peças pré-fabricadas ou pré-moldadas de concreto podem ser fabricadas no local ou na indústria, esse fator depende da necessidade de cada indivíduo. Como em todas as situações, todos os métodos têm vantagens e desvantagens. Sirtoli (2015) afirma que o uso de pré-moldados na construção pode ser associado a um método construtivo econômico, durável, seguro e versátil. Estes elementos podem ser realizados tanto no canteiro de obras quanto na indústria. Portanto, o trabalho pode ser realizado em um estágio pré-determinado. O trabalho pode ser dividido em departamentos, e cada departamento pode ser formado de forma independente.

São estruturas com controle tecnológico e sistema construtivo industrializado. As peças geralmente consistem em colunas, vigas, tetos e painéis de fechamento. Esses fatores tornam o trabalho mais organizado e seguro. A construção pré-fabricada permite a utilização de grandes vãos, o que é de grande importância, e utilização em edifícios comerciais e industriais como: shoppings centers, estacionamentos, centro esportivos, escritórios, pavilhões, entre outros. No entanto, é importante apontar as vantagens e desvantagens desse sistema construtivo.

As vantagens incluem o menor tempo de construção, redução do número de trabalhadores no canteiro de obras, trabalhadores especializados e qualificados, desenvolvimento das atividades sem interrupções, a padronização de tarefas para um mesmo processo, melhor controle de qualidade do material utilizado, montagem sem escoramento, dentre outras. No entanto, as desvantagens incluem limitações relacionadas aos equipamentos de transporte e montagem, restrições à circulação

no local de construção, dificuldades de transporte em grandes centros, limites das formas arquitetônicas, a possibilidade de apresentar fissuras entre placas e a necessidade de mão-de-obra especializada, entre outras coisas, devem ser previstas expansões no projeto original, de forma que o projeto deve ser desenhado levando em consideração a finalidade, as limitações, vantagens e desvantagens de sua utilização e, principalmente, a relação custo-benefício de sua utilização, exemplificada na Figura 2 .

**Figura 1** - Estruturas de pré-moldados.



Fonte: Silva et al, 2019.

Cunha (2010) aponta que anteriormente o pré-fabricado era ligado a uma construção de baixa qualidade apontada como solução a ser utilizada em último caso. Ele discorda dessa ideia observando que construir rápido não é o mesmo que construir mal, mas que cabe aos projetistas e as empresas de pré-fabricação a desempenhar soluções sem comprometer a durabilidade das estruturas.

Sirtoli (2015) mostra que há um grande aproveitamento de espaço interno possibilitando atingir grandes vãos livres, dessa forma existe a possibilidade de fazer projetos com previsão de ampliações futuras, desde que seja previsto nos cálculos estruturais a adição de futuras cargas nas estruturas.

Do mesmo modo Acker (2002) afirma que esse tipo de estrutura oferece recursos para melhorar a eficiência estrutural, onde com os grandes vãos e seções de pilares mais elegante, acarretam uma flexibilidade na construção para garantir maior vida útil da edificação por causa da adaptabilidade para novos usos, ocasionando em uma retenção no valor comercial por mais tempo da construção.

Como a produção é fora do canteiro de obras, o aperfeiçoamento do canteiro ocorre uma redução de empregados e do cronograma de obras, assim, obtém mais organização de limpeza, eliminação e redução da utilização de formas (SIRTOLI, 2015).

A industrialização tem um caráter repetitivo, bem representado pela pré-moldagem que reduz o desperdício e tem impacto direto na produtividade do trabalho, é muito eficiente em termos de velocidade de execução, controle de qualidade, coordenação modular e redução de improvisações e desperdícios. É capaz de levar em consideração muitas vantagens, tais como por exemplo, menos ociosidade, menos trabalhadores expostos a riscos, trabalho mais limpo e menos poluição ambiental, menos rotatividade e melhor organização do trabalho.

Os elementos pré-fabricados são inseridos no processo construtivo sem alterar repentinamente a base produtiva característica da indústria.

As peças são fabricadas em local diferente da construção aplicada, o que gera custo com o transporte das peças, pode tornar uma solução inviável do ponto econômico, sobre os acessos a obra pela aplicação do pré-moldado (CUNHA, 2010).

Tomás (2010) acrescenta a geração de situações desfavoráveis além do transporte, a desmoldagem, armazenamento e montagem, além disso, é necessário averiguação de segurança antes.

O pré-moldado conta com boa arquitetura, pois não é restrito aos elementos de concretos produzidos em série, e sim ao poder de ser adaptado aos requisitos dos fabricantes ou do arquiteto (ACKER, 2002), ilustrado na Figura 3.

**Figura 2** - Pilares pré-moldados da superestrutura.



**Fonte:** Silva et al, 2019.

### 3.4 Economia/custo-benefício do uso dos pré-moldados e pré-fabricados

Diante da crise que atingiu a economia brasileira nos últimos anos, empresas de diversos ramos tiveram que recorrer à redução de custos e otimização para sobreviver.

Quando falamos em obras e projetos de engenharia civil, essa necessidade é ainda maior, pois a indústria da construção tem sido uma das áreas mais atingidas durante a pandemia. Nesse cenário, são as empresas que sabem melhor aproveitar as oportunidades que ficarão de pé depois de passar pela turbulência. Uma dessas possibilidades é a utilização de estruturas pré-moldadas e pré-fabricadas que utilizam elementos estruturais já formados, esses elementos são feitos fora da obra, o que lhes confere maior resistência antes de serem incorporados à estrutura.

É o pré-moldado que auxilia os gestores e diretores de obras a alcançar o principal objetivo na crise: a redução de custos. Devido a diminuição no número de operários, pois a montagem e construção fica muito mais simples.

É normal um projeto de construção sofrer cobranças do prazo de entrega. Assim, parte da opção de aumentar a velocidade dos trabalhos e reduzir um dia no prazo final é sempre bem-vinda.

O uso de pré-moldados agiliza o processo de construção, já que são moldadas em paralelo à obra. Por exemplo, durante a terraplanagem a superestrutura como pilares, vigas, lajes podem ser moldadas prontas para serem utilizadas no momento necessários na obra.

Limpeza e organização são essenciais para mostrar o diferencial, com as estruturas pré-moldadas, não há necessidade de fazer concreto no canteiro de obras, e se a estrutura for moldada no local, facilita a organização da área específica destinada a confecção dos pré-moldados.

Elas evitam o acúmulo de resíduos indesejáveis e o desperdício de materiais, o que ajuda a manter seus projetos dentro do orçamento inicial.

Em maior parte, a estrutura pré-moldada é produzida dentro de um parque fabril, cercado por um controle de inspeções rigoroso nas etapas de produção, para assegurar a qualidade e confiabilidade dentro das normas estabelecidas pela ABNT. A qualidade delas é superior das estruturas tradicionais, com um resultado final melhor junto da satisfação dos clientes do projeto.

Com o uso de pré-fabricados, o risco de ocorrerem imprevistos de ordem financeira na obra é reduzido, e é conhecido os custos das peças antes mesmo de precisar delas na obra.

O sistema construtivo tem características próprias de layout da estrutura, largura do vão, sistemas de estabilidade, tudo para visar melhores resultados, também precisa de um projeto baseado nos sistemas construtivos pré-moldados, precisa respeitar as necessidades particulares e específicas estruturais.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Hospitais da China

A cidade de Wuhan, na China, transformou-se no epicentro da epidemia global de coronavírus em janeiro de 2020. Esta situação causou superlotação nos hospitais de todo o país e obrigou o governo chinês a tomar outras medidas para ajudar os cidadãos locais. Devido à alta taxa de contaminação, e com o número crescente de casos e mortes, rapidamente a China iniciou a construção de 2 novos hospitais, para tratar exclusivamente pacientes contaminados pelo vírus como mostra a Figura 4 (ALDERTON, 2020).

**Figura 4** - Início da Construção em Wuhan, China.



Fonte: Terra, 2020.

O governo local reuniu uma equipe para uma tarefa um tanto quanto desafiadora: construir um hospital improvisado, em apenas poucos dias. Uma obra desse tipo poderia levar meses, ou até mesmo anos para ser concluída. Um projeto tão grande como este levaria seis meses para ser projetado e até três anos para ser construído (ALDERTON, 2020).

O atual diretor do Digital Design Research Center da CITIC ADI, Jiqiang Hu, expôs que sob a liderança do escritório central, levou cerca de uma hora de reunião para uma equipe de projetistas de mais de 60 pessoas para efetuarem o projeto de Huoshenshan, como mostra a Figura 5.

**Figura 5** - Operários instalam peças pré-fabricadas para montar os módulos do hospital Huoshenshan em Wuhan, na China.



Fonte: Alumipac, 2020.

Além disso, em 30 minutos, os projetistas estavam a caminho do local para fazer um levantamento de campo, para finalizar o projeto e contribuir na luta contra a epidemia (ALDERTON, 2020).

Jiqiang Hu ainda enfatiza que tinham que correr contra o tempo, pois a vida das pessoas estava em perigo. A CITIC ADI trouxe um plano de terraplanagem em um tempo de cinco horas, o plano de projeto foi finalizado em 24 horas e em 60 horas, entregue os desenhos de construção.

A equipe do projeto optou usar pela tecnologia BIM para o projeto virtual e construção. O modelo auxiliou a equipe técnica no canteiro de obras para comunicação com os projetistas e proprietário, assim, evitar colisões e retrabalho da tubulação electromecânica, e economizar o máximo de tempo de construção possível (ALDERTON, 2020).

O uso de módulos pré-fabricados não é uma novidade e a China sabe como aproveitá-lo em casos de emergências como esta, esse é o segredo para se conseguir essas construções.

A construção do Hospital Huoshenshan (Montanha de Deus do Fogo) iniciou no dia 23 de janeiro e encerrou dia 2 de fevereiro, para funcionar no dia seguinte para receber os pacientes. Foi necessário 10 dias para um hospital com 25 mil metros quadrados ser construído do zero, contou com um canteiro de obras ocupado por cem tratores e quatro mil trabalhadores que se revezaram em três turnos de trabalho, o hospital conta com dois níveis e foi construído com um sistema de módulos que se unem para compor a construção final.

O Hospital Leishenshan (Montanha do Deus do Trovão) levou em uma semana para ser construído, as obras começaram em 27 de janeiro e foram concluídas no dia 2 de fevereiro. A sua primeira ala de isolamento foi finalizada no dia 1 de fevereiro e o hospital recebeu os primeiros pacientes e os funcionários uma semana depois, exibida na Figura 6 e 7 (REDAÇÃO O SUL, 2020).

**Figura 6** – Construção do hospital Leishenshan.



Fonte: Noticias R7, 2020.

**Figura 7** – Leito do hospital Leishensan na China.



Fonte: Notícias R7, 2020.

Para erguer os hospitais em poucos dias o trabalho era realizado 24 horas por dia por operários e máquinas, e além do empenho de cada funcionário foram utilizadas construções pré-fabricadas, desta forma tudo ocorria de forma simultânea e coordenada. O projeto foi elaborado a partir das peças que saíram das fábricas e depósitos do país. Durante a montagem dos blocos, os operários preparavam a rede elétrica para o novo local e o nivelamento do terreno.

## 4.2 Hospitais do México

No final de fevereiro de 2020, o novo coronavírus chegou ao México. A partir de março, a CEMEX, fabricante e distribuidora mexicana de materiais de construção, percebeu a necessidade do país de mais leitos hospitalares para atender às necessidades futuras de atendimento dos infectados pelo vírus.

Enrique Rodríguez, gerente de Engenharia e Projetos de Infraestrutura e Governo da CEMEX, expressou o desejo de apoiar na luta contra o vírus, apesar que os projetos desenvolvidos fossem voltados para estradas, represas ou parques eólicos, nada relacionados com ao combate da pandemia (TOMASSINI, 2020).

Enrique Rodríguez ainda explica o surgimento da ideia de adaptar um projeto interno implementado em 2019 voltado para habitações pré-fabricadas adequadas para funcionários que trabalham em obras remotas. Logo, fabricar e instalar hospitais pré-fabricados com a intenção de serem móveis, duráveis, inteligentes e acessíveis (TOMASSINI, 2020).

O gerente também ressalta que o BIM ajudou a manter hospitais pré-fabricados, duráveis, inteligentes e acessíveis, para alcançar um modelo de hospital fun-

cional que preenchesse as necessidades dos pacientes e da equipe médica (TOMAS-SINI, 2020).

As equipes trabalharam juntas no projeto para reduzir os atrasos causados por mudanças de última hora, inclusive dando às organizações de saúde um passeio virtual pelas instalações antes do início da construção.

No total, foram construídas seis unidades de saúde em diferentes estados do México para atender pacientes com COVID-19. Essas unidades médicas foram construídas em apenas 15 dias, um tempo recorde para construções desse tipo. Normalmente, o processo de construção dos hospitais tradicionais leva pelo menos 120 dias. Essas unidades médicas adicionam mais de 4.300 metros quadrados de espaço hospitalar ao setor de saúde no México. Os módulos estão localizados em Ciudad Juárez, Chihuahua; Tlalnepantla, Estado do México; Monterrey, Nuevo Leon; Puebla, Puebla; Culiacan, Sinaloa e Fresnillo, Zacatecas, locais designados pelas autoridades sanitárias.

Os prédios foram construídos com módulos pré-fabricados de concreto antibacteriano de alta durabilidade, possuem piso vinílico de grau hospitalar e rampas de acesso para pacientes e macas, e as entradas e saídas possuem controles de acesso inteligentes em áreas críticas. Seus acabamentos e pintura também possuem propriedades antibacterianas, apresentada na Figura 8.

**Figura 8** - Hospital no México construído pela CEMEX.



Fonte: Redshift-Autodesk, 2020.

Também, possuem filtros especiais no sistema de ar condicionado, luz ultravioleta que ajudará a eliminar vírus e bactérias, fossa séptica aquecida para resíduos

biológico-infecciosos perigosos e equipamentos de combate a incêndio com detectores de fumaça, como indica a Figura 9.

**Figura 9** - Interior de um leito de hospital construído no México.



Fonte: Redshift-Autodesk, 2020.

### 4.3 Hospital do Brasil

No final de fevereiro de 2020, o Brasil identificou a primeira contaminação pelo novo coronavírus. Tão rápido quanto o avanço do vírus no país foi a corrida para disponibilização de novos leitos para pacientes infectados pelo vírus. Em uma parceria entre o Brasil ao Cubo e a prefeitura da cidade de São José dos Campos e grupos como Spani Atacadista e Villarreal Supermercados, grupo Farma Conde, DM Card e Method Engenharia, a cidade de São José dos campos recebeu um hospital permanente, construído com a tecnologia modular para atender aos casos de COVID-19, ilustrada na Figura 10.

**Figura 10** - Hospital de campanha na cidade de São José dos Campos-SP.



Fonte: SPDM, 2020.

Ao todo, foram doados um total de R\$ 13 milhões para o projeto, com a queda na arrecadação, a obra só foi possível com o apoio da iniciativa privada. A construção do hospital da retaguarda começou dia 30 de maio de 2020, sendo concluída 36 dias depois, foi entregue à população 11 dias antes do prazo estipulado, e teve agilidade pois diversos funcionários participaram do trabalho, como exemplifica a Figura 11.

**Figura 11** - Leito do hospital de retaguarda em São José dos Campos no Brasil.



Fonte: G1 - Globo, 2020.

Construído do zero, o hospital veio a tornar-se a obra hospitalar mais rápida do Brasil, sem ser ampliação ou anexo. O local construído pela construtech catariense Brasil ao Cubo é destinado inicialmente a pacientes infectados pelo novo coronavírus e atendidos pelo SUS, mas o hospital permanecerá como um legado para a comunidade após a pandemia como o novo pronto-socorro do hospital municipal.

Contou com 67 módulos, distribuídos em dois pavimentos, o prédio ocupa um terreno de 3.100 m<sup>2</sup> com 1.554 m<sup>2</sup> de área construída. Apesar do desafio, a obra conseguiu ser concluída antes do previsto graças ao sistema único desenvolvido e implementado pela empresa, o chamado Off-Site BR3, que se baseia na aplicação de métodos utilizando as ferramentas de engenharia de produção e civil, ou seja, um imóvel de qualquer porte é construído 100% no parque fabril da empresa e levado pronto para instalação no local.

Por meio do exclusivo sistema “Plug and Play BR3”, o qual proporciona um encaixe perfeito e tem as mesmas propriedades tradicionais nas construções. O Brasil ao Cubo garante o projeto com cerâmica, elétrica, água e restante pronto, ressalta Ricardo Mateus, fundador da Brasil ao Cubo (MEDICINA S/A, 2020).

Como o novo hospital passará a ser um pronto-socorro com unidades para atendimento de adultos e crianças, o projeto já considerou a infraestrutura necessária para gases hospitalares, rede elétrica e rede sanitária. O ministro da Saúde da cidade, Danilo Stanzani Júnior, ressalta que a nova estrutura é essencial para um atendimento tranquilo ao cidadão e um planejamento de isolamento para o tratamento correto dos pacientes com coronavírus. Na segunda semana de julho de 2020 o hospital já recebeu seus primeiros pacientes.

Ricardo Mateus fala a extrema importância de construções off-site terem a velocidade e excelência, a fim de trazer uma solução assertiva para minimizar o impacto do vírus em nosso país (MEDICINA S/A, 2020).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do pré-fabricado foi essencial para entregar hospitais de campanhas e promover mais leitos. Logo, pode-se observar que os pré-fabricados com a vantagem da rapidez e praticidade, foi crucial para mostrar que esse novo material pode agregar muito mais à engenharia civil.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. 2017.

ACKER, Arnold Van. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. 2002. Disponível em <<http://www.ceset.unicamp.br/~cicolin/ST%20725%20A/mpf.pdf>>.

ALDERTON, MATT. **Hospitais modulares pré-fabricados para covid-19 construídos em poucos dias**. Redshift by Autodesk, 2020. Disponível em: <https://redshift.autodesk.com.br/hospitais-modulares/>. Acesso em: 24, ago. 2021.

BRUMATTI, Dioni O. **Uso de pré-moldados** – estudos de viabilidade. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Minas Gerais. Vitória: 2008

CUNHA, Frederico Nunes Miranda. **Dimensionamento de tabuleiros de pontes com vigas de betão pré-fabricados.** 2010. Disponível em: <https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/61676/1/000149212.pdf>. Acesso em: 08, mai. 2021.

MEDICINA S/A. **Brasil ao Cubo constrói Hospital de Retaguarda em 36 dias.** Medicina S/A, 2020. Disponível em: <https://medicinas.com.br/brasil-ao-cubo-covid/>. Acesso em: 25, ago. 2021.

PFEIL, W. Concreto armado. Rio de Janeiro: **Livros Técnicos e Científicos**, 1985.

SILVA, Andreza et al. ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS: VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SUA UTILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **CONSTRUIDO**, v. 11, n. 2, p. 65-76, 2019.

SIRTOLI, Alex Sandro Couto. **Industrialização da construção civil, sistemas pré-fabricados de concreto e suas aplicações.** 2015. Disponível em: [http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1\\_2015/TCC\\_ALEX%20SANDRO%20COUTO%2](http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_ALEX%20SANDRO%20COUTO%2). Acesso em: 08, mai. 2021.

REDAÇÃO O SUL. **Construído em apenas dez dias, hospital recebe pacientes com coronavírus na China.** O Sul, 2020. Disponível em: <https://www.osul.com.br/construido-em-apenas-dez-dias-hospital-recebe-pacientes-com-coronavirus-na-china/>. Acesso em: 24, ago. 2021.

TOMÁS, Quirino José Jacinto. **Concepção e projecto de um edifício de habitação com estrutura em betão pré-fabricado.** 2010. Disponível em: [https://run.unl.pt/bitstream/10362/3367/1/Tomas\\_2010.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/3367/1/Tomas_2010.pdf). Acesso em: 09, mai. 2021.

TOMASINI, Carlos. **No México, a construção de hospitais para COVID-19 ocorreu em tempo recorde.** Redshift by Autodesk, 2020. Disponível em: <https://redshift.autodesk.com.br/construcao-de-hospitais/>. Acesso em: 24, ago. 2021.



## CAPÍTULO 5

---

### **ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA-FINANCEIRA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO NO LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - UNAMA, NA CIDADE DE SANTARÉM-PA**

*TECHNICAL-FINANCIAL FEASIBILITY STUDY FOR IMPLEMENTING THE PHOTOVOLTAIC SYSTEM AT THE ELECTRICAL ENGINEERING LABORATORY - UNAMA, IN THE CITY OF SANTARÉM-PA*

Kallena Abreu Azuelo<sup>1</sup>  
Matteus Freitas de Alencar<sup>2</sup>  
Rogério Diogo Cardoso de Jesus<sup>3</sup>  
Márlison Santos de Sá

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.5

1 Centro Universitário da Amazônia - UNAMA. <https://orcid.org/0000-0001-7941-2937>. E-mail. kallena.azuelo@gmail.com  
2 Centro Universitário da Amazônia - UNAMA. <https://orcid.org/0000-0003-1572-8224>. E-mail matteus\_alencar@hotmail.com  
3 Centro Universitário da Amazônia - UNAMA. <https://orcid.org/0000-0003-2441-4892>. E-mail rdiogo62@gmail.com

## RESUMO

Levando em consideração o grande avanço dos estudos na área de energia solar, o trabalho a ser apresentado irá analisar a viabilidade da implementação de um sistema fotovoltaico On-grid no laboratório de Engenharia Elétrica localizado no Centro Universitário da Amazônia, em Santarém-PA. O sistema fotovoltaico é a forma mais barata e eficiente de se ter energia elétrica limpa. No Brasil esse sistema vem se popularizando a cada ano, a maioria das pessoas que adquirem essa tecnologia tem como objetivo se auto sustentar, assim reduzindo o preço das contas de energia, pois ainda vão ter que pagar alguns impostos, das concessionárias de energia elétricas. Com tudo, algumas pessoas e até mesmo empresas ainda têm receio de investir no sistema fotovoltaico, por não conhecer como esse sistema funciona. O objetivo dessa pesquisa é demonstrar detalhadamente ao leitor todo o processo que envolve a geração de energia fotovoltaica. Primeiramente, falaremos sobre detalhes do funcionamento de um sistema solar completo e depois daremos início ao andamento do projeto tal como meios para diminuir o custo e melhorar a eficiência dele. Entrando na parte de coleta de dados é feito um levantamento do consumo médio do local por mês para fazermos os cálculos da potência necessária do sistema a ser instalado, também é analisado locais de sombreamento em diferentes horários do dia para evitar perda de produção. Por fim, uma tabela de custos e em quanto tempo se tem o retorno do investimento.

**Palavras-chave:** Sistema Fotovoltaico. Eficiência. Projeto.

## ABSTRACT

Taking into account the great advances in studies in the field of solar energy, the work to be analyzed will study the feasibility of implementing an on-grid photovoltaic system in the Electrical Engineering laboratory located at the Centro Universitário da Amazônia-PA. The photovoltaic system is the cheapest and most efficient way to have clean electricity. In Brazil, this system has become more popular every year, as most people who acquire this technology aim to support themselves, as well as to reduce the price of energy bills, as energy concessions prevail. However, some people and even companies are still afraid to invest in the photovoltaic system, for not knowing how this system works. The objective of this research is to demonstrate to the reader in detail the entire process that involves the generation of photovoltaic energy. First, details of the functioning of a complete system will be exposed, and then the project will be started as a means to reduce cost and improve its efficiency. Entering the data collection part, a survey of the average consumption of the site per month will be made to carry out the calculations of the required

power of the system to be installed and the local shading will also be analyzed at different times of the day to avoid loss of production. Finally, a table of costs will be presented, which contains the collected data and the estimate of the period necessary to obtain the return on the investment.

**Keywords:** Photovoltaic System. Efficiency. Project.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais a força de um país é medida pelo seu potencial de geração energética, já que a energia é parte essencial no desenvolvimento de uma economia e sociedade próspera tendo a solar como uma das mais promissoras. A crise hídrica que o país vem sofrendo neste ano de 2021 tem causado consecutivos aumentos no preço da energia de muitos brasileiros e serviu para mostrar que não podemos depender exclusivamente de uma única matriz energética, por isso, a energia solar vem crescendo em disparada e segundo o próprio governo teve um crescimento de 2000% nos 3 últimos anos.

No começo do ano de 2020 a expectativa da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) era que o ano trouxesse ao país um aumento de 4 GWp em potência instalada, já considerando grandes usinas e também geração distribuída. Isso representaria quase dobrar a potência instalada de 2019, que era de 4,4 GWp e passaria para 8,4 GWp. A previsão era crescer 170%, ficando o acumulado em 5,4 GWp. Sendo assim, tivemos um crescimento de 116%, ficando 54% abaixo da expectativa do mercado. E no ano de 2021 é esperado um crescimento ainda maior, praticamente dobrando a meta do ano de 2020 com cargas somadas de 12,5 GWp até o final do ano. E por se tratar de uma tecnologia em estudos e avanços constantes, está sempre sofrendo grande aumento na capacidade de rendimento e diminuição no custo, permitindo que a energia solar fotovoltaica seja a melhor opção limpa, renovável, viável e com manutenção mínima para todas as áreas.

O foco deste trabalho é propor uma opção de projeto de energia limpa e mostrar os benefícios que ela pode trazer para a universidade, que tem um papel importante na formação de mente e pessoas, buscando sempre ser um exemplo às demais instituições na região. Gerando uma economia e ajudando na preservação ambiental, com a diminuição de CO<sub>2</sub> dispensado na atmosfera. Desse modo, pode até ser pensado em projetos futuros para os outros laboratórios ou até mesmo para toda a faculdade buscando todos os benefícios que este tipo de energia pode trazer para a sociedade.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Funcionamento de uma célula fotovoltaica

A célula fotovoltaica de silício cristalino é composta por duas camadas de silício dopadas com diferentes impurezas. A camada  $n$  orientada para o sol está dopada negativamente com elementos do V grupo da tabela periódica, como por exemplo o fósforo, e a camada  $p$  inferior, está dopada positivamente com elementos do III grupo da tabela periódica como por exemplo o boro, nas suas partes frontal e posterior são impressos contatos metálicos. A parte frontal da célula fotovoltaica é feita de nitreto de silício ou de dióxido de titânio, e deverá ser translúcida quanto possível. Aqui os contatos são essencialmente aplicados na forma de uma grelha fina e a reflexão da luz solar pode ser reduzida até abaixo de 5%, com o depósito por vapor de uma camada mais fina (camada de anti-reflexão). As perdas podem ser ocasionadas pela recombinação, reflexão e pelo sombreamento entre os contatos frontais, na célula solar. Uma parte da energia não aproveitada é absorvida e transformada em calor (CÁSSIO A.D.N., 2004).

A radiação solar ao incidir sobre a célula fotovoltaica, mais especificamente na superfície  $n$ , uma parte dessa radiação é refletida e a outra atravessa a célula fotovoltaica que é absorvida, contendo energia atinge os elétrons que se encontram na banda de valência (banda de menor energia comparando com a banda de condução), transmitindo energia suficiente para passar para banda de condução deixando lacunas e conseqüente criando pares electrão-lacuna. Devido a criação da junção  $p-n$  surge o campo eléctrico e ocorre o intercâmbio dos portadores entre os componentes  $p-n$  durante o processo de difusão dos portadores em maioria. Faz com que as cargas eléctricas das impurezas aceitadoras e ionizadas deixem de ser compensadas originando desse modo a criação da carga volumétrica negativa na componente  $p$  e positiva na componente  $n$ . Quando é atingido o equilíbrio na junção  $p-n$  é ligado os terminais a um circuito que se fecha no exterior estabelecendo uma diferença de potencial na célula fotovoltaica, gerando a corrente eléctrica (HERMENEGILDO A.T., 2010).

### 2.2 Funcionamento do sistema ligado à rede pública

É um sistema que converte a radiação solar em eletricidade através de módulos fotovoltaicos agrupados em série ou em paralelo e posteriormente injetada à rede eléctrica, e esse sistema apresenta duas configurações distintas que são: sistemas fotovoltaicos distribuídos (GD) e centralizados (GC). Os sistemas fotovoltaicos distribuídos são instalados próximo do local de consumo, alguns injetam toda

corrente gerada à rede outros injetam o remanescente da demanda da residência e os centralizados são instalados no solo, em locais distantes da zona de consumo devido a grandes áreas que ocupam, estes geram potências altas acima de 100 kWp diários. Os componentes do sistema fotovoltaico ligado à rede são: gerador fotovoltaico, inversor, caixas de proteção DC e AC, cabos de conexão DC e AC, contadores e a rede elétrica.

## **2.3 Equipamentos que compõem um sistema on-grid**

### *2.3.1 Painel Fotovoltaico*

As células fotovoltaicas de silício cristalino são diferentes, pelos processos de fabricação assim como os materiais usados, e estas podem ser: silício monocristalino, policristalino e amorfo. Dentre esses tipos de células fotovoltaicas, a célula monocristalina é a que será detalhada, pois esse será o modelo do projeto.

Para se utilizar o silício na indústria eletrônica além do alto grau de pureza, o material deve ter a estrutura monocristalina e baixa densidade de defeitos na rede. O processo mais utilizado para se chegar às qualificações desejadas é chamado “processo Czochralski”. O silício é fundido juntamente com uma pequena quantidade de dopantes, normalmente o boro que é do tipo p. Com um fragmento do cristal devidamente orientado e sob rígido controle de temperatura, vai-se extraindo do material fundido um grande cilindro de silício monocristalino levemente dopado. Este cilindro obtido é cortado em fatias finas de aproximadamente 300mm. Após o corte e limpeza de impurezas das fatias, deve-se introduzir impurezas do tipo N de forma a obter a junção. Este processo é feito através da difusão controlada onde as fatias de silício são expostas a vapor de fósforo em um forno onde a temperatura varia entre 800 a 1000 °C. Dentre as células fotovoltaicas que utilizam o silício como material base, as monocristalinas são, em geral, as que apresentam as maiores eficiências. As fotocélulas comerciais obtidas com o processo descrito atingem uma eficiência de até 15% podendo chegar a 18% em células feitas em laboratórios.

### *2.3.2 Inversor Solar*

O inversor tem a finalidade de transformar a corrente contínua em corrente alternada a uma frequência de 50Hz e tensão de 230 V. Desconectar o sistema fotovoltaico da rede caso os níveis de corrente, tensão e frequência não estejam dentro da faixa aceitável dos padrões da rede elétrica. Isolar o gerador fotovoltaico da rede quando a mesma não estiver energizada, seja por falhas ou operações de manutenção, evitando possíveis acidentes com os operadores.

O inversor pode apresentar um painel de informação com parâmetros de entrada e armazenamento das informações em *data-logger*. Podem ser registadas, por exemplo, grandezas elétricas como a tensão da corrente contínua e corrente alternada, potência da corrente alternada, energia da corrente alternada diária, energia da corrente alternada acumulada entregue à rede, frequência, os parâmetros meteorológicos e térmicos, como irradiância no plano dos geradores e a temperatura de operação dos módulos (PEREIRA L.S.O, et al 2008).

### 2.3.3 Medidor

Tem a função de medir a quantidade de energia da rede consumida pela instalação elétrica e a quantidade de energia injetada na rede pelo sistema fotovoltaico ligado à rede pública. Pode ser adaptada tanto uma configuração com dois medidores unidirecionais ou a configuração com um medidor bidirecional, que regista quanto é consumido da rede quando a energia é injetada pelo sistema fotovoltaico.

### 2.3.4 String box

É o componente de proteção da parte CC do sistema fotovoltaico. Ela conecta os cabos vindos dos módulos fotovoltaicos ao inversor, enquanto fornece proteção contra sobretensão e sobrecorrente e permite o seccionamento do circuito. Os elementos básicos de uma string box são: Invólucro – onde serão alocados os dispositivos de proteção e as conexões elétricas; Dispositivo seccionador – podendo ser implementado com chave seccionadora ou disjuntor; dispositivo de proteção contra sobretensão – DPS; Dispositivo de proteção contra sobrecorrente – disjuntor ou fusível; Cabos CC.

### 2.3.5 Dimensionamento de um sistema fotovoltaico

Para o estudo técnico para realização do projeto necessita-se coletar as seguintes informações: Consumo dos equipamentos de energia para o período de um ano; Coordenadas geográficas, a fim de obter as variações de temperatura e de radiação mensais do local estudado; Levantamento de área de cobertura disponível a fim de confirmar ou não, se a área existente é o suficiente para a implantação do sistema dimensionado. Quando é realizado um dimensionamento fotovoltaico, temos uma diferença do On-grid para off-grid. O primeiro tem como ser desenvolvido através do faturamento de energia disponibilizado pela concessionária da região com o histórico de consumo e verifica-se vai haver algum aumento de carga no local.

No caso da radiação local, se utiliza a ferramenta *Google Earth* onde se captura os dados de longitude e latitude, e logo após isso se utiliza o site da CRESESB -

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (SunData) onde se aplica os dados e como resultado a radiação a ser trabalhada. Será feito um desenvolvimento matemático para saber o valor que irá ser utilizado. Este quesito de acordo com a área, é um dos primeiros passos após o levantamento das cargas, pois este irá determinar a quantidade dos painéis solares necessários para o projeto.

Com a média calculada, a quantidade de painéis é mensurada considerando a sua geração mínima, levando em conta os dados da irradiação na cidade, assim como as condições climáticas da região. A geração do painel pode ser calculada da seguinte forma, na 1º equação:

$$Gm = Rl \times Pp \times 0,80 \times dias \quad (1)$$

Tal que:

- $Gm$  é a geração mínima necessária para a produção mensal do sistema;
- $Rl$  é a radiação mínima local (kWh/m<sup>2</sup>);
- $Pp$  potência do painel instalado, 0,80 é a eficiência mínima do painel;
- Dias, quantidade neste caso 30.

Com a geração mínima do painel é possível calcular a quantidade de painéis a partir da 2º equação a seguir:

$$n = \frac{\text{Média de consumo}}{Gm} \quad (2)$$

Com a quantidade de painéis mensurada, é dado prosseguimento do dimensionamento do inversor ideal para cada sistema, por meio da potência dos painéis a serem instalados. Esse cálculo de potência é feito da seguinte forma a partir da 3º equação:

$$Ps = n \times Pp \quad (3)$$

Tal que:

- $Ps$  é dado pela potência do sistema
- $n$  a quantidade de painéis mensurada
- $Pp$  a potência do painel escolhida.

Com a quantidade de painéis já verificamos a quantidade de cabos a ser utilizados, onde pode se aplicar os seguintes critérios: (1) Seis metros de cabo vermelho e preto; (2) Dois metros de cabo verde. Essas características são por cada módulo se

aplicando essa quantidade. E com os dados do inversor poderá ser dimensionado o sistema de proteção.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso. Onde os estudos começaram a ser desenvolvido por meio do estudo técnico, que visa o dimensionamento do sistema fotovoltaico de acordo com as normas da concessionária da região e demais fontes bibliográficas explanadas no presente trabalho. E na outra parte será em relação ao financeiro com o propósito de analisar a viabilidade econômica para a implantação do sistema proposto.

O *software* utilizado para compilar os dados através de planilhas foi o Microsoft Office Excel 2016, onde foi criada duas planilhas com as fórmulas e quesitos necessários para o projeto. Em seguida, foi realizada a análise financeira. Para verificar a atratividade financeira do sistema fotovoltaico obtido, será utilizado o seguinte indicado: *Payback* ou período de recuperação do investimento;

O *payback* descontado é um método de análise capaz de evidenciar o tempo necessário para recuperar o investimento inicial (LEMES JÚNIOR et al., 2002). Onde está associado ao risco, que irá fornecer o período de recuperação do investimento. Somente a partir dessa análise é possível tomar a decisão com segurança sobre executar ou não o sistema para o laboratório da instituição.

As pesquisas serão desenvolvidas no Centro Universitário da Amazônia - UNAMA, localizada da R. Rosa Vermelha, 335 - Aeroporto Velho, Santarém - PA, 68010-200, apresentando como coordenadas 2°26'16" de latitude sul e 54°42'38" de longitude oeste, contendo cinco blocos que são divididos entre a administração, salas de aula, biblioteca, laboratórios e etc. O local onde será realizado especificamente o projeto é no laboratório do curso de Engenharia Elétrica da instituição.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como o objetivo do estudo neste momento será um sistema para abastecer o laboratório de Engenharia Elétrica, nesta primeira parte, o mesmo ainda terá o quilowatt-pico abaixo do limite da rede da região que de acordo com a concessionária é de 75 KW, sendo assim, não será necessário o dimensionamento de uma subestação neste momento.

O quadro 1 apresenta o consumo dos equipamentos registrados no laboratório, feito a partir de um levantamento realizado na instituição a partir dessa média

poderá ser acrescentado ao consumo de alguns equipamentos optados pelo consumidor.

**Quadro 1-** Consumo para dimensionamento em kWh/mês

	DESCRIÇÃO	P (W) [A]	QT D	HORAS [B]	CI (kW) [C = (A*B)/1000]	FP [D]	CI (kVA) [E = C/D]	FD [F]	D(kW) [G = CxF]	D(kVA) [H = ExF]	30 DIAS kWh
1	Centro de ar 4200 btus	3800	1	12	45,60	0,92	49,57	0,8	36,48	39,65	1368,00
2	TV 55 polegadas	125	1	8	1,00	0,92	1,09	0,8	0,80	0,87	30,00
3	Lâmpadas	18	12	8	1,73	0,92	1,88	0,8	1,38	1,50	51,84
4	Motor 3 CV	2200	1	4	8,80	0,92	9,57	0,8	7,04	7,65	88,00
5	Gerador 4 kVA	3971,69	1	6	23,83	0,92	25,90	0,8	19,06	20,72	238,30
6	Tomadas de 110V	20	33	8	5,28	0,92	5,74	0,8	4,22	4,59	158,40
7	Tomadas de 220V	40	12	8	3,84	0,92	4,17	0,8	3,07	3,34	115,20
8	Motor 15 CV	11032,5	1	5	55,16	0,92	59,96	0,8	44,13	47,97	551,63
	<b>TOTAL</b>	<b>21207,1 9</b>			<b>145,24</b>		<b>157,87</b>		<b>116,19</b>	<b>126,30</b>	<b>2601,37</b>

Fonte: Autores (2021).

Deste modo, pode-se fazer um dimensionamento utilizando o Microsoft Office Excel 2016, com as equações apresentadas no item 2.3.5., o primeiro passo após os dados coletados, é a realização do cálculo para descobrir a geração mínima de acordo com o painel a ser utilizado, que foi o módulo fotovoltaico de 410W policristalino. A fórmula utilizada foi a 1ª equação:

$$Gm = Rl \times Pp \times 0,80 \times dias$$

$$Gm = 4,79 \times 0,410 \times 0,80 \times 30$$

$$Gm = 47,70 kWh$$

Logo para se descobrir a quantidade de painéis a ser utilizados, será utilizado o resultado do levantamento dos equipamentos encontrados no laboratório encontrados no quadro 1 e a 2ª equação encontradas no presente trabalho:

$$n = \frac{\text{média de consumo}}{Gm}$$

$$n = \frac{2601,37}{47,70}$$

$$n = 54,53 \cong 56 \text{ painéis}$$

Imediatamente foi dimensionado o inversor utilizando a 3ª equação:

$$Ps = n \times Pp$$

$$Ps = 92 \times 0,410$$

$$Ps = 23,24 \text{ kWp}$$

Como a potência do sistema encontrado foi de 23,24 kWp, os inversores escolhidos foram 3 unidades de 10 kW, verifica-se que a potência instalada do sistema estará bem dimensionada de acordo com os limites dos inversores, pois esses equipamentos devem ser calculados para suportar tensões e correntes acima da nominal devido a necessidade de fornecer potência reativa. E ainda, na prática, consegue-se extrair a potência nominal do módulo, apenas durante um curto período, devido às perdas decorrentes das condições do ambiente e instalação. Essa prática, bastante comum, além de reduzir os custos de investimento, aumenta a eficiência do sistema.

Foi verificado que o *payback* descontado do sistema solar fotovoltaico ocorreu em quatro anos para o caso estudado. Denomina-se *payback* o período de recuperação do investimento, ou seja, será o tempo que leva para zerar o fluxo de caixa acumulado (SANTOS; SOUZA; DALFIOR, 2018). Onde pode se verificar que quanto maior é a Tarifa de Energia, menor é o *payback*, ou seja, menos tempo leva para o investimento se pagar.

No estado do Pará, onde o projeto está sendo estudado, a tarifa média de energia atualmente está na média de R\$ 1,35, isso considerando que está nos piores cenários da matriz energética do país, a bandeira vermelha. No quadro 2, pode se verificar os parâmetros para instalação deste projeto. No Brasil a energia fotovoltaica apresenta-se como uma solução vantajosa para pequenas comunidades do Norte e Nordeste (KELMAN, 2008). Para Shayani (2006), a implantação de um sistema para obtenção desse tipo de energia pode custar até cinquenta vezes o valor de uma pequena central elétrica. Um dos principais empecilhos para o aumento da utilização de painéis fotovoltaicos em unidades consumidoras residenciais e comerciais de pequeno porte no Brasil é o alto investimento inicial, que é mais elevado principalmente na confecção da infraestrutura de geração (NASCIMENTO, 2018).

No entanto, a economia gerada no consumo de energia elétrica ao longo dos anos é bem superior ao investimento inicial. Deste modo, considerando que painéis solares e inversores possuem vida útil em torno de, respectivamente, 25 anos e 15 anos (ANEEL, 2017), pode-se afirmar que houve retorno de capital dentro de um período relativamente curto.

O Brasil possui aproximadamente 77 milhões de unidades consumidoras de energia elétrica, sendo que apenas 0,01% das unidades consumidoras, ou seja, uma a cada dez mil possui placas solares. Comparando estes números com países como Austrália, onde uma a cada cinco residências possui este sistema, verifica-se o quanto o Brasil ainda precisa avançar (NASCIMENTO, 2018). Segundo previsão da SOLIENS (2014), em 2023, no Brasil, a tecnologia de geração solar terá maior maturidade e menor custo, proporcionando que, 0,33% do consumo residencial e 0,33% do consumo comercial sejam atendidos por sistemas fotovoltaicos.

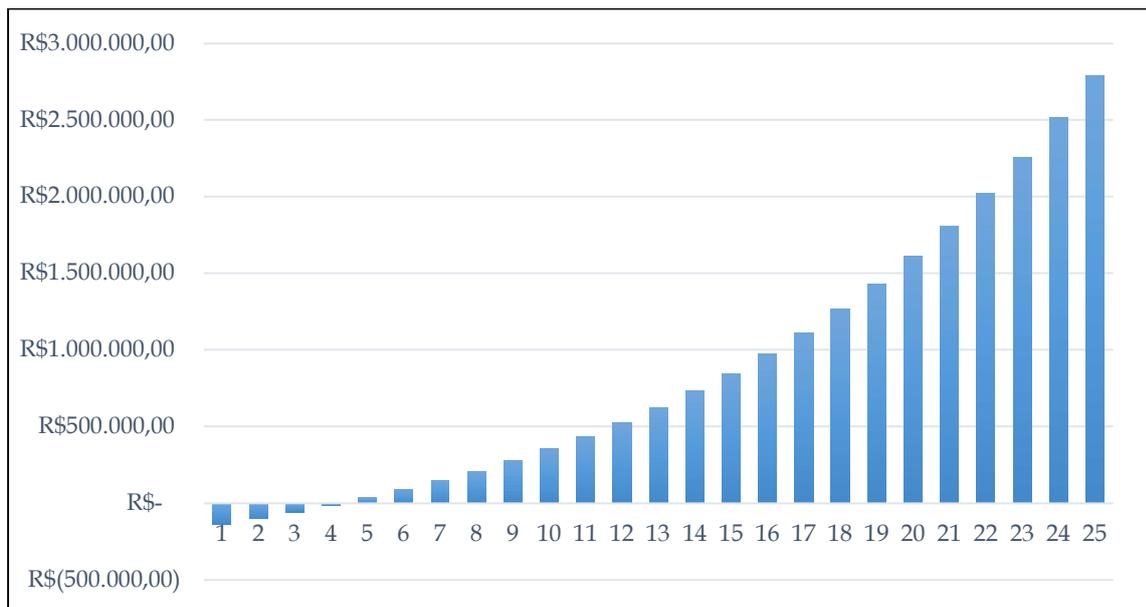
**Quadro 2** - Orçamento e dimensionamento do sistema solar fotovoltaico para o caso estudado

Parâmetros do sistema solar fotovoltaico	Valor
Custo financeiro	R\$ 170.160,00
Potência instalada	23,24 kW <sub>p</sub>
Número de painéis de 415 W	56
Número de inversores de 10KW 600V	3
Área mínima necessária	112 m <sup>2</sup>

Fonte: Autores (2021).

Assim, os indicadores de viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos podem variar bastante para diferentes estudos, uma vez que depende de fatores locais como irradiação solar incidente e tarifa de energia elétrica. Além disso, a potência do sistema fotovoltaico, bem como a parcela do consumo de energia que será atendida por energia solar, tem grande influência nos indicadores econômicos. Deste modo, ressalta-se que é fundamental realizar uma análise de viabilidade econômica antes de optar em substituir o suprimento de energia elétrica da rede de distribuição por um projeto de energia solar fotovoltaica (OLIVEIRA et al., 2021).

No caso estudado, o retorno do investimento está sendo demonstrado no gráfico 1, onde pode se notar que a partir do 4º ano após a instalação do sistema já teria o *payback*. Outros estudos têm indicado a viabilidade econômica da aplicação de energia solar fotovoltaica em instituições de ensino superior no Brasil, encontrando-se *payback* entre 4 e 8 anos e TIR entre 7 e 19% (SILVEIRA et al., 2019; COSTA; SANTOS, 2017; PERONDI, 2019; CASTRO et al., 2020; FERREIRA, 2020).

**Gráfico 1** - Retorno do investimento do sistema fotovoltaico

Fonte: Autores (2021).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar o crescimento da energia solar na região norte, em especial Santa-rém, é possível observar que apesar do alto custo, a região possui seis meses de verão e invernos intensos cada um, o meio termo que se souber calcular corretamente, faz com que se tenha um ótimo aproveitamento para geração de créditos para a conta de luz de cada consumidor. Todos os estudos desenvolvidos mostram que fatores como: inclinação, irradiação local e orientação geográfica (onde a melhor produção é para o norte), dar-se bastante influência nos resultados de cada sistema instalado, deste modo, detalhes que podem ser cruciais para a produção de cada painel fotovoltaico instalado.

O fato observado que esse breve estudo realizado contradiz o estudo do Sistema Labgis (2017), onde diz que o Brasil apresenta uma distribuição uniforme da irradiação solar, exceto a região norte, devido às chuvas durante o ano e com isso não desperta interesse para a geração fotovoltaica. Além desses pontos já mostrados, pode ser o estudado o impactado na sociedade com a educação ambiental com as fontes de energias renováveis que vem sendo utilizado cada dia mais, os ganhos econômicos com a instalação deste projeto, pois um sistema dura em média 25 anos e com baixo custo manutenção, o que faz valer a pena inda mais o investimento proposto.

## REFERÊNCIAS

ABENS. Associação Brasileira de Energia Solar. **Panorama da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil**. I Seminário Nacional CINGRÉ de Energia Solar Fotovoltaica. São Paulo, 2018.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica - Resolução Normativa nº 482, 2012**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 05 abril de 2021.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <<https://bityli.com/UJiEeC>>. Acesso em: 05 abril de 2021.

BRAGA, R. P., **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações**. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2008.

BLUESOL. **Resolução 482 da ANEEL: 3 principais pontos comentados**. Disponível em: <http://blog.bluesol.com.br/resolucao-482-da-aneel-guia-completo/>. Acesso em: 3 de março de 2021.

CANADIAN 410W. **Datasheet painel fotovoltaico CS3W-410P**. Disponível em: <<https://renovigi.com.br/produto/paineis/painel-fotovoltaico-410w-cs3w-410p-poli-half-cell>>. Acesso em: 6 de abril de 2021.

CANAL SOLAR. **Entenda as especificações básicas dos componentes da string box**. Disponível em: <<https://bityli.com/BGJlac3>>. Acesso em: 5 abril de 2021.

FIGUEIRA, F. F., **Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede para Alimentar a Sala de Computação da Escola Municipal Tenente Antônio João**. 2014.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas Brasileiro de Energia Solar 2ª Edição**. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/atlas-brasileiro-de-energia>>. Acesso em: 4 de abril de 2021.

Kelman J. (2008). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 23 março de 2021.

LABGIS. **Mapa Mostra a Produção de Energia Elétrica por Meio de Tecnologia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: <<https://www.labgis.uerj.br/noticias/mapa-mostra-a-producao-de-energia-eletrica-por-meio-de-tecnologia-solar-fotovoltaica>>. Acesso em: 14 de setembro de 2021.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética - Oferta e Demanda de Energia, Instalações Energéticas, Energia no Mundo**. Brasília - DF, 2018. Disponível em: <<https://bityli.com/YSXp79>>. Acesso em: 23 março de 2021.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Lavras. Minas Gerais, 2004.

OLIVEIRA, G. L. N.; SILVA, V. R. da; ALTOÉ, L. **Análise do uso da energia fotovoltaica em universidades**. *Perspectivas Online: Exatas & Engenharia*, v. 11, n. 31, p. 44-54, 2021.

SANTOS, Fabrício Almeida; SOUZA, Carlos Alberto de; DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira. **Energia solar: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG**. Minas Gerais: 2018. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/862456.pdf>>. Acesso em: 21 março de 2021.

SILVEIRA, A.G.; SANTOS, D.F.L.; MONTORO, S.B. Potencial econômico da geração de energia

SUSTENTARQUI. **A energia solar ultrapassa nuclear em capacidade instalada no Brasil**. Disponível em: <<https://bityli.com/o9A9kJ>>. Acesso em: 21 março de 2021.

SOLIENS. **Empresa de design, instalação e monitoramento de sistemas de energia fotovoltaica**. Disponível em: <<https://www.soliens.com.br>>. Acesso em: 14 de setembro de 2021.

VIANA, T. S., **Potencial de Geração de Energia Elétrica com Sistemas Fotovoltaicos com Concentrador no Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina. 2010.

## CAPÍTULO 6

---

# ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL E ALVENARIA ESTRUTURAL

*COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE CONVENTIONAL MASONRY SYSTEM AND STRUCTURAL MASONRY*

Gustavo Ferreira Aguiar<sup>1</sup>  
Fransuelen Thaynara Viana Pinheiro<sup>2</sup>  
Allan Dallen Almeida de Sousa<sup>3</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.6

<sup>1</sup> UNAMA - Centro Universitário da Amazônia. ORCID. [daviid\\_magalhaes@hotmail.com](mailto:daviid_magalhaes@hotmail.com)  
<sup>2</sup> UNAMA - Centro Universitário da Amazônia. 27022265. [Thaynara\\_fvp@hotmail.com](mailto:Thaynara_fvp@hotmail.com)  
<sup>3</sup> UNAMA - Centro Universitário da Amazônia. ORCID. [allandallen1@gmail.com](mailto:allandallen1@gmail.com)

## RESUMO

A construção civil no Brasil vive um momento de renovação técnica de métodos construtivos, que tem como objetivo de aumentar a produtividade, reduzir os custos e favorecer o gerenciamento de obras. A alvenaria estrutural é um método construtivo que vem ganhando espaço no cenário da construção devido a vantagens como flexibilidade construtiva, economia e velocidade de construção, quando comparada com a alvenaria convencional. Desta forma, o trabalho teve como objetivo realizar um estudo comparativo entre a utilização de alvenaria convencional e alvenaria estrutural, através de levantamento bibliográfico. A alvenaria convencional ou de vedação, é a que separa ambientes e fachadas. É necessário o emprego de vigas e pilares, moldados por formas de madeira, para que funcionem como o esqueleto da estrutura, sendo este o método construtivo mais utilizado pelos brasileiros atualmente. Os materiais necessários para realizar esse tipo de construção são: concreto armado, aço, madeira, bloco cerâmico e misturas cimentícias. A construção convencional e a estrutural têm suas diferenças e ao se analisar as vantagens e desvantagens de cada modelo construtivo abordadas neste trabalho, observou-se que a alvenaria convencional tem um preço acessível, por não necessitar de uma mão de obra especializada e a grande produção dos produtos como, por exemplo o bloco cerâmico. Entretanto, sua construção demanda um maior período de tempo e o desperdício de material. O sistema de alvenaria estrutural, apresenta várias vantagens, dentre eles destaca-se a economia de valores de materiais e mão de obra, menor desperdício de materiais, maior racionalização e velocidade de execução, como fatores positivos. Em termos gerais, a principal desvantagem deste método está na impossibilidade de se efetuar modificações na disposição arquitetônica original.

**Palavras-chave:** Blocos de concreto. Alvenaria Convencional. Bloco Estrutural.

## ABSTRACT

Civil construction in Brazil is experiencing a moment of technical renovation of construction methods, which aims to increase productivity, reduce costs and favor the management of works. Structural masonry is a constructive method that has been gaining ground in the construction scenario due to advantages such as construction flexibility, economy and construction speed, when compared to conventional masonry. Thus, the work aimed to carry out a comparative study between the use of conventional masonry and structural masonry, through a bibliographical survey. Conventional or sealing masonry is the one that separates environments and facades. It is necessary to use beams and pillars, molded by wooden shapes,

so that they function as the skeleton of the structure, which is the most used constructive method by Brazilians today. The materials needed to carry out this type of construction are: reinforced concrete, steel, wood, ceramic blocks and cementitious mixtures. Conventional and structural construction have their differences and when analyzing the advantages and disadvantages of each constructive model addressed in this work, it was observed that conventional masonry has an affordable price, as it does not require specialized labor and large production. products such as ceramic blocks. However, its construction requires a longer period of time and waste of material. The structural masonry system has several advantages, among them the economy of material and labor values, less waste of materials, greater rationalization and speed of execution stand out, as positive factors. In general terms, the main disadvantage of this method is the impossibility of modifying the original architectural layout.

**Keywords:** Concrete blocks. Conventional masonry. Structural Block.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil vive um momento de renovação técnica de métodos construtivos, que tem como objetivo de favorecer o gerenciamento de obras, reduzir os custos e aumentar a produtividade. Visando o crescimento do cenário da construção civil, as obras de alvenaria estrutural se tornam boas opções por sua praticidade de construção, devido ao menor desperdício de recursos dentro das obras, aumento da produtividade e minimização de gastos e atividades (GOMES ET AL., 2018).

A alvenaria estrutural é um procedimento construtivo onde as paredes de alvenaria funcionam como parte estrutural em substituição aos pilares e vigas utilizados em processos construtivos tradicionais, sendo dimensionado por de cálculos racionais e de confiabilidade conhecida. Esta vem ganhando espaço no cenário mundial da construção devido a vantagens como flexibilidade construtiva, economia e velocidade de construção (ROMAN; PARZOTTO FILHO, 1996). Devido a todas as características e tecnologias, muitos empreendedores adotam este sistema para o trabalho real, rápido e principalmente econômico, com bons resultados finais, baixo custo e bom qualidade do produto (PASTRO, 2007).

Na construção civil brasileira, o sistema convencional é o mais utilizado, mas possui baixa produtividade e gera grande desperdício, entretanto, o sistema já mostra indícios de modernização nas obras. Por conta de sua enorme popularidade, o

uso da alvenaria convencional ainda é a mais empregada e, por isso, os trabalhadores têm mais familiaridade com o sistema (VASQUES; PIZZO, 2014).

De modo geral, as obras de alvenaria convencional e alvenaria estrutural têm grandes diferenciais entre si relacionados a custos, mão de obra, recursos e geração de resíduos na obra. Assim a racionalização e o planejamento se tornam essenciais para a execução e escolha desses modelos construtivos criando pontos positivos e negativos em relação aos dois (GOMES ET AL., 2018).

Desta forma, o trabalho teve como objetivo realizar um estudo comparativo entre a utilização de alvenaria convencional e alvenaria estrutural, através de levantamento bibliográfico.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Alvenaria convencional**

A principal funcionalidade da alvenaria convencional é a vedação, separando ambientes e fachadas. Neste sistema é necessário o emprego de vigas e pilares, moldados por formas de madeira ou aço, para que funcionem como o esqueleto da estrutura, sendo este o método construtivo mais utilizado pelos brasileiros atualmente. Os materiais necessários para realizar esse tipo de construção são: concreto armado, aço, madeira, bloco cerâmico e misturas cimentícias (DORIA; FOGLIA, 2019).

A alvenaria convencional pode ser designada para edifícios com estrutura em concreto armado e com vedação em blocos cerâmicos. Apresenta durabilidade elevada, boa resistência aos choques, vibrações e altas temperaturas, além da facilidade de obtenção de materiais nas proximidades das obras, sendo essas umas principais vantagens de uma edificação em concreto armado em relação a outros sistemas construtivos (KLEIN; MARONEZI, 2013).

O concreto é um material oriundo de uma mistura de cimento (aglomerante), com agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água em proporções determinadas. É comum a utilização de aditivos com função de melhorar ou conferir propriedades especiais ao concreto (CARVALHO, 2005).

A NBR 6118 define os elementos de concreto armado como aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência. O concreto armado é um conjunto de barras de aço que formam uma

armadura. Esta armadura é envolvida pelo concreto, um excelente material para ser aplicado na estrutura de uma obra (BASTOS, 2019). O concreto envolve o aço garantindo a proteção contra corrosão e altas temperaturas (incêndio e fatores abióticos), desde que o revestimento seja adequado. Para um bom funcionamento eles precisam estar combinados e necessitam de uma boa aderência (BOSISIO ET AL., 2017).

A alvenaria convencional também utiliza comumente de blocos cerâmicos (tijolos), estruturas com furos na vertical que não apresentam função estrutural, por isso, possuem resistência à compressão mínima de 1,5MPa, segundo a NBR 15270-1:2005. Tais estruturas recebem as cargas verticais calculadas da edificação e mudam de acordo aos componentes de fundação utilizados na mesma (GOMES ET AL., 2018).

O processo de produção de blocos cerâmicos compreende as seguintes fases: extração e preparo da argila (matéria prima), homogeneização (mistura com água para dar plasticidade à matéria prima), secagem e a queima (NASCIMENTO ET AL., 2020).

Os tijolos cerâmicos, são comumente utilizados, mas sem função estrutural, por isso necessitam de uma quantidade relativamente alta de aço e concreto (EQUILOC, 2020). Os tijolos usados no sistema construtivo dispõem propriedades mecânicas de tração e compressão, que contribuem para a função estrutural da edificação.

As dimensões a serem atendidas pelos blocos cerâmicos e de concreto, são normatizadas pela NBR 15270, 2005, que regulamentam a forma, medidas, espessura, o tamanho da área de abertura que cada bloco deve apresentar para determinada estrutura.

## **2.2 Alvenaria estrutural**

O conceito da alvenaria estrutural vem a ser um sistema construtivo na qual as paredes da construção são usadas para resistir às cargas (ROMAN; MUTI; ARAÚJO, 1999). Esta trabalha de forma diferente da alvenaria convencional, pois não utiliza vigas e pilares de função estrutural, partindo do fato de que as paredes, as quais são chamadas de portantes, cumpre a função estrutural da edificação, assim, condicionada a remoção de qualquer parede (ARAÚJO; RIBEIRO, 2021).

Os principais componentes utilizados na execução de edifícios de alvenaria estrutural são os blocos, a argamassa, o graute e as armaduras (construtivas ou de cálculo). Os blocos são os componentes mais importantes que compõe a alvenaria estrutural, uma vez que são eles que comandam a resistência à compressão e deter-

minam os procedimentos para aplicação da técnica da coordenação modular nos projetos (PAZININ; RODRIGUES, 2014). Os blocos estruturais podem ser de concreto ou cerâmico, que são utilizados tanto na parte de vedação quanto na alvenaria estrutural (LOPES NETO; FRÓIS, 2020).

Os blocos de concreto são materiais de grande interesse devido seu custo relativamente baixo, ao pouco teor energético incorporado à sua produção, na medida em que não passam pelo procedimento de queima, como os blocos cerâmicos para alvenaria (LIMA; IWAKIRI; 2011). Estes blocos são resultado de uma mistura de concreto, com as proporções corretas de cimento (Portland), água e agregados miúdos e graúdos, obtidos através de prensas automáticas, que detêm poderosas vibrações e prensagens (COSTA, 2017).

O cimento Portland é um pó muito fino com propriedades aglomerantes, obtido na moagem do clínquer e com armazenamento adequado, para garantir a conservação e evitar possíveis alterações. Os agregados são de materiais baratos sendo de origem material ou artificial, importantes no desempenho do concreto, pois possuem características importantes como porosidade, granulometria, textura e resistência (DELLATORRE, 2014).

Devido a facilidade de uso, os blocos de concreto são bastante utilizados na construção de alvenaria estrutural. Os blocos promovem agilidade na hora da construção e tornam mais rápido o levantamento das paredes. Vale acrescentar que os blocos de concreto estruturais são autoportantes, ou seja, suportam todo o peso das paredes. Assim, o uso de vigas e pilares é dispensável, o que aumenta a produtividade e rapidez na execução da obra (INOVA CONCRETO, 2018).

Os blocos cerâmicos estruturais são componentes que possuem furos prismáticos perpendiculares à face que os contêm, sendo produzidos para serem assentados com furo na vertical. Os blocos cerâmicos classificam-se em: estrutural de paredes vazadas; estrutural com paredes maciças; estrutural com paredes maciças (paredes internas vazadas) e estrutural perfurado (RIZZATTI et al., 2011).

As principais características dos componentes cerâmicos são resistência mecânica, absorção total e inicial, dimensões reais e nominais, estabilidade dimensional, isolamento termo-acústico e durabilidade. Os blocos cerâmicos são 40% mais leves do que blocos de concreto, o que facilita seu manuseio e o transporte. Além disso, apresentam maior flexibilidade para a criação de peças especiais (ROMAN; PARI-ZOTTO FILHO, 1996).

Os blocos e os tijolos cerâmicos, para o uso na alvenaria estrutural, devem apresentar propriedades físicas como dimensões, esquadro, planeza e absorção de água, de acordo com as recomendações da NBR 15270-2. As propriedades de resistência à compressão também são deliberadas pela mesma normativa.

Segundo Dutra e Soares (2019) a alvenaria estrutural pode ser definida como a justaposição de blocos e juntas de argamassa, compondo paredes de função estrutural e vedação. Em alguns casos, para melhorar o desempenho do conjunto, emprega-se graute e armadura, que aumentam a resistência a tensões de tração.

As argamassas são materiais fundamentais para a alvenaria estrutural e, geralmente, são compostas por cimento, cal, areia e água. Estas são responsáveis por transmitir as tensões verticais por meio dos blocos e acomodar as deformações, de modo a não provocar fissuras. As argamassas são classificadas conforme os materiais que a compõe, como: de cal (cal e areia), de cimento (cimento e areia), mistas (cimento e cal) e industrializadas (uso de aditivos) (MOHAMAD, 2018).

O graute é um concreto ou argamassa com considerável fluidez para preencher totalmente os vazios dos blocos e sem separação dos componentes, com a finalidade de aumentar a resistência a compressão de parede (MOHAMAD, 2018). Izquierdo e Corrêa (2013), avaliaram a eficiência do grauteamento de paredes de blocos cerâmicos e de concreto e concluíram que os elementos de alvenaria de blocos de concreto apresentam melhor eficiência que os cerâmicos.

Os prismas grauteados também apresentaram diminuição na deformação de ruptura com a utilização de grautes mais rígidos e sua inserção nas paredes aumentou em média 80% a resistência à compressão, quando comparada com as paredes vazias na área bruta. Dutra e Soares (2019), também relataram em seu estudo que o grauteamento proporcionou uma redução significativa das tensões atuantes nos prismas de teste.

Assim como os demais sistemas estruturais, a alvenaria estrutural está sujeita a eventos que causam deterioração das estruturas. Segundo Santos e Figueiredo (2017), as principais anomalias mais encontradas em edifícios de alvenaria estrutural tem sido as eflorescências, infiltrações de água e fissuras. Os mesmos comentam ainda que a forma mais simples de reforçar a estrutura é através do aumento da quantidade dos pontos grauteados e com a introdução de armaduras nas paredes, posicionadas perpendicularmente à direção das fissuras e ancoradas com argamassa rica em cimento.

A alvenaria estrutural, segundo a NBR 10837, pode ser dividida em três categorias (CARVALHO JUNIOR, 2014): não-armada, armada e parcialmente armada. Na não armada os blocos são assentados com argamassa podendo conter armaduras com finalidade construtiva ou de amarração. Já na armada, as paredes são compostas por blocos assentados com argamassa e as cavidades são preenchidas com graute, uma espécie de concreto líquido. A parcialmente armada é quando algumas paredes são construídas segundo as recomendações da alvenaria armada e as demais de acordo com as da estrutural não-armada.

### **3 METODOLOGIA**

Este estudo consistiu em uma revisão sistemática da literatura, sobre os sistemas construtivos de alvenaria convencional e estrutural, com a caracterização dos sistemas, apontado suas vantagens e desvantagens, impactos ambientais e custos. A pesquisa foi realizada nas bases de dados eletrônicas, nacionais e internacionais: Scientific Electronic Library Online (SciELO), Periódicos Capes, Scopus e pesquisa livre no Google Acadêmico.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Alvenaria convencional x Alvenaria estrutural**

Uma das principais diferenças entre esses sistemas convencional e estrutural são suas etapas de execução. Para o sistema de concreto armado com vedação em alvenaria (convencional) são necessários quatro ciclos: o estrutural, a vedação, a instalação (hidráulica e elétrica) e o revestimento das paredes (reboco). Para o sistema de alvenaria estrutural são apenas dois ciclos: estrutural (estrutura, vedação, instalação) e revestimento das paredes. Ciclos menores diminuem a transferência de trabalho entre equipes e o deslocamento delas no fluxo de produção, diminui tempo de execução, implicando em maior economia e maior eficiência (CRUZ ET AL., 2018).

A alvenaria convencional possui vantagens como a facilidade de mão de obra, execução relativamente rápida, baixo índice de manutenção, baixo custo dos componentes (COMELLI, 2019). Os blocos cerâmicos utilizados nesse processo apresentam pontos positivos como: alta durabilidade, baixo custo de manutenção, resistência ao fogo, bom desempenho térmico, boa estabilidade (difícil deformação), dentre outras (SANTOS, 2014).

Entretanto o método convencional apresenta como desvantagens o maior consumo de material para execução de chapisco e emboço, aumento do peso próprio

da edificação, aparecimento de fissuras e trincas, dificuldade de reformas e demolições, baixa produtividade na execução, elevada massa por unidade de superfície, “desconstrução” para instalação de rede hidrosanitária e elétrica, o que gera desperdício (SANTOS, 2014; VASQUES; PIZZO, 2014).

O processo e alvenaria estrutural apresenta como vantagens melhoria acústica, colocação da canalização e hidráulica embutidos nas paredes reduzindo entulhos, menor consumo de armaduras, a mão de obra é bem mais reduzida pela simultaneidade das etapas de execução, sem quebra para colocação da parte hidráulica e elétrica, o que conseqüentemente proporciona grande redução de entulhos, economia de revestimento e de tempo pela simultaneidade das etapas (BARROS JUNIOR, 2017; SILVA JÚNIOR, 2021).

Como desvantagem apresenta dificuldade de modificações na arquitetura, devido as paredes fazem parte da estrutura, não existindo possibilidade de adaptações no arranjo arquitetônico; necessidade de uma mão de obra bem qualificada e apta a fazer uso de instrumentos adequados para sua execução; limitações em passagens elétricas e hidráulicas devido a difícil manutenção, pois existe a impossibilidade de se furar paredes, sem um controle cuidadoso desses furos para não prejudicar a estrutura (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Trindade (2013), em seu estudo sobre a produtividade dos dois sistemas, observaram que os índices de produtividade da mão de obra, no serviço de alvenaria convencional, apresentaram valores insatisfatórios, enquanto que a equipe da alvenaria estrutural obteve uma boa produtividade, quando comparados com os valores estabelecidos pela Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO).

## 4.2 Impactos Ambientais

A alvenaria estrutural também cumpre um papel ambiental importante, devido a redução dos materiais utilizados, minimiza desperdícios e, conseqüentemente, diminui a produção de resíduos de construção civil que é um problema ambiental, uma vez que muitas construtoras não encontram uma destinação adequada para seus resíduos (SILVA JÚNIOR, 2021).

Cruz e Cruz (2008), ao analisarem a geração de resíduos em obras constataram que nas obras de sistema convencional a quantidade de resíduos “classe A” (restos de tijolos e argamassa) gerados no empreendimento foi bastante significativa, devido a fase de alvenaria e revestimento interno e externo, apesar da implantação de

um Programa de Gerenciamento de Resíduos. A alvenaria estrutural por ter menos etapas e utilizar outra matéria prima evita essa grande quantidade de resíduos.

Cardoso (2015), avaliaram o construtivo em alvenaria estrutural e compararam com o sistema tradicional e relataram que a parede de alvenaria estrutural foi a mais sustentável, em oposto a parede de concreto armado, menos sustentável. Os autores ainda concluem que a alvenaria estrutural é uma solução construtiva que se aproxima dos objetivos do desenvolvimento sustentável, isso porque, a alvenaria estrutural permite uma redução dos desperdícios e improvisações devido à utilização de unidades com geometria regular e padronizada.

Entretanto, deve se destacar que a produção dos blocos cerâmicos, utilizado nos dois sistemas, também impacta diretamente no meio ambiente devido seu processo de produção. Os aspectos ambientais da produção de maior relevância são: consumo energético associado à degradação ambiental, devido ao consumo de lenha para a queima dos blocos; emissões de fuligem, cinzas e CO<sub>2</sub> decorrentes de atividades de transporte, manuseio e mistura das matérias-primas e uso energético para queima de blocos (SANTANA ET AL., 2020)

Naftalino et al. (2013), identificaram diversos impactos ambientais causados pelo processo de produção de componentes cerâmicos, como: mudança da paisagem, desgaste do solo, retirada da vegetação nativa, produção de gases poluentes através do processo de queima da lenha (nenhuma possui filtro), contaminação do lençol freático (por fossas negras), entre outros.

Contudo, atualmente, já existem novas alternativas para amenizar os impactos do processo de produção dos blocos cerâmicos, como a utilização dos chamados tijolos ecológicos. Estes são chamados assim, pois não são queimados em fornos como o tijolo convencional, o que evita o corte de árvores e também a emissão de gases poluentes na atmosfera, diminuindo o descarte de materiais e, conseqüentemente, redução do desperdício nas obras (FIAIS; SOUZA, 2016).

Carvalho et al. (2020) analisaram a eficiência do tijolo ecológico na construção civil, relatam que a utilização desta técnica construtiva diferenciada da convencional resulta na economia de materiais, tempo de execução e mão de obra. Silva et al. (2014) na produção de tijolos ecológicos relatam que os impactos ambientais em sua produção são reduzidos, além de proporcionar benefícios na acústica e térmica, redução nos gastos na construção de residências.

O uso de materiais nas edificações urbanas que envolvam menores quantidades de energia em seu processo construtivo, gerem menos poluentes e resíduos é uma medida que contribui para o desenvolvimento sustentável (ROCHA ET AL., 2013). Desta forma, o sistema estrutural pode ser considerado mais sustentável que o convencional, pois utilizar menor quantidade de materiais e por possuir menor ciclo no processo construtivo evitando maior gasto de energia e menor desperdício.

### 4.3 Custos

Quanto ao custo dos dois sistemas, apesar de o concreto armado e os blocos cerâmicos apresentarem menores preços e serem matéria prima de fácil aquisição, alguns estudos entre os dois sistemas mostram que o método de alvenaria estrutural apresenta maior economia no orçamento quando comparado com o convencional, devido a outras etapas do processo construtivo, maior mão de obra por mais tempo e usos de insumos (LOPES, 2020).

Gomes et al. (2018), ao compararem os custos dos dois processos de construção para a elaboração de uma casa térrea, observou diferença significativa, sendo a alvenaria estrutural mais vantajosa, com diferença de R\$ 5.229,03 entre os dois modelos, onde os gastos com materiais foram maiores na alvenaria convencional. Lopes (2020), também relatou maiores custos com materiais para a estruturação no processo convencional, quando comparado com o estrutural. Niehues e Tomim (2018), relataram que as construções das superestruturas realizadas pelo método da alvenaria convencional com blocos cerâmicos, foram aproximadamente 62% mais caras do que as elaboradas pelo método da alvenaria estrutural com blocos de concretos.

Jacoby (2012) avaliou o projeto estrutural de um edifício executado em concreto armado e em alvenaria estrutural com blocos de concreto, e constatou que a parte estrutural gerou uma economia em torno de 31%. A utilização de aço também foi reduzida em 37%, devido a menores quantidades de forma e escoras. Em conclusão, foi apontada uma economia de 12% a favor da alvenaria estrutural.

Silva Júnior et al. (2018), realizaram uma análise econômica entre os dois métodos construtivos (concreto armado e blocos estruturais de concreto). Como resultados os autores destacam que alvenaria de vedação apresenta um custo significativo, mesmo sem exercer função estrutural. Em torno de de 35% dos custos referentes a estrutura de concreto armado, estava relacionada ao uso de formas para execução de lajes, pilares e vigas. Nesse sistema, ainda foi contabilizado alvenaria para as

divisórias do edifício (25%), o que já está incluso nos 64% (bloco estrutural, graute e aço) do custo total da alvenaria estrutural.

Nunes e Jungues (2008), compararam os custos de uma obra utilizando os dois métodos construtivos e mostraram diferença de 26,38% no custo entre os dois sistemas, favorecendo a alvenaria estrutural. A proporção do revestimento da alvenaria estrutural em relação a alternativa convencional, alcança 49,4% mais econômica. Esta porcentagem é devido ao emassamento no revestimento das paredes de blocos de concreto e eliminação das etapas de chapisco.

De forma geral, o maior custo relacionado a alvenaria convencional está atrelado aos gastos com materiais estruturais como aço, madeira, para construção das estruturas de sustentação.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área da construção civil a cada ano passa por um processo de modernização, buscando métodos construtivos mais eficientes, tendo como objetivo a redução de custos, tempo e menor impacto ao meio ambiente.

O sistema de alvenaria convencional e estrutural apresentam suas diferenças, principalmente relacionadas ao processo construtivo, onde o processo convencional apresenta várias etapas de construção: o estrutural, a vedação, a instalação hidráulica e elétrica e o revestimento das paredes; enquanto que o estrutural apresenta apenas uma etapa estrutural, que contempla a estruturação, vedação, instalação elétrica e hidráulica em uma única etapa e por fim o revestimento das paredes.

Ao se analisar as vantagens e desvantagens de cada modelo construtivo abordadas neste trabalho, observou-se que a alvenaria convencional é utilizada em grande escala no Brasil, por questões culturais, ser mais resistente, ter preço acessível e não necessitar de uma mão de obra especializada, além da grande produção dos produtos como, por exemplo, o bloco cerâmico. Entretanto, sua construção demanda um maior período de tempo e maior gastos de materiais de construção, o que leva a maiores custos. Além disso, o desperdício de material é de grande preocupação, pois se não há uma boa gestão dos resíduos, o que impacta o meio ambiente diretamente.

O sistema de alvenaria estrutural, apresenta várias vantagens, dentre eles destaca-se a economia de valores de materiais e mão de obra, menor custo, devido a menor utilização de materiais como aço, madeira e cimento nas construções. Além disso, mostrou menor desperdício de materiais, maior racionalização e velocidade

de execução, como fatores positivos. Em termos gerais, a principal desvantagem deste método está na impossibilidade de se efetuar modificações na disposição arquitetônica original.

Contudo, cada obra possui suas especificações e aplicações próprias, fazendo com que a escolha entre um sistema e outro vá além de vantagens e desvantagens de cada um. Desta forma, este trabalho pode vir a auxiliar, em parte, na escolha do método de construção a ser utilizado com base na viabilidade econômica, disponibilidade de tempo e racionalização do uso de materiais.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136:2016**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

**Alvenaria estrutural e convencional**: quais as diferenças de cada tipo? Locadora Equiloc, 2020. Disponível em: <https://locadoraequiloc.com.br/blog/alvenaria-estrutural-convencional/>. Acesso em: 3, março, 2021.

BARROS JUNIOR, A. R. Alvenaria estrutural e alvenaria tradicional – vantagens e desvantagens no empreendimento. **Revista Especialize On-line IPOG**. Ano 8, Ed. 14 v. 01. Goiânia, 2017.

BASTOS, P. S. S. **Estruturas de Concreto I**. Fundamentos do Concreto Armado. Universidade Estadual Paulista. Bauru/SP. 2019.

Blocos de Concreto: **Vantagens e desvantagens de construir**. Inova Concreto, 2018. Disponível em: <https://www.inovaconcreto.com.br/blog/blocos-de-concreto-pros-x-contras-de-construir-com-o-material/>. Acesso em: 3, agosto, 2021.

BOSISIO, G. MASTRONICOLA, J. OLIVEIRA, R. C. SILVA, B. V. Concreto Armado: suas vantagens e utilizações. Prudente Centro Universitário. **Anais**: ETIC 2017 – Encontro de Iniciação Científica.

CARDOSO, H. R. T. **Avaliação do Ciclo de Vida de um Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural**. Tese de Mestrado em Sustentabilidade do Ambiente Construído. Universidade do Minho. 2015.

COMELLI, L. **Estudo comparativo da aplicação da alvenaria estrutural com a alvenaria comum**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenheiro Civil. Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça, 2019.

COSTA, P. G. S. **Análise das viabilidades técnica, econômica e sustentável do bloco de concreto convencional em comparação com o bloco de concreto reciclável**. Trabalho de conclusão de curso EM Bacharelado em Engenharia Civil. Centro Universitário de Formiga – UNIFOR-MG, 2017.

CRUZ, I. S. CRUZ, I. S. Geração de resíduos sólidos da construção civil em canteiros de obras convencional e painel: estudo de caso de uma construtora em Aracaju/SE. **Anais: 3º Simpósio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos**. 2008.

CRUZ, H. M. SANTOS, D. G. MENDES, L. A. Causas da variabilidade do tempo de execução dos processos em diferentes sistemas construtivos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 49-65, 2018.

DELLATORRE, L. A. **Análise comparativa de custo entre edifício de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Santa Maria. 2014.

DORIA, G. W. FOGLIA. L. T. Comparativo custo x benefício entre os métodos construtivos de alvenaria convencional e alvenaria estrutural. Unilins. **Revista Estudos & Pesquisas**, v.1, n.1, 2019.

DUTRA, P. R. SOARES, G. F. P. Avaliação da influência do graute na alvenaria estrutural de blocos cerâmicos por meio do método dos elementos finitos. **Mecânica Computacional**, v. 28, p. 159-168, 2019.

FIAIS, B. B. SOUZA, D. S. Construção sustentável com tijolo ecológico sustainable construction with ecological brick. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, Araçatuba, SP, v. 02, n. 01, p. 94-108, 2017.

FILHO, S.A.A.J. **Blocos de concreto para alvenaria em construção industrializadas**. São Carlos, 2007.

GOMES, J. H. D. BITTENCOURT NETO, A. F. SALOMÃO, P. E. A. SANTIAGO, A. N. O. Análise comparativa do sistema construtivo de alvenaria convencional e sistema construtivo de alvenaria estrutural em uma casa térrea em Teófilo Otoni. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, p. 128-144, 2018.

IZQUIERDO, O. S. CORRÊA, M. R. S. **Estudo da interface bloco/graute em peças de alvenaria estrutural**. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 15, n. 65, p. 9 -12, 2013.

JACOBY, P. C. PELISSER, F. **Comparação de custos de um edifício residencial executado em alvenaria estrutural e em concreto armado**. Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil da UNESC. 2012.

LOPES, A. I. S. Análise e comparação de custo da construção em parede de concreto e alvenaria estrutural. **TEC-USU**, v. 3, n. 2, p. 70-81, 2020.

LIMA, A. J. M. de; IWAKIRI, S. Produtos Alternativos na Produção de Blocos para Alvenaria Estrutural. **Floresta e Ambiente**, Ed. 18(3), p. 310-323, 2011.

MOHAMAD, G. Construções em Alvenaria Estrutural: Materiais, projeto e desempenho. **Editora Edgard Blucher Ltda**. Ed. 1. 2015.

NASCIMENTO, L. P. C. et al. Secagem de tijolos cerâmicos argilosos industriais: uma investigação teórica usando modelos concentrados. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, e44291110064, 2020.

NIEHUES, S. H. O. TOMIM, K. C. **Alvenarias estruturais x alvenarias convencionais uma análise orçamentária**. Trabalho final de curso. Universidade Paranaense. Campus de Toledo, 2018.

NUNES, C. C. JUNGE, E. Comparação de custo entre estrutura convencional em concreto armado e alvenaria estrutural de blocos de concreto para edifício residencial em Cuiabá-MT. **Anais: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Fortaleza, 2008.

KLEIN, B. G. MARONEZI, V. **Comparativo orçamentário dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e light steel frame para construção de conjuntos habitacionais**. Trabalho de conclusão de curso em bacharel em engenharia civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

PASTRO, Z. R. **Alvenaria estrutural sistema construtivo**. Universidade São Francisco Engenharia civil, 2007.

PAZINI, E. Z. RODRIGUES, P. C. Sistemas e componentes construtivos da alvenaria estrutural. **Anais: XIX Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 2014.

RAMALHO, M. A. CORRÊA, M. R. S. Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural. **Editora Pini Ltda**, Ed. 1. 2008.

RIZZATTI, E. ROMAN, H. R. MOHAMAD, G. NAKANISHI, E. Y. Tipologia de blocos cerâmicos estruturais: influência da geometria dos blocos no comportamento mecânico da alvenaria. **Revista Matéria**, v.16, n.2, pp. 730 - 746, 2011.

ROCHA, F. M. D. MELO, A. B. SILVA, E. P. TORRES, S. M. Pré-moldado (bloco EVAi) para alvenaria intertravada: projeto, produção, desempenho e simulação de uso em habitação social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 47-60, abr./jun. 2013.

ROMAN, Humberto; PARZOTTO FILHO, Sérgio. **Manual da alvenaria estrutural com blocos cerâmicos**. 1996.

ROMAN, H.R.; MOHAMAD, G. **Alvenaria Estrutural**. Florianópolis. Notas de aula. Programa de pós-graduação em engenharia civil. Universidade Federal de Santa Catarina. 1999.

SANTANA, G. M. ET AL. Contribuições das pesquisas em Ciências Ambientais para a sustentabilidade no estado da Bahia. 1. ed. Aracaju, SE: **Criação Editora**, 2020. EBook (7 PDF, Mb).

SANTOS, R. F. C. **Sistema monolítico e alvenaria de blocos cerâmicos estudo comparativo como elementos de vedações internas para edificações**. Projeto de Gra-

duação para o curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

SANTOS, J. J. FIGUEIREDO, B. C. Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. **Projectus**, v. 2, n. 4, p. 134-146, 2017.

SILVA, V. F. BRITO, K. S. A. NASCIMENTO, E. C. FARIAS, S. A. R. Produção de tijolo ecológico para construção de residência no semiárido. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.29, n.1, p.41-44, 2014.

SILVA JÚNIOR, E. L. da. BARROS, T. de S. BERNARDINO, G. A. ANDRADE, H. M. S. de. CAVALCANTI FILHO, A. M. Viabilidade econômica entre alvenaria estrutural e estrutura convencional em concreto armado para empreendimento em Recife-PE. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC'201**. Maceió - AL. 2018.

SILVA JÚNIOR, J. P. **SOBRE A viabilidade técnica do uso de alvenaria estrutural: estudo de caso simulado em uma residência unifamiliar de dois pavimentos**. Monografia de Bacharel em Engenharia Civil. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2021.

TRINDADE, R. S. **Análise da produtividade da mão de obra na execução de alvenaria estrutural e alvenaria convencional**. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharel em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2013.

VASQUES, C. C. P. C. F. PIZZO, L. M. B. F. Comparativo de sistemas construtivos, convencional e *wood frame* em residências UNIFAMILIARE. **Academia Accelerating the world's research**, 2014.

## CAPÍTULO 7

---

# A APLICABILIDADE DAS BATERIAS DE ÍONS DE SÓDIO COMO NOVAS FORMAS DE RESERVA DE ENERGIA

*THE APPLICABILITY OF SODIUM ION BATTERIES AS NEW FORMS OF ENERGY RESERVE*

Aldilano Cruz da Silva<sup>1</sup>  
José Renivaldo Santos Gondim<sup>2</sup>  
Hinglison Parente Rebelo<sup>3</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.7

<sup>1</sup> Universidade da Amazônia-UNAMA, aldilano99@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade da Amazônia-UNAMA, joserivaldosantosgondimpmpa@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade da Amazônia-UNAMA, hinglison330parente@gmail.com

## RESUMO

**T**rata-se da verificação da aplicabilidade do uso de baterias de íons de sódio em substituição às baterias de íons de lítio, de modo a observar sua eficácia, bem como seus custos e características que a compõem. Tendo como objetivo analisar as propriedades das baterias de íons de sódio e verificar suas estruturas mecânicas e elétricas. Tendo como metodologia um estudo teórico prático bibliográfico com construção de um modelo de bateria de íons de sódio. Pode-se falar, que as baterias de sódio podem ser menores e mais eficientes do que as células de lítio, visto que, são usadas na maioria dos equipamentos eletrônicos e representam o que há de melhor em termos de densidade, capacidade energética e custo de produção em grande escala, sendo hoje uma das baterias com maior tempo de duração de carga, por isso muito utilizada nos eletrônicos. A partir do resultado da construção da bateria de íons de sódio, verificou-se que o modelo pode estimar com boa perfeição as características da bateria artesanal construída. O bom funcionamento de um sistema híbrido com geração de energia renovável depende, sobretudo, do tempo de vida de sua bateria e do material nela utilizado. Uma das maneiras de prever o tempo de vida de baterias é através do uso de experimentos reais devendo ainda ser empregados mais estudos nesse tipo de bateria, que está sendo aos poucos substituída no mercado eletrodomésticos e automobilístico.

**Palavras-chave:** Bateria. Íons de Sódio. Energia. Sistema Renovável.

## ABSTRACT

This is the verification of the applicability of using sodium ion batteries to replace lithium ion batteries, in order to observe its effectiveness, as well as its costs and characteristics that comprise it. Aiming to analyze the properties of sodium ion batteries and verify their mechanical and electrical structures. The methodology is based on a theoretical bibliographical practical study with the construction of a sodium ion battery model. It can be said that sodium batteries can be smaller and more efficient than lithium cells, since they are used in most electronic equipment and represent the best in terms of density, energy capacity and cost of production on a large scale, being today one of the batteries with the longest charging time, which is why it is widely used in electronics. From the result of the construction of the sodium ion battery, it was verified that the model can estimate with good perfection the characteristics of the handmade battery built. The proper functioning of a hybrid system with renewable energy generation depends, above all, on the lifetime of its battery and the material used in it. One of the ways to predict the lifespan of batteries is through the use of real experiments, and further studies on this type

of battery, which is gradually being replaced in the home appliance and automobile market, should still be used.

**Keywords:** Drums. Sodium Ions. Energy.

## 1 INTRODUÇÃO

As constantes evoluções sociais, em todos os setores, geram a necessidade de novos instrumentos capazes de acompanhar essa mudança de comportamento cotidianamente de geração de energia renovável e de baixo custo no mercado de eletrodomésticos. Um desses aspectos de transformações referem-se as diversas formas de reservas de energia adotadas no mundo, pois com o crescimento urbano e industrial, novos mecanismos foram sendo criados a cada período para facilitar a utilização de vários objetos, desde os mais simples como os eletrodomésticos, até os mais avançados e futurísticos como os carros movidos a eletricidade, com uma capacidade de ser sustentável e menos poluente ao meio ambiente.

Considerando esse cenário, surgem alternativas para ajudar a contornar alguns desses problemas; como, por exemplo, a utilização dos veículos elétricos, os quais poderiam utilizar as baterias de íons de sódio como fonte de energia renovável e barata. Estes, acompanhando os avanços da engenharia elétrica na indústria automotiva, já são realidade em alguns países, mas em sua grande massa, ainda não se popularizaram no mundo, haja visto têm-se buscado novos métodos de fontes de energia para serem aplicados em carros “Baterias podem ser empregadas em sistemas isolados ou distribuídos de geração de energia e seu desenvolvimento varia de acordo com o tipo de carga ou demanda energética” (FILHO, 2017, p. 14).

O trabalho tem como objetivo analisar as propriedades das baterias de íons de sódio, assim como verificar suas estruturas mecânicas e elétricas, assim como conhecer quanto a utilização de baterias de íons de sódio, e a aplicabilidade dessas como novas formas de reserva de energia. Ao optar por utilizar as baterias de íons de sódio, poderia representar a solução não somente para a escassez do petróleo, mas ainda contribuiria com o meio ambiente, uma vez que estes não emitem gases poluentes, tal qual como na queima de combustíveis fósseis, como a gasolina e o diesel, que liberam gases tóxicos como o monóxido e o dióxido de carbono na atmosfera, o que tem contribuído muito para a poluição ambiental e a degradação da camada de ozônio.

Outro modo de manter o equilíbrio entre a produção e o consumo de energia, tendo em conta a não utilização de qualquer tipo de combustíveis fósseis, é através do armazenamento energético. Este permite que a energia seja armazenada quando há excesso de oferta sendo também capaz de fornecer a energia pre-

viamente recolhida às cargas com o objetivo de compensar o déficit energético (SANTOS, 2018, p. 19)

Outro fator para aprofundamento do assunto na construção de bateria de íons de sódio, é que se estima que haverá ausência de lítio no futuro, no qual gera a necessidade de se encontrar novas formas de manter as reservas de energia que por hora está sendo muito utilizada. Essas, por sua vez, devem ser cada vez mais sustentáveis e a um valor de mercado justo, de modo que em todas as classes sociais, tenha-se a aceitação dessas novas tecnologias “o armazenamento energético cumpre outras funções, tal como o aumento do fator de potência e da eficiência e qualidade de um dado sistema” (SANTOS, 2018, p. 20).

Desse modo, a utilização das baterias de íons de sódio, poderia ser uma dessas possibilidades, as quais representariam o avanço das tecnologias, com a mesma capacidade mecânica, e de forma mais sustentável.

A difusão dos equipamentos elétricos representa ainda uma mudança mais radical na indústria, com a utilização de tecnologias antes restritas à indústria eletroeletrônica. Ainda que eventuais mudanças possam não ser sentidas no curto prazo pela maior parte das empresas brasileiras, o mesmo pode não ocorrer no médio e nos longos prazos. A competitividade dessa indústria depende de uma contínua atualização tecnológica e de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, unindo o que é há de melhor na tecnologia e na preservação do meio ambiente e o custo benefício do consumidor.

A tecnologia de baterias de íons de sódio é relativamente nova, com pouca fundamentação teórica, porém com muitos estudos sendo realizados e projetos sendo testados em grandes empresas automobilísticas. As baterias de íons de sódio são seguras e baratas, pois proporcionam altas densidades de energia e podem fornecer picos de potência elevados. São as mais utilizadas nas aplicações eletrônicas em geral, apresentando maior efetividade.

O presente trabalho consiste em pesquisa de campo, utilizando-se ainda de estudo bibliográfico, com ênfase em artigos científicos disponíveis em ambiente virtual, visando a compreensão científica do tema, a partir do levantamento de informações aprofundadas quanto a caracterização e a conceituação deste, sendo que, proceder-se-á a análise na forma qualitativa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As baterias de modo em geral são utilizadas como forma de armazenamento em sistemas de energia renovável devido à natureza de intermitência do sistema, e atualmente possuem uma maior penetração devido a uma melhor relação de custo-benefício para o sistema, sendo muito recomendada pelos especialistas na substituição de energia. Com isso é observada uma perda de capacidade nessas baterias devido a uma alta quantidade de ciclos de carga e descarga (SANTOS, 2018).

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018), nove a cada dez pessoas respiram ar poluído e contaminado, e a cada ano, cerca de sete milhões de pessoas morrem diretamente devido a contaminação no ar em várias regiões do mundo.

Ressalta-se que a utilização e a recomendação da bateria no mercado hoje, não se dá devido apenas pela poluição causadas pelo uso intenso desse tipo de material, pois, muito embora estes tenham grande participação nessa questão, há ainda a contribuição das indústrias, fábricas etc. que contribuem para a poluição ambiental, mas por se destacar na diminuição da queda nos índices de poluição de gases poluentes em todo o planeta (LOBÃO, 2017).

Estima-se que as reservas de petróleo devem se esgotar nos próximos 40 anos em todo o mundo. Essa situação surge devido a utilização diversificada desse composto em vários setores, entre eles, o setor automotivo, além do que é uma energia não renovável, que está se esgotando.

Apesar do cenário positivo da utilização desses veículos com bateria de lítio atualmente, com menos poluente que o petróleo, no entanto, aparece alguns desafios para serem alcançados efetivamente em uso comum com todo o mundo, acompanhando a evolução das tecnologias e da globalização.

Uma dessas constantes indagações, refere-se, por exemplo, à forma de recarga dos carros elétricos, principalmente em viagens de longa duração. Outra questão seria quanto aos valores desses veículos, considerando que com o avançar da tecnologia inclusive, os preços seriam mais altos, devendo-se assim, buscar formas de torná-los acessíveis a todos cidadãos. Desse modo, a utilização das baterias de íons de sódio, poderiam ser uma dessas possibilidades, as quais representariam o avanço das tecnologias, com a mesma capacidade mecânica, e de forma mais sustentável (LOBÃO, 2017).

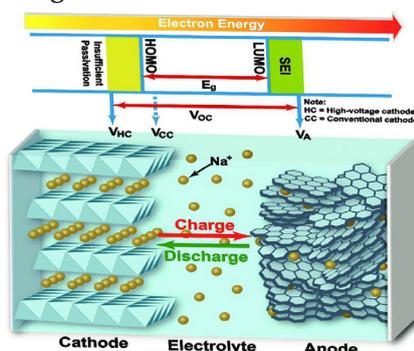
### 3 BATERIAS DE ÍONS DE SÓDIO E SUAS PROPRIEDADES

Segundo Filho (2017), uma bateria é um dispositivo que converte a “energia química contida em materiais ativos diretamente em energia elétrica através de reações eletroquímicas de oxirredução (redox)” (p. 23). Este tipo de reação envolve transferência de elétrons de um material para outro através de um circuito elétrico. Pode-se falar de maneira mais didática que a bateria é a unidade eletroquímica básica, isto é, a unidade fundamental que conectadas em série ou em paralelo, ou ambos, depende da produção desejada de tensão e capacidade, para geração de uma energia sustentável, e que se tenha o elemento principal para sua construção, haja visto que já estão no mercado há milhares de anos, apenas se renovando a cada inovação da tecnologia, trazendo maiores benefícios aos consumidores e ao meio ambiente.

No entanto, as baterias não são uma tecnologia tão recente como esperado, pois, a primeira a que se tem registro, surgiu muito antes da descoberta do conceito de eletricidade, em 1600, pelo físico inglês William Gilbert. A primeira bateria era formada por um ânodo de zinco mergulhado numa solução de sulfato de zinco, enquanto a outra era composta por um cátodo de cobre mergulhado em sulfato de cobre II. Gaston Planté, em 1859, desenvolveu a primeira bateria recarregável com baixa densidade energética à base de chumbo em meio ácido (SANTOS, 2018, p. 20).

A bateria de íon de sódio, que é o objeto de estudo desse trabalho, é um tipo de bateria recarregável análoga à bateria de íon de lítio, muito utilizado hoje, mas usando íons de sódio como portadores de carga, sendo mais eficientes e econômicas e com menos danos para o meio ambiente (SANTOS, 2018), enquanto que as baterias de íon-lítio, ao contrário das de íons de sódio, são compostas de células que utilizam compostos de lítio como materiais positivos intercalados com materiais negativos, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - bateria de íon de sódio



Fonte: [www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FA-scheme-illustration-showing-the-working-principle-of-room-temperature-sodium](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FA-scheme-illustration-showing-the-working-principle-of-room-temperature-sodium).

O eletrólito sólido se torna estável quando incorporado em cátodos de óxido de alta voltagem e pode ter mais eficiência e vida útil que outras baterias de mesma classe, com vantagem de ser produzida com fonte totalmente renovável, podendo utilizar inclusive matérias recicláveis. Diferentemente do lítio necessário para outras baterias, que tem alto custo ambiental, o sódio é barato e abundante. Baterias feitas deste material, portanto, custariam menos e seriam mais duradouras e seguras, o que vem sendo apontado nos últimos estudos pelos cientistas (SANTOS, 2018, p. 26).

O eletrodo positivo é tipicamente um óxido de lítio com uma estrutura em camadas, como o óxido de lítio-cobalto (LiCoO<sub>2</sub>), ou um material com uma estrutura em túnel, como o óxido de lítio-manganês (LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). Já o eletrodo negativo é composto tipicamente por carbono grafite. Quanto ao eletrólito um dos mais utilizados é o hexafluorofosfato de lítio (LiPF<sub>6</sub>) cuja característica principal é a alta condutividade iônica (LINDEN & REDDY, 2002).

Pode-se falar, que as baterias de sódio podem ser menores e mais eficientes do que as células de lítio, visto que, são usadas na maioria dos equipamentos eletrônicos e representam o que há de melhor em termos de densidade, capacidade energética e custo de produção em grande escala, sendo hoje uma das baterias com maior tempo de duração de carga, por isso muito utilizada nos eletrônicos, que com a aceleração da globalização estão a cada dia necessitando de fonte de energia com maior durabilidade de tempo e tempo de vida, para suportar todas as funções que o equipamento possui ( MENDES, 2017).

As constantes evoluções sociais, que se fazem presente devido a globalização, em todos os setores, geram a necessidade de novos instrumentos capazes de acompanhar essa mudança de comportamento cotidianamente, e de preferência que sejam eco sustentável e que utilizam os recursos renováveis.

Um desses aspectos de transformações referem-se as diversas formas de reservas de energia adotadas no mundo, pois com o crescimento urbano e industrial, novos mecanismos foram sendo criados a cada período para facilitar a utilização de vários objetos, desde os mais simples como os eletrodomésticos, até os mais avançados e futurísticos como os carros movidos a eletricidade, sendo a bateria de íons de sódio a mais apostada para serem utilizadas e substituídas futuramente na indústria eletrônica e automobilística (AMARANTE, *et al.* , 2004).

Em grande parte do mundo hoje, se usa bateria de lítio, a qual faz surgir alguns problemas relacionados ao meio ambiente, como, por exemplo, não descarte

dos objetos, quando normalmente não se retira a bateria para recolhê-la em locais adequados, mas sim, jogam-se fora como qualquer outro tipo de lixo, ocasionando o contato desta com o solo. Uma dessas maneiras que se discute atualmente, é a utilização das baterias de íons de sódio, pois estas representariam uma forma de manter o uso de celulares, notebooks etc., sem causar prejuízo ao planeta.

Contudo, se faz necessário a análise dos benefícios e malefícios dessa utilização, uma vez que em contrapartida aos prejuízos causados pelo uso intenso das baterias de íons de lítio, por exemplo, haveria a exploração em massa da substância química do sódio.

Outra verificação a ser feita, seria em relação ao custo benefício das baterias de íons de sódio, porquanto com o aumento de tecnologias que surgem a cada dia com a aceleração da globalização são dotadas na produção de novas e mais eficientes baterias, havendo assim, a necessidade de analisar os valores de fabricação, de modo a verificar se a utilização e o tempo de vida e uso nelas nos eletrodomésticos onde serão empregadas, possibilitando assim, que a aquisição de objetos com a bateria de recurso renovável mais barata, alcançasse as classes mais baixas da sociedade, e assim, alcançaria à finalidade do uso igualitário por todos, sem falar das contribuições com o uso sustentável de eletrodoméstico e automobilístico para o meio ambiente.

## **2.1 Os ciclos das baterias de íons de sódio**

O segmento de elétrico vem aumentando sua participação em todo o mundo com a produção cada vez mais de eletrodomésticos com maiores tecnologias, sendo oferecido a cada dia, mais modelos disponíveis e projeções de crescimento ao mercado consumidor. O mercado brasileiro, todavia, tem pouca representatividade no segmento de tecnologia e produção de energia renovável, com automóveis restritos a versões de modelos voltados a um público de alto poder aquisitivo, ainda que, em relação aos ônibus, a situação seja positiva (MARTINS *et al.*, 2011), não trazendo muitas alternativas de energia de baixo custo para as classes menos desfavorecidas.

Nas últimas décadas, a dependência mundial por energia elétrica aumentou significativamente, devido ao aumento no uso de eletroeletrônico. Por esta razão, a energia elétrica deve ser disponível a todos, em todos os momentos, na quantidade necessária que cada aparelho ou automóvel necessita para seu funcionamento. Isto significa, que deve ser segura e confiável, além de acessível a todos por preços razoáveis (SANTOS, 2018).

Neste cenário, surge uma tecnologia que tem a capacidade de agregar disponibilidade, qualidade e confiabilidade a seu fornecimento, pois proporciona benefícios a toda a cadeia de produção dos sistemas elétricos – da geração ao usuário final (WATT, 2011).

Trata-se dos Sistemas de Armazenamento de Energia (SAE), cuja aplicação transformou-se, nos últimos anos, em uma tendência mundial, e vem muito estudado e utilizado pelas grandes empresas. Como regra, sistemas de armazenamento convertem energia elétrica em outra forma de energia armazenável (química, mecânica, térmica, etc.) durante o processo de carga e a transformam novamente em energia elétrica durante o processo de descarga. Atualmente, no mercado global, há várias tecnologias de armazenamento disponíveis em diversos estágios de maturidade, desde a pesquisa até aplicações comerciais (MENDES, 2017).

O principal gargalo tecnológico do desenvolvimento dos veículos elétricos e híbridos é o sistema de armazenamento de energia, isto é a bateria de íon de sódio como fonte de energia, dispõem que as tecnologias de acumuladores de energia, as baterias a base de lítio veem se destaca por apresentarem níveis elevados de densidade de Potência e Energia, visto que, a energia específica é duas vezes maior em relação a bateria de níquel hidreto metálico e quatro vezes maior em relação a bateria chumbo-ácida. Estas características contribuem como um dos principais atrativos para a utilização desta tecnologia como fonte de energia para veículo elétrico e híbrido, no qual a bateria de íon de sódio supera todas essas, em relação ao baixo preço e a duração ao seu tempo de vida.

## **2.2 Aplicabilidade das baterias de íons de sódio na engenharia elétrica.**

Baterias são dispositivos capazes de gerar corrente elétrica a partir de reações químicas, e de composto que são combinados para sua geração sendo de recursos renováveis ou não renováveis. As baterias são compostas, basicamente, por um eletrodo positivo (cátodo) e um eletrodo negativo (ânodo) em contato com um eletrólito condutor iônico, que quando se combinam geram energia. Para que uma bateria seja recarregável as reações químicas sofridas em ambos os eletrodos devem ocorrer de forma reversível (FILHO, 2017).

Um sistema de carregamento de baterias tem por objetivo principal aperfeiçoar o uso das baterias protegendo-as contra cargas e descargas excessivas ou outros tipos de efeitos sobre as células da bateria, como o calor excessivo durante o processo de carregamento de acordo com (Broussely e Pistoia, 2007). Esse dispositi-

vo pode receber algumas denominações tais como: controlador de carga, gerenciador de carga ou regulador de carga.

Trata-se de um dispositivo eletrônico operando em corrente contínua e é normalmente associado à geração fotovoltaica em sistemas híbridos. A escolha desse componente depende de vários fatores, tais como: tipo de bateria que será utilizada, regime de operação do sistema e carga instalada (AMARANTE *et al.*, 2004).

É nesse contexto que o mercado de armazenamento vem a se tornar uma solução bastante promissora, devido a sua capacidade de fornecer serviços ancilares capazes de estabilizar o sistema elétrico, aumentando a confiabilidade, continuidade e qualidade de energia, seja por meio de sistemas de pequeno porte com uso de baterias, ou até mesmo por meio de sistemas de grande porte com uso de usinas reversíveis, que a engenharia elétrica vai utilizar como segunda opção de fonte de energia renovável mais barata e mais segura.

No que se refere ao mercado de armazenamento no Brasil, segundo estudo publicado pela Associação Brasileira de Armazenamento e Qualidade de Energia (ABAQUE) em Bueno e Brandão (2016), ressalta-se que a aplicação de SAEs no país é um tanto quanto limitada, sendo na maioria dos casos utilizada em sistemas de “*no-break*” ou em aplicações mais específicas.

No entanto, em 2016 houve um grande marco para o país com a criação da chamada de P&D estratégico número 021, em ANEEL (2016 b), da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que possuía como objetivo fomentar o estudo e a implementação de projetos com tecnologias de armazenamento no sistema elétrico brasileiro de maneira sustentável e integrada, fornecendo assim base para pesquisa e desenvolvimento em torno deste tema (FARIAS, 2018).

Sistema de Armazenamento de Energia, com baterias são sistemas que trabalham com reações químicas reversíveis, de modo a realizar os processos de carga e descarga. Basicamente durante os períodos de carga a energia elétrica de entrada é convertida em energia química, para armazenamento, e em períodos de demanda está energia é então reconvertida em energia elétrica para uso final.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia de trabalho consiste em pesquisa de campo, utilizando-se ainda de estudo bibliográfico, com ênfase em artigos científicos disponíveis em ambiente virtual, visando a compreensão científica do tema, a partir do levantamento

de informações aprofundadas quanto a caracterização e a conceituação deste, sendo que, proceder-se-á a análise na forma qualitativa.

### **3.1. Tipo de estudo**

Considerando a utilização das baterias de íons de sódio, buscar-se-á verificar as propriedades desse sistema, bem como a comparação destas com as de lítio, de modo a analisar os pontos positivos e negativos dessa utilização, fazendo assim, uso do estudo de forma qualitativa, deixando a pesquisa aberta para essa verificação. Assim, proceder-se-á a análise na forma qualitativa e quantitativa e de forma transversal.

Para a construção da bateria de íons de sódio artesanal, realizada no experimento, pegou-se como base o experimento realizado pelo Matson, Souza e Santos (2014), no estudo sobre pilha de latinhas: uma alternativa interessante para experimentação demonstrativo-investigativo no Ensino da química, fazendo as adaptações e substituições de materiais na construção da bateria de íon de sódio.

### **3.2 Material utilizado na bateria de íon de sódio**

Os materiais usados para o experimento de design da bateria de sódio são 01 multímetro, 04 lata de alumínio de 269ml, fio de cobre de 5m e 10mm; 04 peças de tubo de pvc de 20cm x 12,7mm; 04 peças de tubo de pvc de 15cm x 40mm; 01 mesa de madeira com comprimento de 47 cm, largura 25 cm, altura 18 cm; 01 cópia turbina eólica 11 x 11 x 40 cm / 4,33 x 4,33 x 15,75 polegadas; 08 fios de 0,4 mm; 08 garra de crocodilo comprimento total 55 mm, 01 lixa de parede n ° 80; garra 16 mm, abertura 12 mm, lixa, 01 colher (para medição). Os reagentes em cada pilha são água (200 ml), 01 colher de sopa de sal e 0,5 ml de água sanitária

### **3.3 Construção da bateria**

Para a construção da bateria de íons de sódio, foram utilizados, matérias recicláveis, como latinhas de cervejas. Com um abridor de lata, abriu-se as latas de alumínio; no qual foi removida a tampa superior da lata. Em seguida, foi realizado o lixamento do interior do frasco com uma lixa de parede número 80, importante ressaltar que devesse utilizar luvas de proteção ao lixar, devido existir o risco de cortes na borda da lata.

Com o auxílio do saca-rolhas, faz-se um furo na lata, perto da borda. Em seguida deve desencapar o fio de cobre de 5 metros e corte em 4 partes iguais (cerca de 50 cm). Após, deve enrolar cada parte descascada em torno dos 4 tubos de PVC

cortados passe o fio de cobre pelos orifícios para encaixar no tubo mais grosso de 40mm.

O sistema “tubo PVC + fio de cobre” fica no tanque para verificar se o fio de cobre não toca em nenhuma parte do alumínio. Após, deve conectar o sistema com aproximadamente 10 cm de fio de cobre (não desencapado) e sempre utilizar pinças de crocodilo para conectar a lata ao fio de cobre. Usando os orifícios da lata para embrulhar os fios. Finalmente, um fio de cobre e uma lata devem ser deixados sem qualquer conexão.

Conectando um fio (ou usando o fio com uma pinça de jacaré) no orifício da lata restante deve-se destacar como o eletrodo negativo; conectando ao mesmo tempo outro fio (ou fio de jacaré) no fio de cobre restante e separando como o eletrodo positivo. A bateria está pronta, basta ligar o motor de 5V ou a luz LED.

Cada tanque é considerado uma célula eletroquímica simples, operando com uma tensão de aproximadamente 0,5 V e uma corrente de 1 mA. Quando a solução salina é colocada em cada bateria, elas começam a funcionar como uma bateria. Quando colocados em série, as tensões individuais se somam. O funcionamento da bateria pode ser explicado por reações eletroquímicas.

O potencial de redução do cobre é de aproximadamente +0,34 V, enquanto o potencial do alumínio é de -1,66 V. Isso leva a uma reação de redução do cobre e uma reação de oxidação do alumínio na reação de redução de oxidação. Portanto, há um fluxo de elétrons saindo do fluxo de alumínio para o cobre. Outro fator importante na operação da bateria é a presença de solução salina.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A eletroquímica faz parte da química; que estuda o fenômeno da transferência de elétrons e a conversão de energia entre diferentes substâncias a conhecida conversão química em eletricidade em diversos espaços e meios utilizados. Uso de materiais simples de fácil acesso possibilitam um método simples e muito importante para fazer experimentos para geração de energia com fonte renovável, como a reação de oxirredução com o uso de materiais de baixo custo e que são mais acessíveis a todos.

Neste processo, da produção da bateria de íons de sódio, para a experimentação neste trabalho, foi utilizado latas de alumínio, fios de cobre e tubos de PVC, que foram utilizados para teste. Após a montagem, foi adicionado água sanitária

ao tanque e medido a voltagem. Em seguida, foi adicionado sal e medido a tensão novamente. Sendo utilizadas no final, 04 baterias usada simultaneamente.

O resultado, elas foram testadas com duas luzes led uma vermelha e uma verde, sendo foi utilizada com um motor 5 volts conectada às 4 baterias em série, tendo um retorno satisfatório porque quando duas luzes tipo LED no sistema, observou-se a iluminação na forma de uma lanterna. E quando foi inserido um motor rotativo de 5 V, observou-se todas as suas funções de rotação baixa e alta, demonstrando a eficácia das baterias de íons de sódio na produção de energia elétrica, o que vem sendo demonstrado na tabela 01.

**Tabela 1** - resultado dos testes realizados nas 4 baterias

Reagente água com sal	0,52 Volts
Reagente água sanitária	0,44 Volts
Reagentes água sanitária com sal	0,78 Volts
Reagentes água sanitária com sal 4 baterias ligadas em serie	3,13 Volts

**Fontes:** Os autores/ setembro de 2021

Observa-se que cada reagente produz uma quantidade específica de volts, sendo que a água com sal produziu 0,52 volts, um valor muito maior que o valor da água sanitária que produziu 0,44 volts, e quando se mistura o reagente de água sanitária com sal que gerou 0,78 volts. Quando se ligou as quatro baterias em séries houve a produção de 3,13 volts, conforme a Figura 2.

**Figura 2** - As quatro baterias ligadas em serie com a turbina e o led.



**Fonte:** Os autores/ setembro de 2021

Isso aconteceu, devido o sal ser um composto iônico que se dissocia em meio aquoso para formar cátions ( $\text{Na}^+$ ) e ânions ( $\text{Cl}^-$ ), permitindo que os elétrons fluam pela solução, fechando o circuito. Além da reação oxirredução entre o cobre e o alumínio, ocorre também uma reação entre o alumínio e o oxigênio dissolvido na solução em contato com o tanque, figura 3.

**Figura 3** - BATERIAS COM A SOLUÇÃO AQUOSA DE ÁGUA E SAL.



**Fontes:** autores/ setembro de 2021

Conforme os elétrons passam pela solução, o gás  $\text{H}_2$  dissolvido na água sofre uma reação de redução. Dessa forma, a função da bateria pode ser resumida pelo fluxo de elétrons saindo do alumínio e chegando à solução pelo cobre, e, neste momento, participa da reação de redução do oxigênio dissolvido para produzir hidróxido de alumínio. Combinando as reações 2 e 3, obtêm-se uma reação química que simboliza a função principal da bateria, porque é mais eficiente em termos energéticos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que as semelhanças das propriedades químicas do sódio e do lítio, por ambos serem metais alcalinos, produzem um igual mecanismo eletroquímico diferindo apenas nos cátions transferidos, porém a energia de íon de sódio produz uma maior quantidade de volts, utilizando recursos renováveis e com baixo custo. Contudo, a competência gravimétrica de armazenamento de energia da bateria de íons de sódio é menor em relação à bateria de íons de lítio uma vez que o sódio tem um maior peso atômico, porém produz uma energia renovável de baixo custo.

Com experimento e o estudo realizado verificou-se que a bateria de íons de sódio é totalmente eficaz na engenharia elétrica de eletrodomésticos e automobilístico, visto que, o sódio está presente em abundância na crosta terrestre, possui custo

dos materiais relativamente baixo, além do que não há necessidade econômica de reciclagem dos materiais de eletrodo da bateria.

As baterias de íons de sódio, possuem algumas desvantagem das de lítios, pois são baterias com menor energia específica por serem mais pesadas e possuem dificuldade em desenvolver materiais de cátodo para estas baterias, mas isto se dá ainda, pois há pouco estudo e projetos desenvolvidos para melhorar e fazer as adaptações necessárias a este tipo de bateria que vem como promissora em carros automobilísticos.

Em relação ao experimento, verificou-se que cada latinha utilizada, é tida como uma célula eletroquímica simples, funcionando com uma tensão de aproximadamente de 0,5 v e corrente de 1mA. Quando a solução salina é colocada dentro de cada latinha, elas passam a funcionar como bateria, e quando são colocadas em séries, as tensões individuais se somam, gerando uma quantidade maior de voltagem.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. L. (1973). **Lítio - Processos de obtenção, aplicações e perspectivas de produção no Brasil**. São Paulo: Centro Técnico Aeroespacial, 40 p. Disponível em: <https://www.inthemine.com.br/site/cenarios-do-litio-no-brasil/>. Acesso em 20 de março de 2021.

AMARANTE, M. M., SOUSA, A. M. B., OLIVEIRA, A., RAMOS, J. M. F., GRADE, J. C. & Leite, M. (2004) **Processamento de Minérios de Lítio - Contribuição para a Valorização Tecnológica de Espodumenas e Petalites. Relatório de projecto FCT**, secção de Processamento de Matérias Primas, IGM, 27. Disponível em: <https://docplayer.com.br/9523900-Processamento-tecnologico-dos-minerios-de-litio.html>. Acesso em: 20 de março de 2021.

BRAGA, P.F.A e SAMPAIO, J.A. Lítio (2009). In: **Rochas e Minerais Industriais, Usos e Especificações**, ed: LUZ, A.B. e LINS, F. A. F., 2ª edição, CETEM/MCT, Rio de Janeiro. <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/674>. Acesso em: 22 de março 2021.

BROUSSELY, M.; PISTOIA, G.. **Industrial Applications of Batteries: From Cars to Aerospace and Energy Storage**. Oxford: Elsevier, 2007.

FILHO, Gustavo José Luna. **Previsão da autonomia de baterias de chumbo-ácido aplicadas a sistemas híbridos de geração de energia utilizando o método KiBaM**. 2017.68 folhas, il., gráfs., tabs.

LINDEN, David; REDDY, Thomas B. **Handbook of batteries**. 3. ed. New York: McGrawwhill, 2002.

LOBÃO, Edison. **Reservas atuais de petróleo devem se esgotar em 40 anos-p4**. Senado Federal, Brasília, v. 1, 7 ago. 2017. 4, p. 1-2. Disponível em: <https://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/revista-em-discussao-edicao-abril-2010/noticias/reservas-atuais-de-petroleo-devem-se-esgotar-em-40-anos-p4.aspx>. Acesso em: 5 abr. 2021.

MARTINS Luis, Oliveira Daniel, Silva Rita, Viegas Villas Bôas Roberto C. **Valorização de pegmatitos litiníferos** / Eds. Lisboa, Portugal: DGEGL/ LNEG/ ADI/ CYTED, 2011. Disponível em: [http://litio.ipg.pt/wp-content/uploads/2018/07/pegmatitos-litiniferos-em-PT-potencial-passado-presente-e-futuro\\_LNEG2011.pdf](http://litio.ipg.pt/wp-content/uploads/2018/07/pegmatitos-litiniferos-em-PT-potencial-passado-presente-e-futuro_LNEG2011.pdf). Acesso em 20 de março de 2021

MENDES, João Otávio de Sousa. **Estudos físico-químicos da eletroinserção de íons em hexacionoferratos aplicados a baterias recarregáveis**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Química. 2017.

OMS | Poluição atmosférica. **Serviço Nacional de Saúde**, Brasília, v. 1, p. 1 - 2, 2 maio 2018. Disponível em: <https://www.sns.gov.pt/noticias/2018/05/02/oms-poluicao-atmosferica/>. Acesso em: 29 mar. 2021.

SANTOS, Daniel Rúben Costa Reis. **Desenvolvimento de Materiais de Cátodo à base de Polímeros Condutores para Baterias de Ião Sódio**. Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente. Faculdade de ciências Departamento de engenharia geográfica, geofísica e energia. 2018.

VIANA, P.R.M et al. (2004). **Concentração de silicatos de lítio - uma revisão**. In: XX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2004, Santa Catarina v. 2, p. 325-332. Acesso em: [https://www.artigos.entmme.org/download/2004/minera%C3%A7%C3%A3o\\_e\\_desenvolvimento\\_sustent.pdf](https://www.artigos.entmme.org/download/2004/minera%C3%A7%C3%A3o_e_desenvolvimento_sustent.pdf). Acesso em 21 de março de 2021.

WATTS, M. (2011). **Lithium reality check**, Industrial Minerals, issue april. Disponível em <https://www.internationallithium.com/wp-content>. Acesso em 21 de março 1 de 2021

## APÊNDICES/ANEXOS

### 1 ORÇAMENTO E CONTRA-PARTIDAS

Material	Quantidade	Custo unitário	Custo total
turbina eólica	01	R\$ 110,00	R\$ 110,00
Mesa de MDF	01	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Fio de cobre 10mm	05m	R\$ 4,00	R\$ 20,00
Fio de cobre 4mm	02m	R\$ 0,50	R\$ 1,00
PC palha de aço	01	R\$ 5,00	R\$ 5,00
Removedor Acet.	01	R\$ 11,00	R\$ 11,00
Adesivo mesa	01	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Garra jacaré	10	R\$ 1,00	R\$ 10,00
Latas de alumínio	04	R\$ 0,0	R\$ 0,00
Lixa de parede	01	R\$ 1,00	R\$ 1,00
Pedaços de cano PVC	06	R\$ 0,0	R\$ 0,0
<b>Total</b>			<b>R\$ 233,00</b>

\*Este projeto terá seus custos arcados em sua totalidade pelos seus pesquisadores.



## CAPÍTULO 8

---

### **ELETRICIDADE EM REGIÕES REMOTAS DA AMAZÔNIA: IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO NA COMUNIDADE ÁGUA BOA, TERRA SANTA - PA**

*ELECTRICITY IN REMOTE REGIONS OF THE AMAZON:  
IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN  
THE ÁGUA BOA COMMUNITY, TERRA SANTA - PA*

Antonio Edney Feitosa Vieira<sup>1</sup>  
Márlison Santos de Sá<sup>2</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.8

---

<sup>1</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0002-7487-6705>, [Edney.feitosa@gmail.com](mailto:Edney.feitosa@gmail.com)  
<sup>2</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>, [270102987@prof.unama.br](mailto:270102987@prof.unama.br)

## RESUMO

A universalização do acesso à energia elétrica tem norteado muitos programas nacionais nas últimas décadas. Contudo, na região amazônica, por fatores geográficos, políticos e econômicos muitas famílias agrupadas em comunidades ribeirinhas, quilombolas e indígenas ou vivendo em assentamentos rurais e unidades de conservação ainda não têm acesso à energia elétrica. Neste cenário, o uso de sistemas isolados de geração elétrica tem sido cada vez mais considerado para atender tal demanda. Entretanto, há uma hegemonia de sistemas usando motogeradores movidos a diesel que além de serem custosos operacionalmente, são fontes poluentes. Como alternativa, a implantação de sistemas usando fontes de energia renováveis como os módulos fotovoltaicos (PV) tem crescido apesar de obstáculos como escassez de mão de obra especializada e projetos não contextualizados. Imerso nesse panorama, no presente trabalho, busca-se avaliar o atual contexto do uso dos sistemas PV em regiões remotas da Amazônia, bem como desenvolver uma análise técnico-descritiva de um sistema PV instalado na comunidade Água Boa, situada no município de Terra Santa - PA, detalhando o roteiro de seu dimensionamento e implantação.

**Palavras-chave:** Sistemas fotovoltaicos. Eletrificação em comunidades remotas. Comunidade Água Boa. Roteiro de dimensionamento. Análise técnico-descritiva.

## ABSTRACT

The universalization of access to electricity has guided many national programs in recent decades. However, in the Amazon region, due to geographic, political and economic factors, many families grouped in riverine communities, quilombolas and indigenous peoples or living in rural settlements and conservation units still do not have access to electricity. In this scenario, the use of isolated electricity generation systems has been increasingly considered to meet such demand. However, there is a hegemony of systems using diesel powered motor generators that, in addition to being operationally costly, are polluting sources. As an alternative, the implementation of systems using renewable energy sources such as photovoltaic (PV) modules has grown despite obstacles such as shortage of specialized labor and non-contextualized projects. Immersed in this panorama, the present work seeks to evaluate the current context of the use of PV systems in remote regions of the Amazon, as well as to develop a technical-descriptive analysis of a PV system installed in the Água Boa community, located in the municipality of Terra Santa - PA, detailing the roadmap for its sizing and implementation.

**Keywords:** Photovoltaic systems. Electrification in remote communities. Água Boa Community. Sizing script. Technical-descriptive analysis.

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das civilizações está inegavelmente associado às tecnologias de transformação e uso dos recursos energéticos, de modo que, a ausência ou precariedade em relação ao acesso e técnicas de aproveitamento desses recursos impacta negativamente na capacidade de progresso socioeconômico e cultural. Nesse sentido, sob o apelo socioeconômico e energético-sustentável, o interesse estratégico sobre a diversificação da matriz elétrica - compreendida como as diversas formas de geração de eletricidade disponibilizadas aos processos produtivos em um determinado contexto espacial - tem contribuído para a evolução tecnológica e ampliação do uso de recursos energéticos sustentáveis, dentre os quais, destaca-se a geração elétrica advinda da energia solar.

Atualmente, observa-se um notável esforço político e financeiro para o desenvolvimento de projetos de larga escala como usinas hidrelétricas e parques eólicos e solares direcionados prioritariamente para o atendimento de regiões costeiras e urbano-industriais. Por outro lado, a eletrificação interior e de áreas mais remotas ainda se apresenta deficitária, em especial, na região amazônica que concentra quase a totalidade dos municípios não atendidos pelo Sistema Interligado Nacional (SIN). De fato, até mesmo as áreas que já estão integradas via SIN sofrem com uma precária infraestrutura.

Menciona-se que embora tentativas governamentais para acelerar a universalização do acesso à energia elétrica, como o programa Luz para Todos (PLpT), tenham sido bem-sucedidas em muitas regiões do país, elas até o momento têm sido incapazes de garantir o pleno atendimento da região amazônica (ARAÚJO, 2014). Há várias razões que justificam esse fato, dentre os quais, destacam-se as grandes distâncias de regiões isoladas/remotas com povoados (na sua maioria, comunidades indígenas, assentamentos rurais, comunidades quilombolas e comunidades ribeirinhas) em relação aos centros consumidores, as dificuldades logísticas e os altos custos de instalação.

Diante das difíceis condições geográficas, econômicas e técnicas para estender o acesso à energia elétrica via SIN para essas regiões, fontes energéticas renováveis (hídrica, eólica, fotovoltaica e biomassa) e não-energéticas (combustíveis fósseis, principalmente o óleo diesel) têm sido gradativamente consideradas para reverter tal cenário. De fato, dentre estas opções, até recentemente, havia um nítido predomínio

mínio do uso de grupos-geradores movido a óleo diesel, visto ser essa uma tecnologia consolidada e ter um custo de investimento inicial relativamente baixo em relação às demais. Todavia, o fornecimento de eletricidade a partir do diesel não é viável em razão dos custos operacionais excessivos, além do agravante de ser uma fonte de energia que contribui para a degradação ambiental (DI LASCIO; BARRETO, 2009).

Neste panorama e por mérito dos avanços da tecnologia de fabricação das células solares, da eficiência e manutenção das placas fotovoltaicas (*photovoltaic*, PV) e o próprio barateamento do sistema PV, a geração de eletricidade via captação de energia solar tem elevado sua presença, seja em arquiteturas de sistemas isolados, seja em arquiteturas de sistemas híbridos. Apesar disso, no contexto amazônico, esse fenômeno expansivo do uso de sistemas PV enfrenta desafios como a escassez de profissionais qualificados e a quase ausência de projetos contextualizados que incluam a própria população no processo de implantação, gerenciamento e manutenção dos sistemas (isolados ou híbridos). Estes impasses endossam a necessidade de uma compreensão efetiva sobre os aspectos relacionados ao desenvolvimento e implantação dos sistemas PV nas regiões remotas, observando as características específicas do sistema (potência, proteção, etc.) e os impactos sociais e econômicos com a implantação destes.

Isto posto, o presente trabalho promove uma análise desse cenário e, ainda que em escala reduzida, discorre sobre processo de dimensionamento e implantação de um sistema PV na comunidade Água Boa, situada no município de Terra Santa no estado do Pará.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nas últimas décadas, a Amazônia brasileira tem recebido volumosos investimentos voltados à construção de complexos hidroelétricos (Belo Monte, Jirau, Santo Antônio, Teles Pires, etc.) cujas estruturas de transmissão de energia estão preponderantemente projetadas para atender as demandas das regiões centro-oeste e sudeste do Brasil. Os planos governamentais recentes evidenciam que esse perfil de política econômico-energética tende a continuar; por exemplo, o Plano Decenal de Energia (PDE) 2026 prevê a construção de 16 novas usinas hidrelétricas, dentre as quais, quase 60% estão ou estarão no espaço amazônico (EPE, 2017).

Neste quadro, a contradição reside no fato de que apesar de ser responsável por quase 25% da energia hidroelétrica produzida no país, o fornecimento de eletricidade para a população amazônica é extremamente precário (IEMA, 2018).

## 2.1 Os desafios da eletrificação na região amazônica

As preocupações com a universalização da energia elétrica no Brasil não é algo recente. Por exemplo, no início do século XXI, um censo revelou que em torno de 2 milhões de famílias não tinham acesso à energia elétrica no território nacional (IBGE, 2000). Especificamente na Amazônia, o mesmo censo evidenciou que quase 770 mil famílias (mais que 3 milhões de pessoas) não tinham esse acesso, dentre as quais, a maioria poderia ser atendida via expansão da rede elétrica (*on grid*), enquanto as demais poderiam ser contempladas via sistemas isolados (SÁNCHEZ; TORRES; KALID, 2015).

Nas últimas décadas, importantes programas de iniciativa governamental vêm sendo implementados para viabilizar que populações de regiões remotas tenham acesso à energia elétrica. Um dos projetos pioneiros foi o Prodeem (Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios), criado em 1994 e que tinha como principal meta o abastecimento de comunidades rurais que não estavam conectadas à rede convencional de distribuição de energia. Neste programa, os sistemas de geração descentralizados foram priorizados e eram baseados em fontes renováveis de energia (energia solar fotovoltaica, energia eólica, pequenas centrais hidrelétricas, etc.). Entretanto, o Prodeem acumulou uma série de problemas de gestão e vários sistemas implantados foram perdidos devido à centralização das decisões, despreparo, pouco treinamento e organização das comunidades para receber, operacionalizar e manter os equipamentos (ANDRADE; ROSA; SILVA, 2011).

Posteriormente, em 2003, o governo lançou o Programa Luz para Todos (PLpT) tendo como principal meta a universalização da energia elétrica e servindo como vetor de desenvolvimento socioeconômico e científico-tecnológico. Algumas das prioridades do PLpT incluem a eletrificação de assentamentos rurais, regiões com comunidades indígenas e quilombolas, municípios com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), etc. Embora o PLpT tenha obtido bons resultados em variadas regiões do país, no que tange ao contexto amazônico, até o momento, a universalização da energia elétrica não se concretizou na sua plenitude, e isso se deve há diversos fatores, dentre os quais, acentuam-se:

- Dificuldades em termos de logística, tempo e custo de transporte, acesso aos serviços de comunicação e viabilização de projetos de eletrificação propostos por concessionárias de serviço público em razão da ampla dispersão espacial com baixa densidade demográfica, a elevada rede hidrográfica e a floresta densamente compacta;
- Pouco retorno sobre os investimentos (em instalação e manutenção) por parte do governo e concessionárias devido ao padrão de baixo consumo energético das comunidades;

- Projetos de sistemas não contextualizados que desconsideram as características geográficas, econômicas e culturais das regiões locais, assim como as novas demandas energéticas para iluminação, comunicação, refrigeração e acionamento de máquinas.

### 2.1.1 Sistemas interligado e isolado na Amazônia

De modo geral, a estrutura elétrica nacional compreende dois tipos de sistemas, a saber:

- Sistema Interligado Nacional (SIN): refere-se ao conjunto de instalações e equipamentos eletromecânicos que geram e transmitem energia elétrica de modo coordenado, conectando as diferentes fontes de geração aos centros consumidores. Atualmente, o sistema abarca as macrorregiões (sul, sudeste, nordeste, centro-oeste e parte da região norte) abastecidas através da rede interligada nacional;
- Sistemas Isolados (SISOL): consistem nos sistemas de serviço público de distribuição de energia elétrica desconectados do SIN; concentram-se quase que exclusivamente na região amazônica e atendem mais de 3 milhões de pessoas (IEMA, 2020).

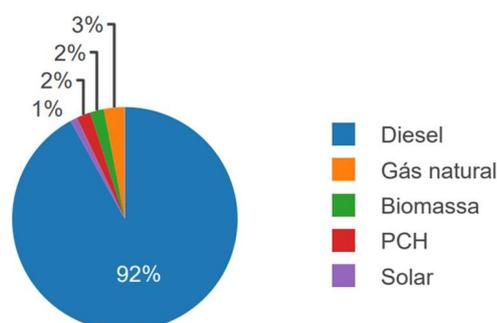
Em relação ao SISOL, é possível ainda definir outros subsistemas. Por exemplo, em algumas capitais nortistas, há os *sistemas de capitais* que operam de forma similar ao SIN, isto é, por meio de grandes linhas de transmissão e distribuição que conduzem eletricidade gerada em termelétricas e hidrelétricas. Outro grupo é o *sistema interior* que se refere às unidades menores de geração (entre dezenas e centenas de MW de capacidade instalada) que são essencialmente movidas a diesel e operam atendendo cidades menores e vilas próximas. Em última análise, existem unidades ainda menores (dezenas ou centenas de kW) que abastecem comunidades ou domicílios isolados (GÓMEZ; SILVEIRA, 2012). Sucintamente, os sistemas isolados na Amazônia podem ser enquadrados em quatro categorias:

- Sistema de capital: redes locais conectadas às usinas de geração de energia de grande escala que fornecem eletricidade para as principais capitais e regiões metropolitanas;
- Sistema interior: unidades menores de geração que operam atendendo cidades menores e vilas próximas;
- Sistemas por minirredes: conectam-se às usinas de geração de energia de pequena escala que fornecem eletricidade para vilas pequenas e remotas;
- Sistemas autônomos: consistem naqueles que fornecem eletricidade exclusivamente para unidades domésticas.

Sob a perspectiva dessa categorização, muitas das atuais políticas voltadas para o atendimento energético de regiões remotas na Amazônia, estão essencialmente concentradas no fortalecimento e manutenção dos sistemas de capital e interior em detrimento aos sistemas por minirrede e autônomos (IEMA, 2020).

Tão logo, perante as variadas dificuldades de ordem geográfica, logística e político-estratégica para universalizar o acesso à energia elétrica em regiões remotas da Amazônia, o uso de alternativas energéticas tem sido cada vez mais considerado pelas populações (ribeirinhas, indígenas, quilombolas, etc.) que vivem nessas localidades. Conforme identificou Gómez e Silveira (2015), muitas aldeias e comunidades ribeirinhas optaram ao longo dos anos pela instalação de usinas de pequena escala geralmente movidas a diesel (vide Figura 1). Essa opção energética é justificada pelo investimento inicial relativamente baixo em relação às demais opções e por ser uma tecnologia bem estabelecida. Por exemplo, ainda na primeira década desse século, um estudo estimou que apenas no estado do Amazonas existiam mais de 3 mil geradores movidos a diesel operando em regiões remotas (FIGUEIREDO, 2008).

**Figura 1** - Participação das fontes na geração de energia para atendimento dos sistemas isolados da Região Norte (MWh).



Fonte: adaptado de IEMA (2020)

Contudo, sabe-se hoje que o uso de motogeradores (popularmente conhecidos como “motores de luz”) não é sustentável sob o ponto de vista ecológico (poluição resultante da queima de combustível fóssil) e econômico (elevados custos com manutenção e compra de combustíveis). Por exemplo, Mendonça et al. (2006) avaliam que, em regiões ribeirinhas atendidas por essa alternativa energética, boa parte da renda das famílias é destinada à manutenção dos motogeradores.

### 2.1.2 A energia solar como alternativa energética

Desde a descoberta em 1839 do efeito fotovoltaico pelo cientista francês Edmond Becquerel, muitos avanços científicos relativos à tecnologia fotovoltaica foram alcançados (BARRETO et al., 2008). Com aplicações iniciais no setor aeroespacial e militar, o mercado de sistemas PV tem crescido rapidamente, em especial, diante da demanda energética mundial provocada pelo crescimento populacional e desenvolvimento técnico-industrial das sociedades.

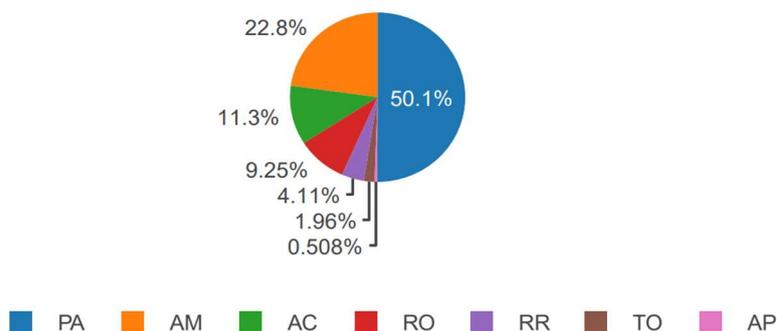
Essa crescente demanda energética tem promovido mudanças nas políticas estratégicas dos países em relação à diversificação das suas matrizes energéticas, cuja atual preponderância do consumo de combustíveis fósseis tem sido questionada, não apenas por ser um recurso esgotável, mas também pelas preocupações ambientais. Mocelin (2014) acentua que o aumento da emissão de gases de efeito estufa e da poluição do ar (que causam danos à qualidade de vida, associado ao aumento de doenças respiratórias e gastos públicos com saúde) são alguns dos fatores que contribuíram para a busca por alternativas energéticas baseadas em fontes menos agressivas e menos poluentes.

Imerso nesse cenário, a energia solar fotovoltaica figura como uma das mais promissoras entre as alternativas por não emitir poluentes no processo de geração e por ser uma fonte praticamente inesgotável e acessível em todas as regiões do mundo. Ademais, avalia-se que a cadeia produtiva dos módulos PV tem baixo impacto ambiental, visto que o descarte apropriado dos rejeitos químicos decorrentes de sua produção evita efeitos negativos. Outro aspecto a ser considerado é que as emissões de gases de efeito estufa resultantes do processo de fabricação destes módulos são baixas em comparação com as demais. A Tabela 1 sumariza as principais vantagens e desvantagens da tecnologia solar fotovoltaica baseado no estudo de Gómez, Telles e Silveira (2015).

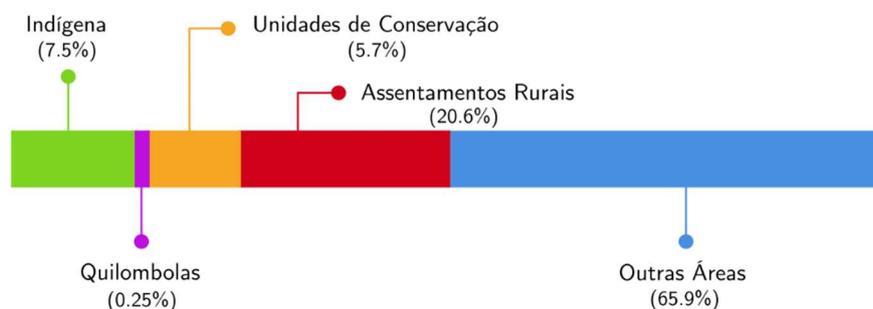
**Tabela 1** - Vantagens e desvantagens dos sistemas PV.

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Tecnologia bem estabelecida	Níveis de eficiência que variam entre 12 e 20%
Geração de energia com emissões nulas de CO <sub>2</sub>	Sujeito à intermitência
Opera sem ruído	Impacto visual
Instalação fácil	Ocupação de terras
Baixa manutenção	Emissões de CO <sub>2</sub> durante a fabricação das placas
Em torno de 25 de durabilidade	Necessidade de conversão das correntes
Compatibilidade do poco de geração e demanda	Requer inversores e baterias de armazenamento

**Fonte:** adaptado de Gómez, Telles e Silveira (2015)

**Figura 2** - Percentual da população sem acesso à energia elétrica na Amazônia distribuído por estado.

Fonte: adaptado de IEMA (2018)

**Figura 3** - População remota na região norte por categoria.

Os mais recentes estudos orientam que o atendimento dessas regiões deve ser através de sistemas de pequeno porte, com geração descentralizada, como os arranjos fotovoltaicos. Na prática, há basicamente duas categorias de arranjo de equipamentos de pequeno porte empregados para fornecer eletricidade a regiões remotas: sistemas individuais de geração de energia elétrica (SIGFIs) e os microssistemas isolados de geração e distribuição de energia elétrica (MIGDIs). Independentemente da categoria de sistema (SIGFI ou MIGDI), as tecnologias renováveis devem ser priorizadas desde que seja comprovada sua viabilidade econômica. Conforme pontuam Bassani e Ferreira (2017):

A priorização das tecnologias renováveis, como a solar fotovoltaica, é um sinal positivo, na medida em que esta fornece modularidade, simplicidade, baixos custos de manutenção e benefícios ambientais. Porém, é preciso tomar cuidado com alguns fatores que podem dificultar ou mesmo inviabilizar os empreendimentos a longo prazo.

Atualmente, mesmo com a hegemonia de motogeradores nas regiões amazônicas, o uso de sistemas PV, especialmente os sistemas fotovoltaicos isolados (SFIs) tem se difundindo em muitas comunidades (FONTINELLE, 2017). A literatura atual tem evidenciado a pluralidade de experiências das comunidades com a implantação de sistemas PV na região amazônica, indicando que muitos desses foram implantados através de parcerias das comunidades (cooperativas e associações co-

munitárias) com ONGs (organizações não governamentais), movimentos sociais, instituições de ensino e pesquisa e agentes governamentais. Outra característica imediata é que parte desses sistemas são instalados visando não somente a geração de energia elétrica para iluminação e funcionamento de equipamentos domésticos, mas também para viabilizar a geração de renda local através de variadas atividades econômicas como agricultura familiar, pesca e beneficiamento alimentício.

### 3 METODOLOGIA

Nesta seção, apresenta-se os aspectos metodológicos relativos ao dimensionamento e implantação de um sistema fotovoltaico *off-grid* em uma comunidade remota da Amazônia.

#### 3.1 Local de implantação do sistema PV

A implantação do sistema PV foi realizada nas dependências da comunidade Água Boa, situada em ecossistema de terra firme do município Terra Santa no estado do Pará, nas coordenadas 1°58'28.9''S e 56°29'18.4''W, entre a rodovia PA-441 e o Igarapé Urupuanã. A Figura 4 mostra como o acesso à localidade apresenta as dificuldades de logística e infraestrutura (relatadas nas seções anteriores) que inibem a eletrificação rural da região a partir dos centros urbanos.

**Figura 4** - Dificuldades no acesso à comunidade Água Boa.



Fonte: Autores (2021)

#### 3.2 Dimensionamento do sistema PV

Para o dimensionamento adequado do sistema PV *off-grid*, realizou-se inicialmente um levantamento das cargas demandadas. A estimativa do consumo energético médio ( $P_m$ ) foi alcançada usando a eq. 1, onde  $f_{ac}$  é o fator de acréscimo e  $P_i$  e  $t_{u_i}$  correspondem à potência e ao uso diário do equipamento  $i$ , respectivamente. Na Tabela 2 estão dispostas as informações dos tipos e quantidades dos equipamentos com suas respectivas potências nominais.

Tabela 2 - Estimativa do consumo médio.

Equipamentos	Quantidade	Potência/Unidade (W)	Uso diário (h)
Bomba d'água	1	736	1
Geladeira	4	90	10
Lâmpada	20	12	7
Televisão	4	90	4
Consumo total			≈ 9083 Wh/Dia

De posse da estimativa do consumo energético médio ( $P_m$ ), calculou-se a potência média ( $P_{mod}$ ) para os módulos solares aplicando a eq. (2), na qual,  $I_{rr}$  refere-se à irradiância média (unidade de potência disponível por área), onde o valor de 4,76 é obtido através do portal CRESESB (CRESESB, 2021).

$$P_{mod} = \frac{P_m}{I_{rr}} \approx 1908,2 \text{ W} \quad (2)$$

Com efeito, com os resultados obtidos mediante aplicações das eqs. (1) e (2), tornou-se viável estimar a geração elétrica diária e a quantidade mínima de painéis fotovoltaicos para atender a demanda energética. O cálculo da geração elétrica diária ( $G_d$ ) foi obtido usando a eq. (3), na qual,  $P_{nm}$  é a potência nominal do painel (W) e  $P_p$  indica o percentual das perdas envolvidas (perdas térmicas, etc.). Em específico, empregou-se  $P_p = 24\%$  e  $P_{nm} = 340 \text{ W}$ .

$$G_d = I_{rr} P_{nm} (1 - P_p) \approx 1230 \text{ Wh/dia} \quad (3)$$

Já em relação à quantidade mínima de módulos fotovoltaicos ( $N_m$ ), aplicou-se a eq. (4) cujo resultado indicou a necessidade de no mínimo 8 módulos para atender o consumo elétrico diário da comunidade.

$$N_m = \frac{P_m}{G_d} > 7,38 \quad (4)$$

Uma vez dimensionada a quantidade de módulos necessários, a etapa posterior dedicou-se ao dimensionamento do controlador de carga – dispositivo que atua promovendo a conexão correta entre o(s) módulo(s) fotovoltaicos e o banco de baterias, evitando que este último seja sobrecarregado ou descarregado excessivamente –. Para este propósito, calculou-se *a priori* a corrente elétrica mínima ( $I_c$ ) que circula no controlador, que por sua vez, está relacionada à potência de entrada e a tensão da bateria ( $V_b$ ) conforme expresso na eq. (5), onde  $V_b = 12\text{V}$ . Ademais, para o cálculo da potência do controlador de carga ( $P_c$ ), aplicou-se a eq. (6).

$$I_c = \frac{\sum_i P_i t_{u_i}}{V_b} = 77,3 \text{ A} \quad (5)$$

$$P_c = P_{nm} N_m = 2.72 \text{ KW} \quad (6)$$

No que concerne à estimativa da capacidade do banco de baterias, empregou-se a eq. (7) em que  $P_{prof}$  é a profundidade de descarga (um percentual limite de carga retirada da bateria numa determinada descarga de modo a garantir uma vida útil satisfatória do equipamento). No projeto, usou-se **70%** como profundidade de descarga.

$$C_{bb} = \frac{P_m}{V_b P_{prof}} \approx 1081 \text{ Ah} \quad (7)$$

Em última análise, o cálculo da quantidade  $N_b$  de baterias para alcançar capacidade  $C_{bb}$  respeitou-se a eq. (8) que relaciona a capacidade  $C_{bb}$  e a capacidade individual da bateria  $C_b$ .

$$N_b = \frac{C_{bb}}{C_b} \approx 4,9 \quad (8)$$

Menciona-se ainda que no referido projeto, utilizou-se um inversor híbrido para um sistema com autonomia de 1 dia sem irradiação – o inversor atua convertendo a eletricidade de tensão e corrente contínua (CC) em tensão e corrente alternada (CA) –. A Tabela 3 sumariza as características do sistema PV dimensionado.

**Tabela 3** - Características do dimensionamento do sistema PV.

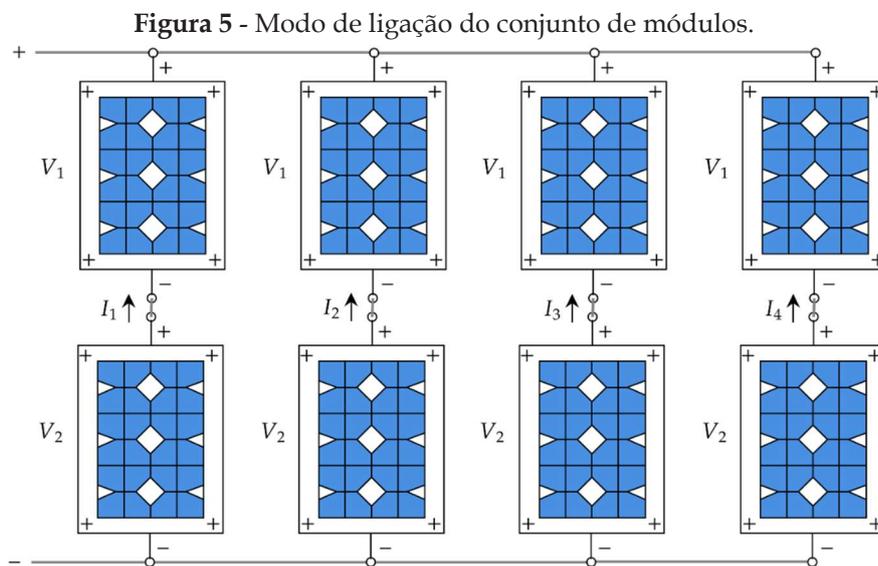
Variável	Quantidade	Valor	Unidade (SI)
Consumo energético médio ( $P_m$ )	–	9083	Wh
Geração elétrica ( $G_d$ )	–	1230	Wh
Quantidade de módulos ( $N_m$ )	8	–	–
Potência do controlador de carga ( $P_c$ )	1	2.72	KW
Capacidade do banco de baterias ( $C_{bb}$ )	1	1081	Ah
Inversor híbrido	1	3	KW
Quantidade de baterias ( $N_b$ )	4	–	–

Fonte: Autores (2021)

### 3.3 Arranjos dos painéis solares e do banco de baterias e lista de materiais

Uma vez realizado o dimensionamento descrito na seção anterior, o estágio posterior do projeto consistiu na escolha dos arranjos tanto para os painéis solares quanto para as baterias do sistema.

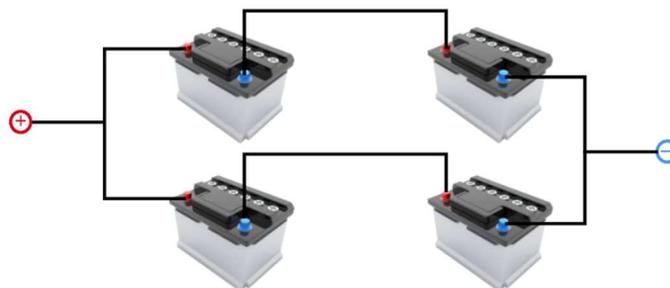
Especificamente no caso dos painéis, optou-se pelo arranjo ilustrado na Figura 5 que consiste em conexões em série e paralelo, onde os oito painéis estão distribuídos igualmente em duas fileiras. Em detalhe, quando os painéis são conectados em série, a tensão de saída  $V$  é a soma da tensão fornecida por cada um dos painéis, enquanto a corrente  $I$ , que circula no conjunto, é a mesma nos painéis; no caso de um arranjo em paralelo, a tensão de saída do conjunto é a mesma tensão fornecida por um painel individual e a corrente fornecida pelo conjunto é a soma das correntes dos módulos do respectivo conjunto. Enfatiza-se que o arranjo da Figura 5 aproximadamente duplica a tensão de um painel individual ( $V = \sum_{i=1}^2 V_i$ ) e quadruplica a corrente ( $I = \sum_{i=1}^4 I_i$ ), elevando assim potência do sistema.



Fonte: Autores (2021)

Em relação ao banco de baterias, optou-se pelo esquema de conexão (série e paralelo) ilustrado na Figura 6 cujo arranjo aumenta a tensão (esquema em série) e a corrente de saída (esquema em paralelo), elevando consequentemente a capacidade de armazenamento do banco de baterias.

**Figura 6 - Modo de conexão em série do banco de baterias.**



Fonte: Autores (2021)

Finalizadas as etapas de dimensionamento e o projeto das conexões dos painéis e do banco de baterias, selecionou-se os materiais elencados na Tabela 4 para a instalação do sistema PV. A *string box* listada na referida tabela consiste no equipamento que isola o sistema de geração com o objetivo de evitar o risco de propagação de acidentes elétricos como curtos-circuitos e surtos elétricos.

**Tabela 4** - Lista de materiais para o sistema PV.

Item	Descrição	Quantidade
Bateria estacionária chumbo estanho	12MS234	4
Conector p/cabo MC4 par FM/MC 1 via 1.5kV 45 A	Conector simples	3
Conector p/cabo MC4 par FM/MC 1 via 1.5kV 45 A	Conector p/ ligação paralela	3
Controlador de carga PPT 60 A - 12/24/36/48 Vcc	ECM 6048	3
Inversor 12Vcc/127Vca com potência acima de 1696W onda senoidal pura	–	1
Módulo fotovoltaico 72 células 340W	EMSJ 340P	8
String box com 2 entradas e 1 saída		1

Fonte: Autores (2021)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a execução dos procedimentos metodológicos, realizou-se a instalação do sistema PV na referida comunidade, seguindo estritamente a NBR 5410 que normativa as instalações elétricas para baixa tensão (ABNT, 2004). A Figura 7 apresenta os painéis solares do sistema PV devidamente instalados fazendo uso da infraestrutura pré-existente.

**Figura 7** - Painéis solares instalados.



Fonte: Autores (2021)

Por sua vez, a Figura 8 apresenta os demais componentes do sistema PV previamente elencados na Tabela 4 para atender apropriadamente a demanda energética da comunidade.

Figura 8 - Controlador de carga, inversor e banco de baterias do sistema instalado.



Fonte: Autores (2021)

#### 4.1 Etapas para o dimensionamento de um projeto de um sistema PV

Apesar do projeto de sistema de geração fotovoltaica *off-grid* proposto neste artigo tenha características específicas, sumariza-se a seguir as principais etapas para o dimensionamento de um sistema dessa natureza, a saber:

- Estimativa do consumo elétrico: etapa na qual são realizados os cálculos do consumo médio diário do imóvel/localidade. No caso de uma casa, por exemplo, isso pode ser feito relacionando a quantidade de equipamentos e as cargas que eles demandam diariamente;
- Dimensionamento dos painéis: calcula-se a quantidade de painéis necessários para atender a demanda elétrica previamente estimada. Na prática, também é necessário considerar a tecnologia do painel visto que ela varia em eficiência. Ademais, como a incidência solar na região da instalação afeta a capacidade de produção do sistema, esta variável também deve ser examinada;
- Dimensionamento do controlador de carga: sendo vital para sistemas *off-grid* ou híbridos, este dispositivo precisa ser corretamente dimensionado observando a tensão dos painéis e a corrente resultante do seu funcionamento. No caso em que a corrente total é mais elevada que a capacidade do controlador disponível, usualmente distribui-se a potência em diversos barramentos;
- Dimensionamento das baterias (banco): para a estimativa da capacidade das baterias basta considerar a corrente produzida pelos painéis (ou mesmo a carga demanda pelo sistema) e as horas de insolação. Reforça-se que quanto maior a capacidade das baterias, maior a autonomia dos sistemas;
- Dimensionamento do inversor: devem ser selecionados entre os modificados e puros, de forma que a potência do inversor precisa ser mais elevada do que o consumo de todos os equipamentos somados;
- Elaboração de um orçamento conforme os itens necessários, priorizando um equilíbrio entre qualidade e custo;
- Elaboração do projeto elétrico e a instalação de todos os equipamentos do sistema PV seguindo às normatizações técnicas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No referido artigo, abordou-se o cenário da crescente adesão dos sistemas isolados de geração elétrica em regiões remotas da Amazônia, entronizando a importância da geração descentralizada, em especial, àquela baseada em sistemas fotovoltaicos. Nesse panorama, apresentou-se detalhadamente o dimensionamento de um sistema fotovoltaico para a comunidade Água Boa, situada no interior do estado paraense. Em última análise, desenvolveu-se um roteiro de dimensionamento para os sistemas PV *off-grid* que pode ser contemplado para outros projetos de sistemas PV em demais localidades.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

ANDRADE, C. S.; ROSA, L. P.; SILVA, N. Generation of electric energy in isolated rural communities in the amazon region a proposal for the autonomy and sustainability of the local populations. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 493–503, 2011.

ARAÚJO, C. F. **Eletrificação rural em comunidades isoladas da Amazônia**: introdução da energia solar fotovoltaica na reserva extrativista do rio Unini, AM. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

BARRETO, E. J. *et al.* **Tecnologias de energias renováveis**: soluções energéticas para a Amazônia. Brasília: MME, 2008.

BASSANI, M. L.; FERREIRA, L. V. The energy access in rural or isolated areas in Brazil: a viability review. In: BRANT, L. N. C. (org.). **Sustainable development and energy matrix in Latin America**: the universal clean energy accessibility. Belo Horizonte: Cedin/KAS, 2017, p. 353–379.

CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA. **Potencial solar – SunData v 3.0**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>. Acesso em: 05 set. 2021.

DI LASCIO, M. A.; BARRETO, E. J. F. **Energia e Desenvolvimento Sustentável para a Amazônia Rural Brasileira**: Eletrificação em comunidades isoladas. Brasília: MME, 2009.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano decenal de expansão de energia 2026**. Brasília: MME, 2017.

FIGUEIREDO, M. G. P. **Obstáculos e oportunidades para uma política de geração de energia com fontes alternativas**: o programa de universalização e os sistemas

isolados. 194f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) – Universidade Salvador, Salvador, 2008.

FONTINELLE, C. G. *et al.* Technical and economic viability analysis in the implantation of solar energy in the community called “Catalan Floating City”, located in the municipality of Iranduba-AM. **Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications**, v. 3, ed. 9, p. 163–172, 2017.

GÓMEZ, M. F.; SILVEIRA, S. Delivering off-grid electricity systems in the Brazilian Amazon. **Energy for Sustainable Development**, v. 16, n.2, p. 155–167, 2012.

GÓMEZ, M. F.; TÉLLEZ, A.; SILVEIRA, A. Exploring the effect of subsidies on small scale renewable energy solutions in the Brazilian Amazon. **Renewable Energy**, v. 83, p. 1200–1214, 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente. **Acesso aos serviços de energia elétrica nas comunidades isoladas da Amazônia: mapeamento jurídico-institucional**. São Paulo: IEMA, 2018.

IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente. **Exclusão elétrica na Amazônia Legal: quem ainda está sem acesso à energia elétrica?** São Paulo: IEMA, 2020.

MENDONÇA, M. A. F. *et al.* Energização rural comunitária: experiências com sistemas fotovoltaicos. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 10, p. 39–46, 2006.

MOCELIN, A. R. **Qualificação Profissional e Capacitação Laboratorial em Sistemas Fotovoltaicos**. 299f. Tese (Doutorado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SÁNCHEZ, A. S.; TORRES, E. A.; KALID, R. A. Renewable energy generation for the rural electrification of isolated communities in the amazon region. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 278–290, 2015.

VAN ELS, R. H.; VIANNA, J. N. S.; JÚNIOR BRASIL, A. C. P. The Brazilian experience of rural electrification in the amazon with decentralized generation – the need to change the paradigm from electrification to development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, p. 1450–1461, 2012.



## CAPÍTULO 9

---

# DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO INTELIGENTE

*DEVELOPING AN INTELLIGENT IRRIGATION SYSTEM*

Denys Santos Silva<sup>1</sup>  
Francicleo Dias Nogueira<sup>2</sup>  
Levi Ribeiro Ficagna<sup>3</sup>  
Márlison Santos de Sá<sup>4</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.9

---

<sup>1</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0003-0662-1994>, [sined-itb@hotmail.com](mailto:sined-itb@hotmail.com)  
<sup>2</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-7734-8863>, [francicleodnogueira@yahoo.com.br](mailto:francicleodnogueira@yahoo.com.br)  
<sup>3</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-5375-3274>, [levificagna@live.com](mailto:levificagna@live.com)  
<sup>4</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>, [270102987@prof.unama.br](mailto:270102987@prof.unama.br)

## RESUMO

**A**tualmente a implantação de sistemas de irrigação inteligentes tem se tornado uma necessidade comum no manejo de diversas culturas agrícolas. Com o uso de tecnologias avançadas, a produção apresenta melhorias no que tange a quantidade e a qualidade, otimizando processos, diminuindo custos, reduzindo perdas e desperdícios. Com a utilização de sistemas de irrigação automatizadas é possível ter um controle em relação aos horários, frequência, e quantidade de água utilizada sem a dependência direta da chuva. Nessa perspectiva o presente trabalho teve por objetivo desenvolver um protótipo de um sistema de irrigação inteligente. Desenvolvido a partir de sensores e controlador de baixo custo o sistema se mostrou viável economicamente e operou com êxito nos testes, mostrando-se promissor para aplicações posteriores.

**Palavras-chave:** Sistema de irrigação. Irrigação automatizada. Automação de processos.

## ABSTRACT

Currently, the implementation of intelligent irrigation systems has become a common need in the management of various agricultural crops. With the use of advanced technologies, production presents improvements in terms of quantity and quality, optimizing processes, reducing costs, and reducing losses and waste. With the use of automated irrigation systems, it is possible to have control over times, frequency, and amount of water used without direct dependence on rain. In this perspective, the present work aimed to develop a prototype of an intelligent irrigation system. Developed from low cost sensors and controller, the system proved to be economically viable and operated successfully in tests, showing promise for future applications.

**Keywords:** Irrigation system. Automated irrigation. Process automation.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento tecnológico houve um impacto relevante em todos os processos já realizados no setor agrícola, para que os agricultores conseguissem alcançar esse avanço, houve investimento a fim de melhorar a qualidade e também a produtividade em suas lavouras, E com as inovações que surgiram nos meios de irrigação que também exercem um grande papel no meio agrícola, surgem sistemas capazes de atender a requisitos como o aumento da produção, Os avanços constantes trouxeram o uso de sistemas integrados ao plantio e a colheita.

Segundo Ferreira (2006) a irrigação pode aumentar a viabilidade financeira e econômica dos impedimentos agrícolas ou proporcionar esta viabilidade possibilitando a expansão da fronteira agrícola e a permanência do homem em meio a climas secos como semiárido brasileiro “são inúmeros os benefícios proporcionados pela irrigação, é um fato que a irrigação contribui para o desenvolvimento social e econômico dos países sendo assim deve ser conduzida de forma eficiente e sustentável”.

Com o decorrer dos anos, inúmeras novidades chegaram ao setor agrícola, a utilização de recursos tecnológicos passou a ser uma necessidade do setor, tornando quem não acompanha essa evolução facilmente descartável do mercado, a irrigação ajuda a reduzir desperdícios colaborando com culturas que possuem incertezas quanto sua produtividade que é necessariamente dependente da chuva.

Com o propósito de otimizar o tempo nas atividades que o agricultor executa, aumentar e melhorar sua produtividade e rendimento, minimizar seu deslocamento à área de cultivo e inserir, principalmente, o produtor ao meio tecnológico, o projeto visa a implementação de um sistema de irrigação automatizado utilizando um microcontrolador interligado com circuito eletrônico para receber informações do ambiente através de sensores e monitorar em tempo real os dados obtidos com o intuito de otimizar a adaptação às alterações ambientais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Métodos e Sistemas de Irrigação

A irrigação é uma técnica que consiste em na utilização de equipamentos e técnicas capazes de suprir a falta total ou parcial de água, fazendo de uma forma artificial com que determinada quantidade de água chegue a áreas específicas e no momento ideal para haver humidade no solo, fazendo com que haja o desenvolvimento das culturas, essas técnicas são necessárias devido muitas vezes haver dependência da chuva, e com sua escassez e baixa disponibilidade de água surgiu então a adoção de técnicas para a irrigação, como a utilização de métodos ou técnicas (BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS, 2021).

#### 2.1.1 Irrigação por superfície

Neste método a água é aplicada diretamente a superfície do solo que deverá ser irrigada, a distribuição da água se dá a partir da gravidade. É uma das técnicas que apresenta o menor custo de implantação, é mais indicado para solos que possuam textura fina a média, essa técnica é dependente das condições topográficas,

dependendo do caso, deverá ser nivelado, além de não ser recomendado para solos excessivamente permeáveis, havendo baixa eficiência se mal planejado (TEIXEIRA, 2017)

### 2.1.1.1 Sistema em nível

A planificação da superfície deve ter menos de 0,1% de declive, já que esse é um fator que pode afetar a taxa de escoamento, bem como a rugosidade da superfície. Também se sabe que essa taxa de escoamento depende muito das diferenças quantitativas entre a vazão de entrada e a de infiltração que se acumulou (FRIZZONE, 2017). O sistema em nível possui três tipos:

**Quadro 1** - Três tipos de sistema em nível.

<b>TABULEIRO EM NÍVEL</b>	<b>FAIXA EM CONTORNO</b>	<b>SULCOS EM CONTORNO</b>
Consiste numa área plana, retangular ou quadrada, protegida por camalhões (porção de terra elevada entre dois sulcos onde são colocadas as sementes para germinação). É usado no cultivo do arroz.	São tabuleiros planos ou faixas com declive muito pequeno na direção longitudinal. Muito usado em pastagens.	Similar às bacias em contorno, exceto pela presença de sulcos entre as linhas de cultivo. Os sulcos são em nível ou com declividade muito pequena. Usado em culturas diversas.

**Fonte:** Boas práticas agronômicas (2021).

a) Também chamado de irrigação por inundação, é feito de forma onde se aplica água sobre toda a área de cultivo e assim ela se acumula na superfície de todo solo. Podem ocorrer três situações, a água se filtrar com o tempo por movimentação na área, pode permanecer acumulada ou represada na superfície. Esse tipo pode ser feito em culturas não tolerantes à saturação de suas raízes, porém de forma temporária (TESTEZLAF, 2017).

b) A irrigação por faixas, resumindo trata-se da inundação total utilizando água na superfície de um solo, deixando o tempo suficiente para que essa inundação seja aplicada na quantidade correta. Ocorre da seguinte forma: sendo delimitadas por diques em paralelo, serão feitas faixas que podem ser construídas em nível ou como gradiente longitudinal e a declividade transversal tem que ser nula. Para que esse sistema funcione de forma eficiente ele depende da qualidade do sistema sobre o terreno. Este exige que as vazões sejam relativamente grandes para que se

adapte melhor ao solo e a textura média dele, também meu ser utilizado em solos argilosos com solos de sistema radicular um pouco mais profundas.

c) Na irrigação por sulcos, em relação aos demais sistemas de irrigação por superfície, a vazão aplicada por unidade de largura pode ser reduzida substancialmente e há maior tolerância às condições topográficas adversas. A menor área molhada possibilita a redução das perdas de água por evaporação em culturas com maior espaçamento. Por exemplo, em pomares, a irrigação por sulcos pode ser considerada como uma forma de irrigação localizada (SCALOPPI, 1986), pois é possível molhar somente uma fração da superfície do terreno (30 a 80%).

### 2.1.1.2 Sistema em declive

São sistemas com inclinação na superfície em uma das direções, variando de 0,1% até no máximo, 15%. São cinco os sistemas em declive:

**Quadro 2** - Cinco sistemas em declive.

FAIXAS EM DECLIVE	CANAIS EM CONTORNO	SULCOS EM DECLIVE	CORRUGAÇÃO	SULCOS EM CONTORNO
Semelhante à bacia em contorno, exceto pela declividade na direção do fluxo.	São canais (drenos) abertos em contorno em áreas já plantadas com pastagem ou grama.	Sulcos são abertos entre fileiras de plantas. São utilizados em áreas planas e retangulares.	Pequenos sulcos com declividade na direção do fluxo de água, empregados em culturas semeadas a lanço ou com pequeno espaçamento.	Sulcos que acompanham o contorno do terreno.

**Fonte:** Boas práticas agrônômicas (2021).

De acordo com Frizzone (2017, p. 20), O parâmetro declive juntamente a direção e gradiente definem a uniformidade topográfica, espera-se que todos os tipos de sistemas de irrigação se adaptem a condição topográfica uniforme da superfície do terreno. Pois como cita o mesmo autor:

“Pequena uniformidade topográfica limita a utilização de sistemas de irrigação por superfície, entretanto os sistemas de aspersão e microirrigação toleram menor uniformidade topográfica. Evidentemente que a baixa uniformidade pode ser corrigida pelo processo de sistematização, contudo é necessário considerar os custos da operação além da possibilidade de comprometimento da qualidade do solo para a agricultura.” (FRIZZONE, 2017, P. 20).

### 2.1.2 Irrigação por aspersão

Esse tipo de irrigação é mais recomendado para solos com alta permeabilidade e de baixa disponibilidade de água. É aspergido água para o ar, o que permite que através da resistência aerodinâmica essa água aspergida se transforme em gotas que caem sobre o solo. A irrigação por aspersão é um método que caracteriza-se por fazer a distribuição da água em forma de chuva. Isso faz com que a água seja aplicada em alta quantidade e de maneira uniforme sobre o solo da área abrangida pelo dispositivo aspersor (STONE, 2011a). Normalmente faz uso de bombas que aumentam a pressão de saída da água

- Fácil adaptação aos diversos tipos de solo, culturas e topografia;
- Mais eficiente que o método da irrigação por superfície;
- Possibilidade de automatização;
- As tubulações podem ser desmontadas e removidas da área, facilitando o preparo do solo.

Suas limitações contam com os custos de instalação e operação, que podem ser elevados em comparação ao método por superfície e o vento e a umidade que podem influenciar o método.

#### 2.1.2.1 Sistema autopropelido

. Nesse sistema, um minicanhão é montado em um carrinho que deve se desloca ao longo da área que será irrigada. “O autopropelido é um aspersor do tipo canhão, montado sobre um sistema mecânico dotado de rodas. É rebocado por um trator, a uma determinada distância, e depois recolhido por meio de um carretel enrolador acionado por um mecanismo hidráulico”. (BISCARO, 2009, p. 56)

Esse carrinho é conectado a hidrantes por meio de uma mangueira. A propulsão do carrinho é feita pela água. Porém esse é um sistema que consome muita energia e por produzir gotas de água grande demais, pode acabar prejudicando algumas culturas. Se sabe que esse sistema é mais usado em irrigação da cana-de-açúcar e pastagem, por exemplo.

#### 2.1.2.2 Sistema pivô central

Muito utilizado em grandes lavouras, esse sistema ajuda a cobrir uma área extensa de até 117 hectares. O sistema de pivô central funciona como se fosse uma grande dobradiça de três partes como se fossem braços conectadas entre si por juntas flexíveis. Esses braços são sustentados por torres com forma de “A” que se movi-

mentam de forma independente, que têm rodas na base. São gastos em média cerca de 300 mil litros de água por hora.

O suprimento de água à linha lateral, contendo os aspersores, é realizado através do ponto central da área circular irrigada, tornando o sistema muito apropriado à presença de um poço artesiano nesse local. Caso contrário, a água deve ser conduzida sob pressão através de uma tubulação adutora, até o ponto do pivô. O sistema pivô central pode ser fixo ou rebocável (FRIZZONE, 2017, P.5).

As maiores vantagens do pivô central são, a dispensa do preparo do terreno, pois sua aplicação possui alta eficiência, também é fácil aplicar fertilizantes e defensivos usando esse sistema, já que possui controle total da lâmina de irrigação. Sabe-se também que pode ser totalmente automatizado, ou seja, possui baixo custo em mão de obra.

São cerca de 20 mil pivôs centrais que irrigam uma área de 1,275 milhão de hectares no Brasil. Em um levantamento da Embrapa e da Agência Nacional de Águas (ANA), entre 2006 e 2014 o uso de pivôs centrais no Brasil cresceu 43%. Maior parte desse uso, ou 80% da área irrigada por pivôs centrais, concentra-se em quatro estados: Minas Gerais, Goiás, Bahia e São Paulo.

### *2.1.3 Irrigação localizada*

No método da irrigação localizada a distribuição da água acontece através do solo. As características físicas e estrutura do solo vão definir quantos e quais emissores serão necessários para a aplicação uniforme de cada planta, a água é aplicada em partes da área ocupada pelas raízes das plantas, formando uma faixa úmida. Os emissores estão entre: pontuais (gotejadores), lineares (tubo poroso ou “tripa”) ou superficiais (microaspersores).

“Nos sistemas de irrigação localizada a água é distribuída por uma rede de tubos, sob baixa pressão, os emissores são fixos na tubulação aparelhados na superfície do solo ou enterradas, acompanhando as linhas de plantio” (PRÁ, 2009). Sendo ideal para atuar em solos mais densos com baixa capacidade de infiltração, pois a água pode ser aplicada em fluxo baixo para que o solo a absorva, e dessa forma pode se reduzir ou eliminar o escoamento superficial.

Este sistema inicialmente pode ser de custo elevado, por isso recomenda-se seu uso em culturas de alto valor econômico. Uma de suas principais características é ter elevado grau de automação, ou seja, dispensa muita mão-de-obra na operação. Os principais sistemas de irrigação localizada são: gotejamento e microaspersão.

**Quadro 3** - Principais sistemas de irrigação localizada.

<b>GOTEJAMENTO</b>	<b>MICROASPERSÃO</b>
Mais exigente em filtragem	Menos exigente em filtragem
Não exige posição para funcionamento	Exige posição para funcionamento
Difícil localizar emissores entupidos	Fácil localizar emissores entupidos

Fonte: Gotejamento x Microaspersão (USP-ESALQ, 2013).

### 2.1.3.1 Sistema de gotejamento

O sistema por gotejamento se difundiu rapidamente para a Austrália, América do Norte e América do Sul. E então chegou ao Brasil, onde surgiu no início da década de 70, a aceitação sobre este foi bem lenta, em virtude da pouca divulgação do método de gotejamento, falta de técnicos habilitados, equipamentos importados (assistência técnica) e custos iniciais elevados (TETEZLAF, 2017). Nesse sistema, a água é aplicada na superfície do solo. Isso faz com que folhagem e tronco das plantas não fiquem molhadas.

A instalação dos gotejadores é feita sobre linha, na linha de uma extensão da linha, esta forma é conhecida por “tripa”. São dispostos vários gotejadores instalados uns próximos aos outros, junto da planta, proporcionando a quantidade correta de água que irá suprir a planta e umedecer a área onde está a superfície do solo. Vantagens do sistema de gotejamento são:

- » Baixo custo de mão-de-obra por ter sistema automatizado;
- » Baixo custo de energia, pois utiliza bombas de baixa vazão que consomem até 50% menos energia que os outros sistemas;
- » Poucas perdas por evaporação pois a água é aplicada diretamente na raiz;
- » Facilidade e eficiência na aplicação de fertilizantes e defensivos.

### 2.1.3.2 Sistema de microaspersão

O sistema de microaspersão resume-se em aplicar a água por meio de emissores rotativos ou fixos. Sendo de manutenção mais simples que o de sistema de gotejamento, ele permite que uma área grande seja umedecida e isso se torna uma vantagem para culturas de espaçamentos mais largos, plantadas em solos arenosos.

Também pode ser influenciado pelo vento e pelo efeito da evaporação direta da água do jato, especialmente em áreas muito secas. Em ambientes úmidos, pode colaborar para o desenvolvimento de doenças nas plantas.

#### 2.1.4 *Automatização de processos agrícolas*

O que se espera atualmente das políticas agrícolas é que estas estejam direcionadas ao aumento de produtividade, redução de custos de produção e melhorias na qualidade do produto final. Para que haja aumento de produtividade e redução de custos como se espera (TEIXEIRA MENDES, 2021) afirma que “somente será possível com o estabelecimento de um padrão de gerenciamento adequadamente qualificado nas unidades produtivas, bem como na adoção maciça de tecnologia e insumos capazes de tornar a exploração competitiva e rentável”.

Os métodos tradicionais de exploração precisam ser otimizados independentemente de impactos significativos que possam vir a ser causados por mudanças tecnológicas, é absolutamente indispensável que os recursos hoje disponíveis sejam convenientemente explorados, através da derrubada de barreiras culturais e mudanças na atitude do produtor tradicional. E novos sistemas de produção agrícola precisam ser incorporados. Produtos básicos, tais como trigo, milho, arroz, feijão, soja e algodão serão produzidos na medida em que exista mercado e preços compensadores, porém deve-se ressaltar que a enorme variação no rendimento dessas culturas afeta diretamente a rentabilidade da exploração. Atenção especial à comercialização precisa ser dada, de forma a otimizar os resultados obtidos.

A prioridade absoluta é a intensificação do uso racional dos recursos naturais e da mão de obra, tornando-os mais produtivos e capazes de remunerar adequadamente o produtor. Projetos agroindustriais, bem como explorações que visam suprir mercados consumidores na entressafra, no país ou no exterior, requerem elevado nível de profissionalização para serem bem sucedidos.

Produtos com maior valor comercial, tais como hortícolas nas regiões próximas aos mercados urbanos e frutíferas em regiões do semiárido, as quais se converteram em verdadeiros polos de exportação, igualmente precisam ser produzidos de acordo com elevados padrões profissionais de gerenciamento e planejamento, de forma a competir nos mercados exigentes a que se destinam. É importante ressaltar que a rentabilidade da irrigação é ditada por distintos fatores, destacando-se o nível de tecnologia utilizado, a intensidade do uso dos fatores de produção, o valor agregado do produto, o nível de formação e informação do produtor, a eficiência do uso da água e do solo, a distância dos mercados consumidores e a infraestrutura de distribuição existente.

No atual estágio do desenvolvimento tecnológico, todos os modelos de irrigação existentes cobrem adequadamente os custos de produção de produtos hortí-

colas de alto valor, porém os custos de produção dos produtos básicos tradicionais são cobertos apenas utilizando-se métodos de irrigação eficientes e criteriosamente dimensionados, além de um pacote tecnológico que garanta elevadas produtividades. Os investimentos em geral são elevados e não podem ser conduzidos com base em informações subjetivas e incompletas, é necessário o desenvolvimento de um verdadeiro sistema de informações gerenciais, que permita o adequado acompanhamento de todas as etapas da produção e comercialização.

Lembrando que o custo de desenvolvimento da terra atualmente é alto e deverá elevar-se continuamente, sendo, portanto, indispensável o bom manejo e a utilização racional dos insumos, a qualquer tempo e em qualquer situação, caso pretenda-se obter resultados compensadores.

É muito importante buscar-se constantemente os níveis máximos possíveis de produtividade, que variam de acordo com o estágio atual de desenvolvimento de um dado país ou região, dos recursos materiais disponíveis, da eficiência e eficácia da transferência de tecnologia ao produtor, sua capacidade gerencial, etc. O investimento que deve ser feito nas tecnologias tem que ser entendido como uma ferramenta para redução de custos, e a sua real viabilidade deve ser analisada caso a caso.

Alguns dos principais desenvolvimentos tecnológicos introduzidos recentemente na agricultura irrigada, tais como a quemigação (aplicação de fertilizantes, defensivos, inseticidas e herbicidas através dos sistemas de irrigação) e os recursos de automação (controladores, painéis programáveis e softwares para controle de motobomba, parcelas, filtragem, injeção de químicos, sensores diversos, etc), necessitam de suporte técnico adequado para a sua correta especificação, instalação, operação e manutenção.

Deve-se enfatizar a importância fundamental dos aspectos agronômicos, agrometeorológicos e edafológicos relacionados ao uso da automação, ou seja, de nada adianta a adoção desses recursos eletrônicos sem o conhecimento prévio e adequado dos parâmetros necessários ao controle eficiente da irrigação.

Finalmente, cabe ressaltar a importância de cada etapa do planejamento da implantação de um projeto de agricultura irrigada, somente a atenção absoluta a todos os detalhes conduzirá ao sucesso do empreendimento. Desde a concepção do projeto, o planejamento agronômico, a determinação dos parâmetros básicos para dimensionamento e especificação dos materiais, a análise detalhada e criteriosa da relação custo/ benefício das alternativas apresentadas, os estudos de mercado, a

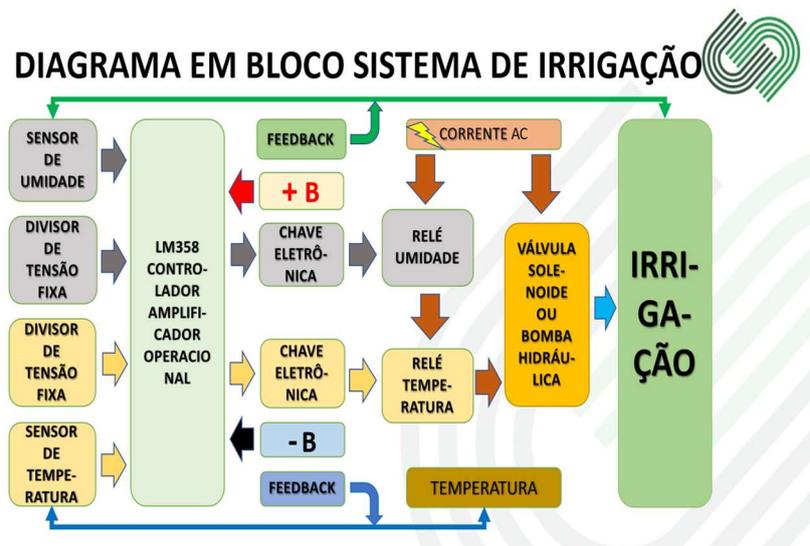
capacitação da mão de obra operacional e gerencial, a implantação de uma metodologia de acompanhamento dos resultados e eventuais correções de rumos, etc.

E desse modo pode-se encarar a agricultura irrigada como uma atividade altamente profissionalizada e competitiva, que em um futuro próximo se não amanhã será possível atingir o sucesso no cenário econômico e financeiro que hoje se apresenta.

### 3 METODOLOGIA

Foi desenvolvido um protótipo de um sistema de irrigação automatizado conduzido a partir da utilização de materiais e partes de alguns dispositivos que seriam descartados. O digrama metodológico de desenvolvimento está apresentado na figura 1.

Figura 1 - Diagrama Sistema de Irrigação.



Fonte: Autores (2021).

#### 3.1. Componentes Físicos

Serão apresentados a seguir os componentes utilizados para o desenvolvimento do sistema.

##### 3.1.1 Placa de um circuito impresso

O módulo relé (figura 2) é um interruptor eletromecânico que controla cargas AC ou DC (tensões altas) a partir de tensões menores. O funcionamento do relé se dá da seguinte forma: pequenas correntes são enviadas para uma bobina do relé gerando um campo magnético que atrai o contato do NF (normalmente fechado) para o NA (normalmente aberto) assim, o relé funciona como um interruptor. Há

inúmeras aplicações possíveis em comutação de contatos elétricos, servindo para ligar ou desligar dispositivos. Placa de um circuito impresso contendo um conjunto de três relés 12 volts, 127 VCA e 10 amperes de um nobreak de sucata.

**Figura 2** - Placa de um circuito impresso de sucata.

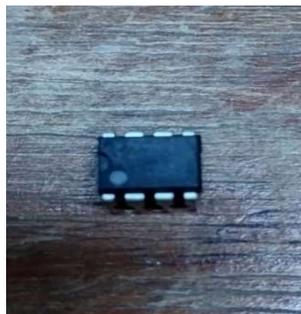


**Fonte:** Autores (2021).

### 3.1.2 Amplificador operacional

O LM358p (figura 3) consiste em dois amplificadores operacionais independentes de alto ganho com compensação de frequência interna, projetados especificamente para operar a partir de uma única fonte de alimentação em uma ampla faixa de tensões. A operação de fontes de alimentação duplas também é possível e o baixo dreno de corrente da fonte de alimentação é independente da magnitude da tensão da fonte de alimentação. O amplificador operacional foi usado como controlador de todo sistema.

**Figura 3** - LM 358p.



**Fonte:** Autores (2021).

### 3.1.3 Fonte de energia

A função da fonte (figura 4) é transformar a corrente alternada da tomada em corrente contínua (AC) já nas tensões corretas, usadas pelos componentes. Ela serve também como uma última linha de defesa contra picos de tensão e instabilidade na corrente, depois do nobreak ou estabilizador. A fonte 12 volts é utilizada para alimentar todo o sistema de controle inclusive os relés.

**Figura 4** - Fonte de energia.

Fonte: Autores (2021).

### 3.1.4 *Válvula Dupla Solenoide*

Uma das alternativas que se tem para montar o sistema de irrigação é usar um sistema com válvula com solenoide (figura 5) para o controle da água. Trata-se de um mecanismo eletrônico que sob tensão abre a válvula, deixando a passagem da água aberta; esse sistema, porém, precisa de pressão para trabalhar. É muito usado em projetos de irrigação localizada e automatizada, pois é aceito por várias plataformas de microcontroladores. O acionamento é feito através do microcontrolador. Manda-se um sinal para o acionamento do módulo relé, o contato do relé é mudado, assim acionando a carga na válvula solenoide (USINAINFO, 2017).

**Figura 5** - Válvula Dupla Solenoide 127 volts.

Fonte: Autores (2021).

### 3.1.5 *Cabo de força*

O cabo de força (figura 6) é o cabo que conecta a fonte de um aparelho eletrônico na tomada de energia, fazendo o aparelho ser ligado e funcionar corretamente.

**Figura 6** - Cabo de força retirado de um ventilador danificado.



Fonte: Autores (2021).

### 3.1.6 *Sensor de temperatura*

O sensor de umidade do solo (figura 7), ou higrômetro, é formado por duas partes. Uma é enterrada ao solo para verificar qual a quantidade de umidade. A outra transforma o sinal recebido do sensor enterrado ao solo para enviá-lo em forma de sinal analógico para o microcontrolador – entra em forma de sinal analógico pela porta analógica do microcontrolador para fazer um comando na parte da programação. Como resultado desse processo, os valores de referência do higrômetro (de 0 a 1024) são transformados em porcentagem que indicam a umidade do solo. (USINAINFO, 2017)

**Figura 7** - Sensor de temperatura feito de dois pedaços de fio de cobre.



Fonte: Autores (2021).

### 3.1.7 *Termistor do tipo NTC*

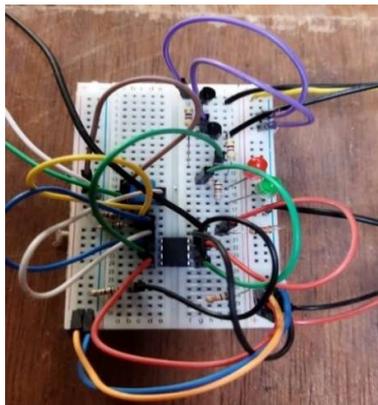
O termistor do tipo NTC (figura 8) de 10K $\Omega$  retirado de uma bateria danificada de notebook, tem como característica variar a variação de resistência proporcional à temperatura. Ele também pode ser definido como um dispositivo semiconductor e tem uma incrível sensibilidade à temperatura, quando ela está dentro dos seus valores limites.

**Figura 8** - Termistor do tipo NTC.

Fonte: Autores (2021).

### 3.1.8 Circuito eletrônico de comando

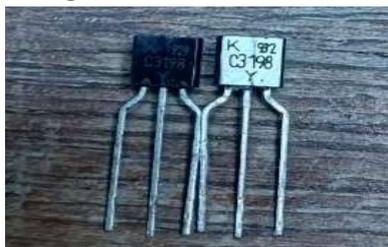
Também conhecida como matriz de contatos ou placa de prototipagem, a *protoboard* (figura 9) é uma placa que possui furos e conexões internas para montagem de circuitos, utilizada para testes com componentes eletrônicos. Sua maior vantagem de uso é que ele dispensa a necessidade de solda para conectar tais circuitos.

**Figura 9** - Protoboard.

Fonte: Autores (2021).

### 3.1.9 Transistor NPN

Transistores NPN – Negativo – Positivo - Negativo (figura 10), tem sinal negativo na sua saída, existem centenas de tensões de trabalho e aplicações para os transistores, mas em sua maioria eles trabalham de modo NPN.

**Figura 10** - Transistor NPN.

Fonte: Autores (2021).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

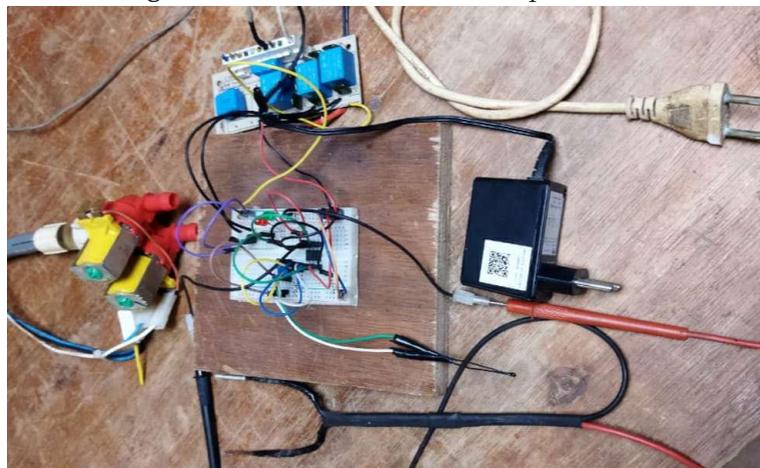
A partir do diagrama anterior foi desenvolvido o seguinte sistema de irrigação apresentado na figura 11.

O circuito integrado LM358 Amplificador Operacional duplo com alimentação única, foi capaz de controlar dois comandos simultaneamente, podendo com isso, manter o monitoramento conjunto de umidade e temperatura.

O sensor de umidade feito de fio de cobre foi o responsável por fazer a análise da necessidade de irrigação de modo que, quando a resistência do solo diminuía, por conta da diminuição da umidade, ocorria alteração na diferença de potencial elétrico de sua saída e um pulso era enviado pelo controlador para que a bomba fosse acionada.

Um termistor do tipo NTC de 10k $\Omega$  foi utilizado para identificar a temperatura ambiente através de sua curva exponencial na faixa dos 25 graus Celsius e um transistor de silício NPN foi utilizado para fazer o chaveamento dos relés quando solicitado pelo controlador.

**Figura 11** - Sistema de comando e periféricos.



**Fonte:** Autores (2021).

Uma fonte de energia 12 Volts foi utilizada para alimentar todo o sistema de controle inclusive os relés e a solenoide dupla responsável por regular a saída de água na saída.

O sistema operou dentro da normalidade, otimizando o uso do recurso água e propiciando uma irrigação inteligente. O uso de um controlador LM358 facilitou comunicação entre todos os componentes utilizados no protótipo, economizando tempo, mostrando-se um excelente custo benefício para essa aplicação.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento de um sistema de irrigação focado nas tecnologias do campo da eletrônica. O sistema se mostrou viável e para pequenas aplicações pode ser uma solução promissora.

Entretanto para redes mais complexas, onde múltiplos sensores atuam simultaneamente é salutar o uso plataformas microcontroladoras como arduino, *raspberrypi*, *beagle bone* e outras. Em pesquisas posteriores sugere-se a integração com tais plataformas.

## REFERÊNCIAS

AGROPÓS. Qual é o Papel da Tecnologia na Agricultura Brasileira? [S. l.], [2020]. Disponível em: <<https://agropos.com.br/tecnologia-na-agricultura-brasileira/>>. Acesso em: 2 abr. 2021.

BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS. Irrigação, uma prática que aumenta a produtividade no campo. [S. l.], [2021?]. Disponível em: <<https://boaspraticasagronicas.com.br/boas-praticas/irrigacao/>>. Acesso em: 2 abr. 2021.

BARBOSA, JOSÉ WILIAN. Sistema de irrigação automatizado utilizando plataforma arduino. Orientador: Prof. Dr. Osmar Aparecido Machado. 2013. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Bacharelado em Ciência da Computação) - Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, [S. l.], 2013.

CARLOS E. MORIMOTO. Fonte de alimentação. [S. l.], 30 jul 2007. Disponível em: <<https://www.hardware.com.br/termos/fonte-de-alimentacao/>>. Acesso em: 3 Abr. 2021.

FERNANDES, D. G.; PREUSS, E.; SILVA, T. L. Sistema Automatizado de Controle de Estufas para Cultivo de Hortaliças. 2017. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de Informação) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2017.

HENRIQUE MATTEDE. Sensor NTC – Características e funcionamento! Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/sensor-ntc-caracteristicas-funcionamento/>>. Acesso: 4 Abr. de 2021.

INAMASU, Ricardo. Automação pode tornar o processo de produção no campo mais eficiente. Portal Embrapa. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/olhares-para-2030/convergencia-tecnologica-e-de-conhecimentos-na-agricultura/-/asset\\_publisher/SNN1QE9zUPS2/content/ricardo-inamasu?inheritRedirect=true](https://www.embrapa.br/olhares-para-2030/convergencia-tecnologica-e-de-conhecimentos-na-agricultura/-/asset_publisher/SNN1QE9zUPS2/content/ricardo-inamasu?inheritRedirect=true)>. Acesso em: 30 Mar. 2021.

MAROUELLI, W. A. et al. Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.: Rev. atual. Ampl., 2008. 150 p. ISBN 978-85-7383-428-

4. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/762590>>. Acesso em: 2 abr. 2021.

MENDES, Antônio Alfredo Teixeira. Irrigação: tecnologia e produtividade. Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, SP, [2000?]. Disponível em: <<http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/alfredo.htm>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

OLIVEIRA, Andréa. Uso racional da água na irrigação: uso racional da água na irrigação. Quando bem planejada, a irrigação fornece às plantas a quantidade suficiente para dar sustentabilidade à produção. [S. l.], 23 mar. 2018. Disponível em: <<https://www.portalagropecuário.com.br/agricultura/irrigacao/uso-racional-da-agua-na-irrigacao>>. Acesso em: 2 abr. 2021.

PRÁ, Bruno Rover Dal. Desenvolvimento de sistema para controle de umidade de solo em pequenas propriedades rurais. 2009. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso do Grau de Mestre (Superior) - Curso de Pós-graduação em Desenvolvimento de Tecnologia (prodetc), Departamento de Prodetc - Programa De Pós-graduação Em Desenvolvimento De Tecnologia, Lactec - Instituto De Tecnologia Para O Desenvolvimento, Curitiba, 2009.

PINOLT. Folha de Dados LM358P - Amplificador Operacional Duplo. [S. l.], 25 Out. 2020. Disponível em: <<http://www.datasheetcafe.com/lm358p-datasheet-dual-operational-amplifier/>>. Acesso em: 1 Abr. 2021.

PIXFORCE. Tecnologia agrícola: a importância e principais inovações. Disponível em: <<https://pixforce.com.br/tecnologia-agricola/#:~:text=A%20tecnologia%20agr%C3%ADcola%20hoje%20inclui,de%20m%C3%A1quinas%20e%20sistemas%20integrados>>. Acesso em: 30 Mar. 2021.

SCALOPPI, E.J. Critérios básicos para seleção de sistemas de irrigação. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.12, 139, p.54 - 62, 1986.

SOLDA FRIA. O que é um arduino, para que serve, como funciona, onde comprar? [S. l.], [2019?]. Disponível em: <<https://www.soldafria.com.br/blog/o-que-e-um-arduino-para-que-serve-como-funciona-onde-comprar>>. Acesso em: 2 Abr. 2021.

TEIXEIRA, Silvana. Irrigação por superfície: entenda como ela funciona. [S. l.], [2017]. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/dicas-cursos-cpt/irrigacao-por-superficie-entenda-como-ela-funciona>>. Acesso em: 2 abr. 2021.

TEIXEIRA MENDES, A. A. Irrigação: tecnologia e produtividade. [S. l.], [2021]. Disponível em: <<http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/alfredo.htm>>. Acesso em: 5 abr. 2021.

TESTEZLAF, R. Irrigação: métodos, sistemas e aplicações. [S. l.], Unesp. Fev. 2017. Disponível em: <[https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/testezlaf\\_irrigacao\\_metodos\\_sistemas\\_aplicacoes\\_2017.pdf](https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/testezlaf_irrigacao_metodos_sistemas_aplicacoes_2017.pdf)>. Acesso em: 2 abr. 2021.

USINAINFO. Usina da informática. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br>>. Acesso em: 03 de Abr. de 2021.

## CAPÍTULO 10

---

# SISTEMA PARA CONTROLE DE ACESSO A AMBIENTES BASEADO NA IDENTIFICAÇÃO BIOMÉTRICA

*ACCESS CONTROL SYSTEM BASED ON BIOMETRIC  
IDENTIFICATION*

Antonio Erick da Costa Vieira<sup>1</sup>  
Deyvisson da Silva Feitosa<sup>2</sup>  
Márlison Santos de Sá<sup>3</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.10

<sup>1</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-9198-7979>, [aerick29@gmail.com](mailto:aerick29@gmail.com)

<sup>2</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0002-5563-4209>, [deyvissonfeitosa@hotmail.com](mailto:deyvissonfeitosa@hotmail.com)

<sup>3</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>, [270102987@prof.unama.br](mailto:270102987@prof.unama.br)

## RESUMO

Uso de mecanismos que ajudem com a restrição do acesso a certos lugares ou serviços vem numa crescente constante. Entretanto, nada é 100% eficiente, a busca pela solução perfeita é contínua. Deste modo, com o conceito de biometria crescendo cada vez mais, em se tratando de segurança, atualmente este é o principal assunto acerca da implementação de sistemas seguros. O objetivo deste projeto é desenvolver um protótipo em uma protoboard digital de um sistema de segurança que através do uso de circuitos de Transmissão e Recepção baseados em biometria com utilização de Arduino, deverá ter a função de gerar acesso apenas a pessoas permitidas e que estejam registradas. Dessa forma, pode garantir o acesso, evitando o uso de chaves, senhas ou outras formas que tem um risco de perda ou esquecimento, propondo maior praticidade, confiabilidade e segurança. Para isso, foram realizados estudos sobre linguagens de programação C/C++, programação em Arduino, sobre o comportamento dos dispositivos eletrônicos e biometria. Portanto, o que se espera deste, são resultados que demonstrem não apenas que é um projeto eficiente, mas que também, pode ser desenvolvido com custo mínimo, seja acessível, que entregue tudo aquilo que se espera de um bom sistema de segurança e o mais importante, que seja compreensível e executável por qualquer pessoa.

**Palavras-chave:** Biometria. Automação. Segurança. Controle.

## ABSTRACT

The use of mechanisms that help with restricting access to certain places or services is constantly growing. However, nothing is 100% efficient, the search for the perfect solution is continuous. Thus, with the concept of biometrics growing more and more, when it comes to security, this is currently the main subject about the implementation of secure systems. The goal of this project is to develop a prototype in a digital protoboard of a security system that through the use of transmission and reception circuits based on biometrics with the use of Arduino, should have the function of generating access only to allowed and registered people. In this way, it can guarantee access, avoiding the use of keys, passwords, or other forms that have a risk of being lost or forgotten, proposing greater convenience, reliability, and security. For this, studies were made on C/C++ programming languages, Arduino programming, the behavior of electronic devices, and biometrics. Therefore, what is expected of this project are results that demonstrate not only that it is an efficient project, but also that it can be developed at minimal cost, that it is accessible, that it delivers everything that is expected of a good security system, and most importantly, that it is understandable and executable by anyone.

**Keywords:** Biometrics. Automation. Security. Control.

## 1 INTRODUÇÃO

Ao se falar em segurança no século atual, onde a tecnologia vem tomando o espaço de quase toda forma conhecida de segurança, inicialmente o primeiro pensamento que vem é o uso de senhas, chaves, cartões entre outros, para o acesso a um ambiente restrito. Entretanto, quando se fala em segurança também se fala em praticidade, comodidade e conforto e em como vamos conduzir todos estes pontos em um mesmo produto.

Atualmente as soluções de biometria aumentam a segurança porque comparam quase imediatamente as características únicas de um indivíduo com as mesmas que estão armazenadas numa base de dados. Além disso, como envolvem características biométricas (intrínsecas ao indivíduo), não existe o risco de perder os elementos identificadores ou de nos esquecermos deles (exceto nos casos de acidentes com consequências e/ou comportamentais). Isto que é realizado uma identificação mais completa das pessoas sempre que precisamos de nos autenticar diminuindo assim substancialmente as possibilidades de fraude.

Para a criação de um sistema de segurança biométrico com o menor percentual de falha possível é necessário a combinação de mais de um meio de verificação biométrico, porém nesse cenário é proposto o desenvolvimento de um produto que utiliza como chave a biometria digital que em conjunto com um atuador mecânico, semicondutores e módulos de transmissão e recepção, irão formular uma solução tecnológica de segurança para autorização de pessoas a ambientes restritos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Biometria

A palavra Biometria vem do grego bios = vida e metron = medida, e pode ser conceituada da seguinte forma, é o uso de características biológicas em mecanismos de identificação. Essas características são a íris (parte colorida do olho), a retina (membrana interna do globo ocular), a impressão digital, a voz, o formato do rosto e a geometria da mão. E futuramente poderão ser utilizadas também características físicas, como DNA e odores do corpo.

Mesmo que a tecnologia biométrica tenha muitas finalidades, o seu principal propósito é municiar uma alternativa de maior segurança quanto aos sistemas de controle de acesso tradicionais utilizados em propriedades pessoais ou corporati-

vas. A maioria dos problemas que podem ser resolvidos atualmente são aquelas encontradas nos sistemas de controle de acesso que usamos nos dias presentes, como (BORGES, 2009): Senhas fracas: a maioria dos usuários utilizam senhas de fácil decifração o que facilita a quebra de segurança; Perder o cartão de acesso: a maioria dos cartões de acesso fornecidos pelas empresas possuem algumas informações de seus funcionários, e infelizmente, perder o cartão de acesso é algo bastante comum e isto pode acabar trazendo grandes problemas a quem perdeu, pois ali contém informações pessoais e até mesmo do seu local de trabalho; Credenciais compartilhadas: É comum em uma empresa que pessoas como colegas de trabalho possam compartilhar sua senha de acesso com outros, mesmo que a política da empresa proíba isso.

Tudo isso pode ocorrer com as tecnologias de segurança utilizadas pelas empresas que ainda usam dessas formas de controle de acesso. Entretanto como já dito a biometria promete resolver todos esses problemas, já que esta, por requerer uma credencial adicional, algo associado com o próprio corpo da pessoa, para que esta possa ter a garantia de acesso a um prédio ou local que possua característica de restrição.

### *2.1.1 Tecnologias de autenticação biométrica*

#### A) Reconhecimento facial

Começa pela captura de uma imagem que é associada à um rosto e deve ser comparada com modelos armazenados em um banco de dados, complementada com a análise da cor da pele, detecção de linhas e outras características físicas. Porém, esse procedimento pode resultar em problemas de reconhecimento, uma vez que a imagem obtida deve ser processada para comparação dos modelos, pois ele leva em consideração alguns fatores que com o tempo se alteram, como envelhecimento, tamanho e cor do cabelo e barba. (MAGALHÃES; SANTOS, 2003).

#### B) Geometria da mão

O reconhecimento da geometria da mão resulta de uma análise das características da mão como a forma, o comprimento dos dedos e as suas linhas características. Este procedimento busca analisar características próprias a partir de uma imagem que seu referencial fixo, deste modo analisando cada característica em vista nas palmas das mãos. (LOPEZ 2015).

#### C) Impressão digital

Esta é a mais usada atualmente. Este tipo de análise feita através da impressão digital possui o mais alto grau de confiabilidade podendo alcançar uma precisão

superior a 99%. Já que cada indivíduo possui uma digital que difere de qualquer outra existente, dessa forma garantindo que não haja confusão entre usuários pelo sistema. Porém, não é um 100%, pois de acordo com Magalhães e Santos (2003) o problema observado nesse método se deve ao fato de não ser possível detectar de forma convencional digitais de seres vivos ou mortos, e à possibilidade de fraude com dedos de silicone, por exemplo.

#### D) Leitura de Íris

O reconhecimento do indivíduo através da íris é uma tecnologia que vem demonstrando grande avanço e tem se mostrado estável e precisa. Esta também possui uma eficácia alta podendo funcionar até quando quem está sendo detectado esteja usando óculos. Ela funciona da seguinte forma, uma análise é feita sobre o anel colorido que cerca a pupila do olho humano e pode se dizer que esta análise é a menos intrusiva de todas. Possui eficácia acima da média, sendo ideal para qualquer situação, mas como em qualquer das situações já citadas há sempre um, porém, e o desse tipo de biometria é a dificuldade de integração com os sistemas existentes. “Uma câmera de vídeo pode ser usada fazendo reconhecimento de imagem, o que impacta em um custo relativamente baixo, tendo em mente que a qualidade do vídeo influenciará na leitura realizada e no resultado da análise” (LOPEZ, 2015).

#### E) Leitura de retina

Os sistemas biométricos baseados na leitura de retina analisam a camada de vasos sanguíneos situada na parte de trás do olho, utilizando uma fonte de luz de baixa intensidade para reconhecer opticamente padrões singulares.

Esta tecnologia pode atingir altos níveis de precisão, mas requer que o usuário foque o olhar em um receptáculo e fixe a visão por um tempo, não sendo ideal para quem utiliza óculos e podendo gerar desconforto em alguns usuários. O custo de implementação desse sensor é mais elevado e restringe sua aplicação (MAGALHÃES; SANTOS, 2003).

#### F) Reconhecimento de voz

É um método barato e de fácil acesso, já que os microfones presentes nos computadores podem ser usados. Devido à baixa precisão dos equipamentos de reconhecimento de voz e ao fato de poder haver variações nas vozes dos usuários, seu uso passa a ser limitado (MAGALHÃES; SANTOS, 2003).

### 2.1.2. Reconhecimento de impressão digital

Datilosopia é a ciência que propõe a identificação das pessoas através das impressões ou reproduções dos desenhos formados pelas cristas papilares dos dedos. Os métodos de identificação utilizados até hoje foram criados pelo antropólogo policial Juan Vucetich Kovacevich em 1891 na Argentina (MARQUES et al, 2017).

A variabilidade é um princípio que garante que os desenhos datiloscópicos sejam diferentes, que não existem dois indivíduos com a mesma impressão digital. O princípio da classificabilidade se apoia no princípio da variabilidade e pelo fato da existência de um número reduzido de tipos fundamentais de desenho, sendo deste modo possível classificar uma impressão digital. (LIMACO, 2018).

## 3 METODOLOGIA

O protótipo foi simulado com os seguintes componentes: Uma placa Arduino UNO Rev3 com microcontrolador ATmega328P embutido, um relé shield 5Vdc de um canal, uma fonte 12Vdc de 1 Ampere, um Sensor leitor biométrico Dy50, um display LCD 16x2 com interface I2C, uma trava elétrica solenoide 12Vdc, um botão de pressão (pushbutton) e uma protoboard.

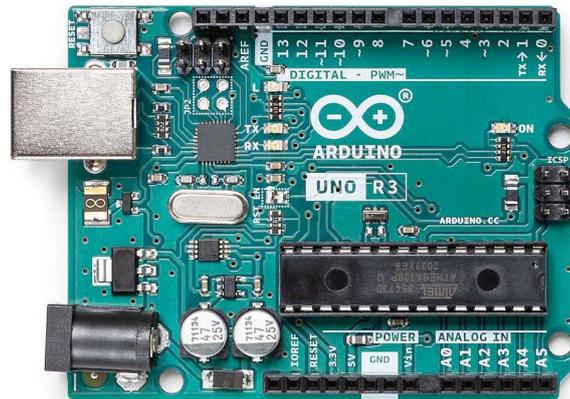
### 3.1 Micro controlador Arduino UNO

O Arduino Uno é uma placa microcontrolada baseada no ATmega328P. Possui 14 pinos de entrada / saída digital (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um ressonador de cerâmica de 16 MHz (CSTCE16M-0V53-R0), uma conexão USB, um conector de alimentação, um conector ICSP e um botão de reinicialização (Arduino, 2021).

Como explica Fiúza (2018) um microcontrolador é um componente eletrônico inteligente que possui um processador, pinos de entrada e saída (I/O) e memória. Através dos valores de entrada e com uma programação pré-estabelecida consegue-se controlar os pinos de saída de acordo com essa programação.

Existem diversos tipos de microcontroladores, a diferença entre eles é o tamanho da memória, a quantidade de pinos I/O (Imput/Output), a velocidade de processamento, os tipos de periféricos e a forma de alimentação dos mesmos.

Figura 1 - Micro controlador Arduino UNO Rev3.



Fonte: Arduino (2021).

### 3.2 Relé Shield de 5 Volts e 1 canal

Este dispositivo funciona como um interruptor eletrônico, por ser uma placa de acionamento que permite que certos dispositivos acionem em outras tensões de operações. Quando se aplica uma tensão no terminal de entrada uma bobina é acionada o que acarreta na criação de um campo magnético sendo este capaz de abrir e fechar os contatos de maneira que possamos controlar as correntes que circulam por circuitos externos.

Os relés podem ter contatos normalmente aberto (NA) ou normalmente fechado (NF) e o princípio de funcionamento deles é basicamente o mesmo. Quando energizado cria-se um campo magnético devido à circulação de corrente e o relé atraca. Com isso o contato comuta e tem-se o acionamento da saída (BRAGA, 2012).

Figura 2 - Relé Shield.



Fonte: Arducore (2021).

### 3.3 Fonte externa de 12 Volts e 1 Ampère

Fonte de 12 volts e 1 ampere utilizada para fornecer energia ao Arduino e/ou fechadura.

A fontes chaveadas possuem rendimento muito elevado e apresentam tamanho e peso menores ao serem comparadas as fontes lineares. (POMILIO, 2014 e MEHL, 2012). Portanto, com a crescente procura por equipamentos menores, mais leves e mais eficientes, bem como a redução dos custos das fontes chaveadas, estas tendem a substituir as lineares na maioria das aplicações.

Figura 3 - Fonte externa 12Vdc.



Fonte: Eletrogate (2021).

### 3.4. Sensor leitor biométrico DY-50

Um sistema de leitor de impressões digitais tem duas funções básicas:

- ✓ Precisa obter uma imagem do dedo;
- ✓ Precisa determinar se o padrão de sulcos nessa amostra confere com o padrão de sulcos em imagens previamente capturadas.

Há várias maneiras de se obter a imagem do dedo de alguém. Os métodos mais comuns atualmente são a leitura ótica e a leitura capacitiva. Os dois métodos resultam no mesmo tipo de imagem, mas chegam a ela de maneiras completamente diferentes.

Impressão digital: o uso de impressão digital é uma das formas de identificação mais usadas. Consiste na captura da formação de sulcos na pele dos dedos e das palmas das mãos de uma pessoa.

Esses sulcos possuem determinadas terminações e divisões que diferem de pessoa para pessoa. Para esse tipo de identificação existem, basicamente, três tipos de tecnologia: óptica, que faz uso de um feixe de luz para ler a impressão digital; ca-

pacitiva, que mede a temperatura que sai da impressão; e ultrassônica, que mapeia a impressão digital através de sinais sonoros.

**Figura 4** - Sensor biométrico DY-50.



Fonte: Usinainfo (2021).

### 3.5. Display LCD 16X2 com interface I2C

Dispositivo responsável pela transmissão de uma mensagem ao usuário. Será neste que o usuário poderá ver se a digital inserida no momento corresponde com a já cadastrada anteriormente. E será o meio de interação do sistema para com o usuário, pois irá servir tanto para orientar no momento de gravação das digitais, como também para avisar o usuário caso a biometria inserida não corresponda com a do banco de dados.

**Figura 5** - Display LCD 16x2 com interface I2C.



Fonte: Usinainfo (2021).

### 3.6. Trava Elétrica Solenoide 12 Vdc

A fechadura solenoide 12 Vdc pode ser usada para as mais diversas aplicações, podendo ser usada para controle de acesso como abertura de portas, gavetas, armários e em qualquer projeto que envolva o controle de acesso a ambientes.

**Figura 6** - Trava elétrica solenoide.



Fonte: Casa da robótica (2021).

### 3.7. Botão de Pressão (*Push Button*)

O botão de pressão é um dispositivo que liga e desliga dois pontos de um circuito, tem um mesmo princípio de um interruptor comum residencial, mas com a diferença de que o seu retorno ocorre de forma automática por possuir uma mola responsável por esta função. E neste protótipo o *Push Button* exercerá a função de fazer com que o sistema entre em modo administrador, para que assim possam ser adicionadas novas digitais ou excluídas as já cadastradas.

**Figura 7** - *Push Button*.

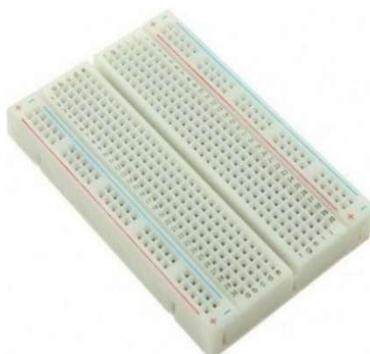


Fonte: Arduino (2021).

### 3.8 Protoboard

Protoboard é uma placa para prototipagem e serve para criar projetos eletrônicos de forma rápida e segura, não precisando de soldar nada. Todos os componentes vão encaixados na protoboard e as interligações são feitas utilizando jumper. A protoboard é projetada também para facilitar as conexões com a fonte de energia, pois conta com trilhas laterais exclusivas para essa finalidade.

Figura 8 - Protoboard 400. pontos.



Fonte: Eletrogate (2021).

### 3.9. Construção do Sistema Eletrônico

O sistema eletrônico foi desenvolvido com a utilização de uma protoboard digital acessível através do software Fritzing na versão 0.9.9, baixado na plataforma FRITZING.ORG e instalado em um computador pessoal ACER com processador AMD C-50 Processor 1.00Ghz e com sistema operacional Windows 10 Pro na versão 20H2, 64 bits. O Fritzing é um software em código aberto (open source) utilizado por designers, artistas e pessoas interessadas na arte da prototipagem (Fritzing, 2021). Portanto, este software foi escolhido para a construção desta etapa pelo fato de termos a opção de simular como seria na realidade o funcionamento do protótipo e eliminar qualquer tipo de erro.

### 3.10. Desenvolvimento da programação no Arduino

A linguagem de programação utilizada pelo Arduino é a C++, que é baseada na linguagem C só que com novas funções e permitindo o usuário “rodar” o seu algoritmo mesmo que ainda apresente erros no código fonte. Ambas possuem compatibilidade entre si, isso quer dizer que o usuário pode transferir códigos da linguagem C++ para a linguagem C ou vice-versa.

A escrita do código fonte do protótipo e a simulação do mesmo foi executada através do software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) na versão 1.8.16, baixado na própria plataforma Arduino.cc e instalado em um computador pessoal com características já descritas anteriormente. A IDE Arduino além de facilitar a escrita do sketch (esboço), facilita também na inserção do código na placa. Pois, após finalizar a escrita e testes foi executado o upload do mesmo para a placa utilizando somente um cabo USB 2.0 do tipo A/B.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

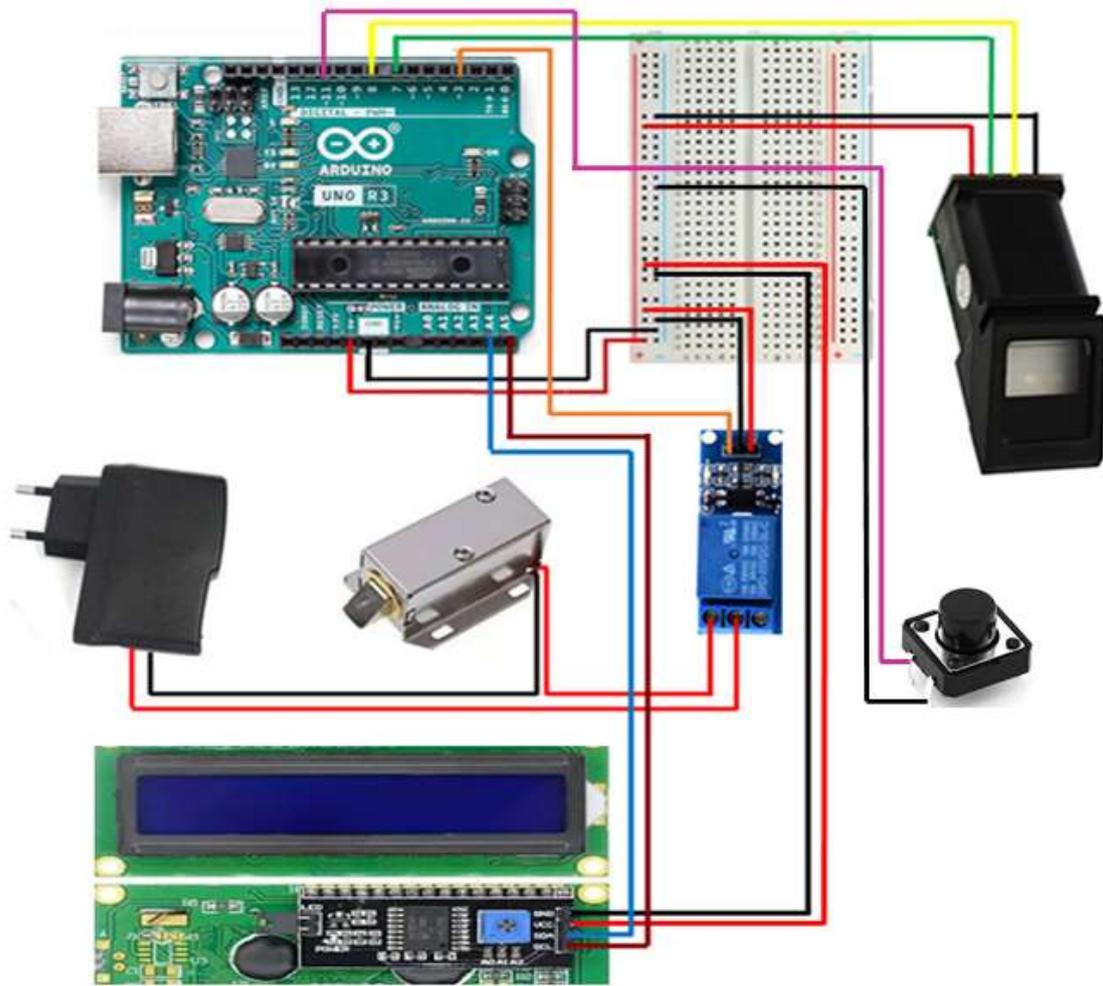
Com a aplicação dos procedimentos metodológicos mencionados anteriormente, os resultados obtidos são os que seguem nas figuras 9, 10 e 11.

A figura 9 apresenta o diagrama eletrônico do sistema para controle de acesso a ambientes baseado na identificação biométrica, que foi construído de forma satisfatória em software específico, tendo em vista que todos os componentes utilizados são compatíveis com a placa Arduino e foi seguido à risca o *datasheet* (ficha de dados) de cada dispositivo.

Para o sensor biométrico, além de sua alimentação de 5 Volts ofertada pelo próprio Arduino, o terminal TX - Transmissão do sensor e o terminal RX - Recepção do sensor, foram conectados nas portas Digitais 7 e 8 respectivamente. O relé shield recebe sinal vindo do Arduino pela porta digital 3 para comutar os contatos da sua saída fazendo assim abrir a trava.

O *display* LCD por possuir interface I2C requer duas portas específicas da placa Arduino, no caso do UNO essas portas são as analógicas A4 e A5. Portanto, na porta A4 foi conectado o cabo vindo do borne SDA (Serial Data) e na porta A5 foi conectado o cabo vindo do borne SCL (Serial Clock) e foi utilizado a porta digital 11 para que o push button (botão de pressão) possa enviar um sinal a placa e informe que o sistema deve entrar em modo *Administrador*.

Figura 9 - Diagrama eletrônico desenvolvido na plataforma Fritzing.



Fonte: Autores (2021).

A figura 10 apresenta as bibliotecas que foram necessárias para desenvolver o código de programação do protótipo.

A biblioteca “<SoftwareSerial.h>” é uma biblioteca padrão do Arduino e não foi necessário ser baixada. As demais foram baixadas e instaladas no IDE Arduino para depois iniciar a construção do *sketch* (esboço).

Figura 10 - Bibliotecas utilizadas para desenvolver o sketch.

```
#include <Adafruit_Fingerprint.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <PushButton.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
```

Fonte: Autores (2021).

Após incluir as bibliotecas e a declaração de variáveis, foi criada a função “Setup ()” que é a parte da programação que ao ser iniciada fará uma varredura no

sistema afim de encontrar o sensor biométrico, caso seja encontrado o feedback será visualizado no display.

A figura 11 mostra um trecho do código que é comum para qualquer protótipo que utilize destes mesmos dispositivos, que é a função “Void loop ()” que faz precisamente o que seu nome sugere, e repete-se consecutivamente enquanto a placa estiver ligada, permitindo com o que o programa mude e responda a essas mudanças (Arduino, 2021).

**Figura 11** - Trecho do Sketch com a função *Void loop* (Parte 1).

void loop() {	p = finger.image2Tz(1);	lcd.print("Erro no pacote");
botao.button_loop();	switch (p) {	break;
if ( botao.pressed() ){	case FINGERPRINT_OK:	case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
gravar = true;	lcd.print("Leitura convertida");	lcd.print("Erro na imagem");
}	break;	break;
if(gravar){	case FINGERPRINT_IMAGEMESS:	default:
modoGravacaoID(0);	lcd.print("tente novamente ");	lcd.print("Erro ");
gravar = false;	return p;	break;
}	case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:	}
getFingerprintIDez();	lcd.print("ERROR");	p = finger.image2Tz(2);
}	return p;	switch (p) {
uint8_t modoGravacaoID(uint8_t IDgravar) {	case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:	case FINGERPRINT_OK:
}	lcd.print("Endereço invalido");	lcd.print("Leitura convertida");
int p = -1;	return p;	break;
lcd.print("Registre o ADM #");	case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:	case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
lcd.print(IDgravar);	lcd.print("Imagem invalida");	lcd.print("Má leitura");
delay(2000);	return p;	return p;
lcd.clear();	default:	case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
while (p != FINGERPRINT_OK) {	lcd.print("ERRO");	lcd.print("Erro- comunicacao");
p = finger.getImage();	return p;	return p;
switch (p) {	}	case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
case FINGERPRINT_OK:	while (p != FINGERPRINT_NOFINGER) {	lcd.print("Endereco invalido");
lcd.clear();	p = finger.getImage();	return p;
lcd.print(" concluido");	}	case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
break;	lcd.print("ID ");	lcd.print("imagem invalida");
case FINGERPRINT_NOFINGER:	lcd.print(IDgravar);	return p;
lcd.print(" ");	p = -1;	default:
delay(200);	lcd.print(" Insira o dedo ");	lcd.print("Erro ");
break;	lcd.setCursor(1,1);	return p;
case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:	lcd.print(" novamente");	}
lcd.clear();	while (p != FINGERPRINT_OK) {	p = finger.createModel();
lcd.print("Erro");	p = finger.getImage();	if (p == FINGERPRINT_OK) {
break;	switch (p) {	lcd.print("As digitais batem!");
case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:	case FINGERPRINT_OK:	} else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR) {
lcd.print("Erro leitura");	lcd.print("Concluido ! ");	lcd.print("Erro de comunicação");
break;	break;	return p;
default:	case FINGERPRINT_NOFINGER:	} else if (p == FINGERPRINT_ENROLLMISMATCH) {
lcd.print("ERROR");	lcd.print(" ");	lcd.print("As digitais não batem");
break;	delay(200);	return p;
}	break;	} else {
}	case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:	lcd.print("Erro desconhecido");

Fonte: Autores (2021).



## REFERÊNCIAS

ARDUINO. Arduino UNO. DISPONÍVEL EM: <<https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3/?selectedStore=us>>. Acessado em: 10 de outubro de 2021.

ARDUINO. IDE Arduino. Software. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>. Acessado em 23 de outubro de 2021.

BORGES, Rodrigo de Souza. **Sistema de travamento automático de câmbios para carros com identificação através de biometria digital**. 2009. 101 f. Monografia (Bacharelado em Tecnologia e Ciências Sociais) - UniCEUB – Centro Universitário de Brasília FATECS – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas Curso de Engenharia de Computação, [S. l.], 2009.

BRAGA, Newton C. **Relés - conceitos e aplicações**. Instituto Newton Braga. São Paulo, 2012.

BOTAO DE PRESSÃO. PushButton. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/tutorial/pushbutton>>. Acessado em 23 de outubro de 2021.

DISPLAY LCD. Display LCD 16x2 com interface I2C. Disponível em: <<https://www.arducore.com.br/display-lcd-16x2-com-modulo-i2c-soldado>>. Acessado em: 10 de outubro de 2021.

FIÚZA, Mayara Angélica Fernandes. **Desenvolvimento de um protótipo de automação para ambientes residências visando segurança e controle de acesso**. 2018. 60 f. Monografia (Bacharel em Engenharia de Automação Industrial.) - Centro federal de educação tecnológica de minas gerais unidade Araxá, [s. L.], 2018.

FONTE. Fonte externa 12Volts. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/fonte-12v-1a-bilvolt>>. Acessado em: 10 de outubro de 2021.

FRITZING. An Open-Source hardware initiative. Software. Disponível em: <<https://fritzing.org/learning/get-started>>. Acessado em 23 de outubro de 2021.

GREGORY, Peter; SIMON, Michael. **Biometrics for Dummies**. Indianapolis: Wiley Publishing Inc, 2008.

LIMACO, Michela Corrêa. **Sistema para controle de acesso a ambientes baseado em identificação biométrica multimodal**. 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado em Meatrônica) - Instituto federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, [S. l.], 2018.

LOPEZ, Gabriel Niquini. **Sistema para monitoramento de acesso utilizando arduino e leitura biométrica**. 2015. 41 f. Monografia (graduação em engenharia de controle e automação) - Universidade Federal de Ouro Preto, [S. l.], 2015.

MAGALHÃES, P. S.; SANTOS, H. D. DOS. **Biometria e autenticação**. Actas da 4a Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação Capsi 2003, v. 2003, p. 2-9354, 2003.

MARQUES, C.; PIFFER, E.; MIORANZA, I. C.; LIMA, L. C de. PIETCHAKI, A.; ROCHA, C. E. D. S.; FERRO, E. F. S.; ANTONIASSI, G. S.; SILVA, J. E. M. da. **Desenvolvimento de uma aplicação de controle presenças de acadêmicos com uso de reconhecimento através de biometria**. Akrópolis Umuarama, v. 25, n. 1, p. 81-88, jan/jun. 2017.

NOGUEIRA, Frantcheco R. **Captura de sinal biométrico utilizando arduino** / Frantcheco Rodolfo Nogueira. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA - Assis, 2011.

POMILIO, J. A. **Fontes Chaveadas**. Publicação FEEC 13/95. Campinas: Ed. do Autor, 2014.

PROTOBOARD. Protoboard 400 pontos. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/protoboard>> Acessado em: 11 de outubro de 2021.

RELÉ. Relé Shield 1 canal. Disponível em: <<https://www.arduocore.com.br/modulo-rele-5v-1-canal>>. Acessado em: 10 de outubro de 2021.

SENSOR BIOMETRICO. Sensor leitor biométrico DY50. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/leitor-biometrico-arduino-sistema-de-cadastramento-e-leitura-de-digitais/>> Acessado em: 10 de outubro de 2021.

TRAVA ELÉTRICA. Trava elétrica solenoide 12Volts. Disponível em: <<https://www.casadarobotica.com/robotica/atuadores/travas/trava-fechadura-eletrica-solenoide-12v>>. Acessado em: 10 de outubro de 2021.

XI SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA - SEGET, 2013, Resende/RJ. **A segurança através da biometria** [...]. [S. l.: s. n.], 2013.

XI SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA - SEGET, 2015, Associação Educacional Dom Bosco (AEDB), Faculdade de Engenharia de Resende - Resende, RJ, Brasil. **O uso da biometria em sistemas de segurança** [...]. [S. l.: s. n.], 2015.

XIII SIMPÓSIO DE EXCELENCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2018, Resende/RJ. **Sistema de Controle de Acesso com Biometria da Digital** [...]. [S. l.: s. n.], 2018.



# CAPÍTULO 11

---

## MOTORES ELÉTRICOS TRIFÁSICO E OS SEUS PRINCIPAIS ACIONAMENTOS

*THREE-PHASE ELECTRIC MOTORS AND THEIR MAIN DRIVES*

Alessandra Eduarda Guimarães Sousa<sup>1</sup>  
Geovani de Araújo Spies<sup>2</sup>  
José Raimundo Bento<sup>3</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558891550.11

<sup>1</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0002-1566-7671>, [alessandraeduarda1gnb@gmail.com](mailto:alessandraeduarda1gnb@gmail.com)  
<sup>2</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>, [270102987@prof.unama.br](mailto:270102987@prof.unama.br)  
<sup>3</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>, [270102987@prof.unama.br](mailto:270102987@prof.unama.br)

## RESUMO

**E**m quase todos os processos industriais são utilizados motores de indução trifásicos. O motor elétrico tem a duração em torno de 0,5 a 10 segundos, que demandam correntes altas de acionamento de 6 a 10 vezes na corrente nominal. O sistema elétrico sofre de potência de alguns distúrbios aonde podemos destacar quedas nos valores eficazes da tensão de alimentação, harmônicas e Inter harmônicas que pode trazer prejuízos ao próprio motor. Essas características inerem dos motores elétricos assíncronos, que adotam sistemas de partidas diretas, indiretas para destacar o problema da sobrecorrente na iniciação das maquinas. Os principais tipos de partidas são partidas diretas, chave estrela triângulo, através de chaves compensadora, inversor de frequência esses acionamentos são empregados na maioria dos motores trifásicos MIT. Diante disso, esse trabalho propõe uma análise ocasionados dos acionamentos e uma comparação da eficiência de cada um com base em critérios para qualidade da energia elétrica.

**Palavras-chave:** Motor de indução, qualidade de energia e Acionamentos.

## ABSTRACT

In almost all industrial processes, three- phase induction motors lasts around 0.5 to 10 seconds, which require high driving currents of 6 to 10 times the rated current. The electrical system suffers from the power of some disturbances where we can highlight falls in the effective values of the supply voltage, harmonics and interharmonics that can bring losses to the motor itself. These characteristics are inherent in asynchronous electric motors, which adopt direct, indirect starting systems to highlight the problem of overcurrent when starting machines. The main types of starts are direct starters, triangle star switches, triangle star switches, using compensating switches, frequency inverters. These drivers are used in most MIT three-phase motors. In light of this, this work proposes an analysis of the drives and a comparison of the efficiency of each one based on criteria for electricity quality.

**Keywords:** Induction motor, Power quality and Drive.

## 1 INTRODUÇÃO

Os motores elétricos possuem em diversas aplicações desde os processos simples em pequenas cargas, até a atividade mais complexa como o controle industrial. Na realidade apresentam algumas atividades rotineiras, são muitos equipamentos, aparelhos e motores que estão presentes. Os motores trifásicos são facilmente en-

contrados dentro de indústrias, como por exemplo, esteiras, torno e diversas máquinas.

O motor elétrico é a máquina elétrica capaz de transformar energia elétrica em energia mecânica. Conhecidos como atuadores de corrente alternada (CA), é a máquina elétrica mais utilizada nas indústrias na revolução dos últimos séculos nos processos industriais automatizados. Tendo o fornecimento de um sistema trifásico por 4 fios: um neutro e 3 fases sendo elas R, T e S. Os motores elétricos trifásicos são compostos de um estator que produz um campo eletromagnético que induzem a rotação do rotor do motor. Toda vez que um elétron é formado um campo magnético neste condutor.

Pra tornar o equipamento mais eficiente são colocados alguns tipos de acionamentos para proteger o circuito interno da indústria, pra manter a eficiência do equipamento pra não prejudicar outros consumidores. Sabe-se que os motores trifásicos demandam ter uma potência do sistema de distribuição no momento do acionamento. Podem ressaltar a importância de um bom sistema de acionamento, para evitar alguns transtornos futuros ou indesejados. Na indústria pode-se citar o acionamento de correias transportadoras rotação de fornos industriais, sistemas de refrigeração de grandes cargas térmicas, tornos mecânicos utilizados na usinagem de peças e entre outros.

Os dispositivos eletromecânicos são capazes de converter energia elétrica em energia mecânica e vice versa. Com o avanço da eletrônica de potência outros equipamentos mais sofisticados estão tendo maior facilidade dos circuitos de comando. Quando é ligado o motor de indução utilizar chaves eletrônicas transistorizadas influencia na qualidade da energia devido a alteração dos harmônicos e Inter harmônicos indesejados.

Concluindo os métodos de acionamento e visando o funcionamento e a influência na qualidade da energia. Vamos ver a montagem dos principais métodos de partida de motores trifásicos (partida direta, partida direta com reversão, partida estrela triângulo, partida por autotransformador conhecida também como partida por “chave compensadora”).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Eletromagnetismo

No início do século XIX, o professor Hans Christian Oersted, observou que quando uma bússola era aproximada de uma corrente elétrica a direção da agulha

do objeto mudava a direção de forma perpendicular ao fio, revelando, assim, a presença de um campo magnético oriundo da corrente.

Considerando a 3ª Lei de Newton “ação e reação”, é possível completar que, um condutor que possui uma corrente fluindo no seu interior provocar a criação de uma força magnética, conseqüentemente, um ímã reagir criando outra força no condutor. Com isso, cientista como: André Marie Ampère, Michael Faraday, Karl Friedrich Gauss e James Clerk Maxwell prosseguiram em pesquisas relacionadas ao estudo. A figura 1 mostra as linhas do campo magnético produzidas por um condutor que possui fluxo de corrente elétrica.

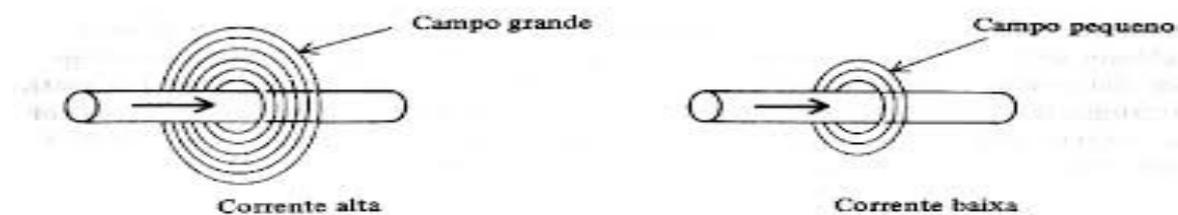
**Figura 1** - Linhas do campo magnético por um condutor.



Fonte: física seed

Através das pesquisas foi possível definir que a intensidade do campo magnético está diretamente relacionada à intensidade da corrente elétrica que percorre no condutor. A figura 2 mostra a relação entre o magnetismo e a corrente elétrica.

**Figura 2** - representação do campo magnético em função da intensidade da corrente.



Fonte: descobertas de Oersted (2014).

A interação desses fenômenos foi denominada como forças eletromagnéticas, tal definição é uma base teórica das máquinas elétricas.

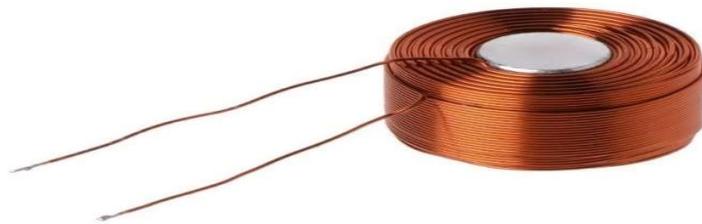
### 2.1.1 Princípios de funcionamento

A energia está relacionada diretamente a capacidade de produzir uma determinada ação, ou seja, um trabalho. Porém existem diferentes tipos de energias

como: mecânica (movimento), térmica (calor), elétrica (potencial elétrico), química (reações químicas) e nuclear (desintegração do núcleo).

Parafraseando Lavoisier, “na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”, ou seja, toda criação tem uma origem ou foi transformado de algo que já existia. Dessa forma, os estudiosos começaram a fazer transformações com as energias, por exemplo, a transformação de energia elétrica em energia mecânica ou vice versa, dando origem aos motores elétricos e os geradores, respectivamente.

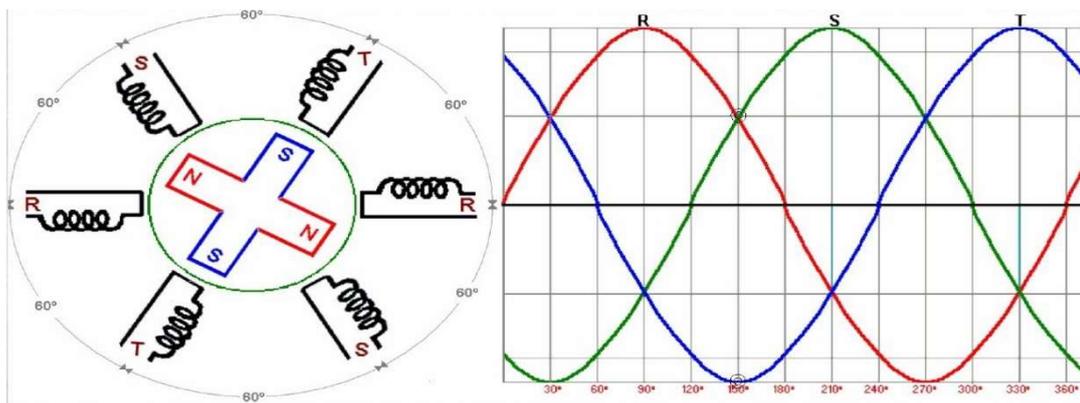
Figura 3 - Uma bobina em núcleo de material ferromagnético.



Fonte: Ardushop (2005).

O sistema trifásico de geração se forma a partir de três correntes alternadas (CA) iguais, porém deslocadas uma das outras no tempo, esse deslocamento tem uma diferença de  $1/3$  de ciclo, ou seja, quando uma corrente estiver no máximo, as demais correntes não estarão no máximo, na figura 4 mostram graficamente o campo girante.

Figura 4 - Três correntes alternadas (CA) iguais.



Fonte: Leoknuppe on WordPress (2013).

A corrente que percorre nos condutores do estator formam campos magnéticos de acordo com mudança de ciclo, ou seja, quando, quando a 1ª corrente estiver no mínimo, a 2ª é igual a 0 e a 3ª estiver no máximo, a força magnética será de semelhantes a polaridade norte e a sul em baixo.

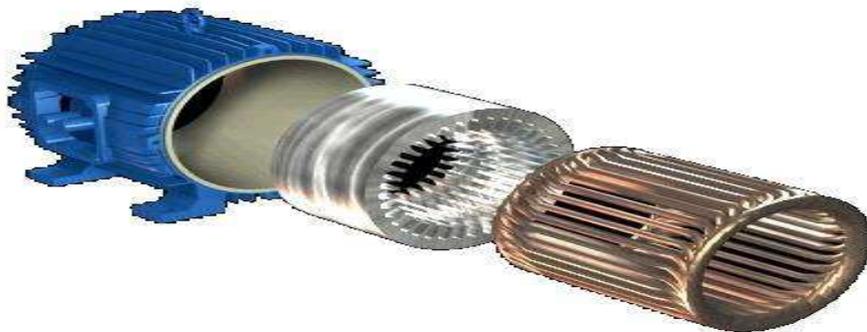
Observando a mudança de polaridade, na rede elétrica brasileira esse processo é repetido constantemente 60 vezes por segundo em uma frequência de 60 Hz. Com essa construção, o campo magnético presente no estator é capaz de arrastar o eixo do motor na direção do campo do estator.

### 2.1.1.1 Aspectos construtivos

O motor elétrico trifásico é a máquina elétrica rotativa de corrente alternada, assíncrona tendo que respeitar as devidas normas, [CEI-34-1] e [MG-1] e é condicionada pelos meios de produção dos fabricantes. O motor de indução trifásica tem as seguintes partes construtivas:

Estator - o estator do motor de indução trifásico é por um empacotamento de chapa de ferro magnético com baixa densidade nas perdas magnéticas. É a parte fixa da carcaça com a capacidade de conduzir energia elétrica. Estas chapas têm o formato de um anel com ranhuras internas (vista frontal), tendo uma visão dos alojados enrolamentos, os quais deverão criar a operação de um campo magnético no estator. Além dos conjuntos de chapas finas podem também canais de ventilação que ajudarão na passagem do ar de refrigeração. Como mostra na figura 5.

Figura 5 - Estator



Fonte: WEG (2009).

Rotor é o núcleo magnético rotórico, também é folheado e construído no mesmo tipo de chapa magnética utilizada no núcleo estatórico. O rotor também tem as chapas finas e o formato de anel (vista frontal), porém as chapas magnéticas têm a forma da coroa circular que possui ranhuras fechadas perto da periferia exterior. O número de ranhuras rotóricas está relacionado com os números de ranhuras estatóricas para evitar o aparecimento de ruído no funcionamento do motor. O rotor é tudo que gira em torno do seu próprio eixo, produzindo os movimentos da rotação. Em qualquer máquina rotativa, turbinas, compressores, redutores, entre outros e os eixos rotativos apoiados em mancais de deslizamento, rolamento ou magnéticos. Esse conjunto é chamado de rotor como mostra na figura 6.

**Figura 6** - Rotor gaiola com ranhuras inclinadas em relação ao eixo.



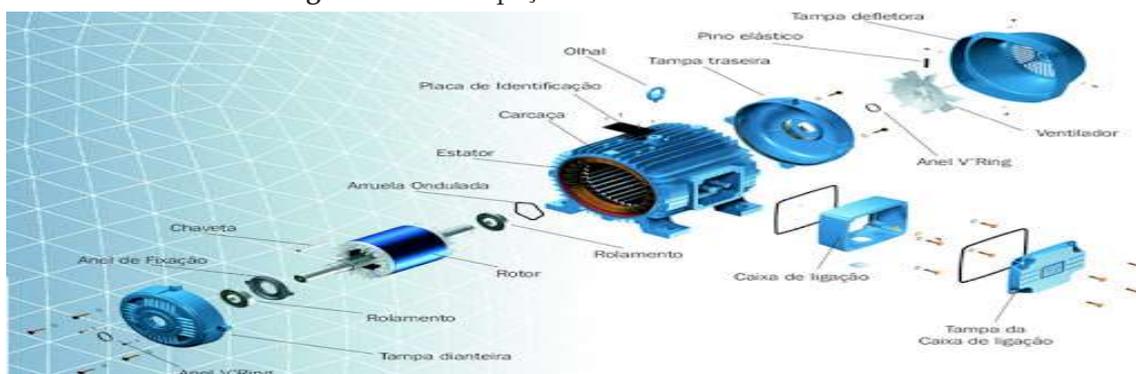
Fonte: Valco Walter is the future (2006).

As duas partes mais importantes compõem o motor trifásico: Estator e rotor. Porém existem algumas constituições que ajuda o motor elétrico trifásico.

Os mancais são enrolamentos que prendem o eixo na carcaça, e que protegem o conjunto contra infiltrações. A carcaça é a estrutura que prende o estator e os mancais. O ventilador é o que resfria e faz circular o ar no conjunto do motor elétrico. Foi criado justamente para funcionar junto com a tampa de proteção para ajudar na dissipação de calor sobre a carcaça.

Tampa de proteção é para proteger contra toque na hélice. Caixa de ligação é o que recebe os cabos, que fazem as conexões do motor, ligando as bobinas. Com isso, o enrolamento rotórico pode ser do tipo “gaiola de esquilo” ou pode ser bobinado. O enrolamento rotórico pode ser constituído por gaiola de alumínio, dopado com uma pequena porcentagem de impurezas, é obtido por injeção.

**Figura 7**- Partes e peças de motor elétrico trifásico.



Fonte: WEG (2006).

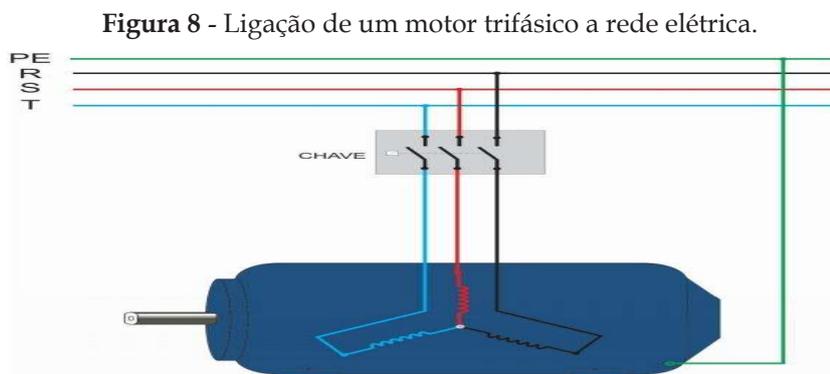
Existem também dois tipos de motores de indução:

Motor de indução Gaiola de esquilo: o rotor é composto de barras de material condutor e ligam em volta do conjunto da chapa do rotor, curto-circuitadas por anéis metálicos nas extremidades.

Motor de indução com rotor bobinado: o rotor é composto de enrolamento trifásico distribuído em torno do conjunto de chapas do rotor. O núcleo é feito de chapas de ferro-silício, em forma rígida.

É por fim, nas ranhuras do estator existem três enrolamentos. Que são alimentados por três fases defasadas uma da outra de  $120^\circ$  elétricos. Além disso, elas produzem campos magnéticos girantes para formar os polos do estator.

A representação esquemática na figura 8 ilustra como o motor de indução trifásico gaiola é conectado em estrela à rede elétrica.



Fonte: Próprio autor

### 2.1.1.2 Bobinagem de MIT.

Em qualquer máquina elétricas os enrolamentos são de grande valia, pois através deles podemos observar características que interferem diretamente no funcionamento. Nos motores elétricos de indução trifásico não diferencia já que o enrolamento presentes no conjugado definirá a polaridade, fluxo e impedância. O ato de bobinar é basicamente acomodar as bobinas que formarão as fases nas ranhuras. Assim, definirá a direção em que a corrente perseguirá entre as extremidades das bobinas, juntamente, determinação da quantidade de espiras e as dimensões do condutor, que logo após a colocação das bobinas é feito as conexões de fases entre fases.

Através desses princípios, ocorrerá a abordagem de conceitos necessários para melhor entendimento sobre enrolamentos de motores trifásicos de polaridade única.

### Terminologia da bobina.

**Espira:** é uma volta de fio condutor. Em algumas bobinas existe a presença de um ou mais fios em paralelo na bobina, esse fator é proporcionado devido melhor moldagem do condutor e redução do efeito pelicular.

**Bobina:** é um grupo de espiras que se alojará numa ranhura. O número de espiras depende da tensão e da potência da máquina.

**Grupo de Bobinas:** É o conjunto de uma ou mais bobinas, que forma um polo. O número de bobinas por grupo depende do número de ranhuras do estator, da polaridade do motor e do número de camadas do enrolamento.

**Fase:** É o conjunto de grupo de bobinas que irão completar uma fase. A quantidade de grupos de bobinas por fase depende do número de polos e da ligação dos grupos.

**Enrolamento:** É o conjunto total de fases para um motor, ou seja, todos os grupos de bobina que compõem o bobinado de um motor.

### 2.1.2 Escorregamento

O cálculo de escorregamento para motores, mostrar a identificar a velocidade do motor com relação à carga e as perdas inerentes ao sistema e projeto do motor. Os motores de indução trifásicos possuem uma determinada velocidade constante, por causa do campo magnético girante. Com isso a velocidade do campo magnético girante é chamada de velocidade síncrona.

O motor gira uma velocidade diferente da velocidade síncrona, que é diferente da velocidade do campo girante, o enrolamento do rotor corta as linhas de força magnética do campo, e nas leis do eletromagnetismo, circulam correntes induzidas.

Quando a carga do motor é zero (motor vazio), o rotor gira praticamente com a rotação síncrona. Portanto outra característica importante é que o escorregamento diminui à medida que a potência nominal do motor aumenta. Por exemplo, um motor de 10 cv e quatro pólos tem um escorregamento de 2,78%, ao passo que um motor de 500 cv com o mesmo número de pólos possui um escorregamento de 0,83%.

A figura 9 abaixo mostra a fórmula usada para calcular o escorregamento em um motor de indução:

Figura 9 - fórmula usada para calcular o escorregamento.

$$S = \frac{(N_s - N)}{N_s} \times 100$$

**S** = Escorregamento em porcentagem (%)

**N<sub>s</sub>** = Velocidade síncrona do motor em RPM

**N** = Velocidade medida no rotor em RPM

### Exemplo

O escorregamento para um motor de indução trifásica alimentando uma tensão de 380V, 60Hz, com velocidade síncrona de 1800 RPM, 4 polos e como uma velocidade medida no rotor de 1748 rpm. Assim mostrar como usar na fórmula e substituir os valores, como na figura 10 abaixo.

Figura 10 - Fórmula

$$S = \frac{(N_s - N)}{N_s} \times 100 \rightarrow S = \frac{(1800 - 1748)}{1800} \times 100 \rightarrow S = 2,88\%$$

A norma NBR 7094 classifica os motores de gaiola em cinco categorias, conforme as características de conjugado em relação à velocidade e à corrente de partida.

- **Categoria N:** conjugado de partida normal, corrente de partida normal e baixo escorregamento. A maior parte dos motores encontrados no mercado enquadra-se nesta categoria. Utilizado para acionamento de cargas normais com baixo conjugado de partida, como bombas, máquinas operatrizes etc.
- **Categoria NY:** possui as mesmas características anteriores, mas tem a previsão de uma parte estrela-triângulo.
- **Categoria H:** conjugado de partida alto, corrente de partida normal e baixo escorregamento. Utilizado para cargas que exigem maior conjugado de partida, como transportadores carregados, moinhos etc.
- **Categoria HY:** possui as mesmas características anteriores, porém tem a previsão de uma partida estrela triângulo.
- **Categoria D:** conjugado de partida alto, corrente de partida normal e alto escorregamento ( $s > 5\%$ ). Utilizado em prensas e máquinas semelhantes, em que a carga apresenta picos periódicos e em elevadores onde a carga necessita de alto conjugado de partida.

### Classe de isolamento de motor elétrico

O isolamento do motor elétrico tem um grande impacto na sua expectativa de vida e confiabilidade. A forma melhor para evitar algum erro é familiarizar os seus conceitos básicos das classes de isolamento.

A associação americana NEMA (A National Electrical Manufacturers Association), estabeleceu essas classes de isolamento para atender aos requisitos dos motores elétricos de sua temperatura. A NEMA padronizou uma temperatura ambiente de 40°C ou 104° F, uma faixa de altitude definida para as classes de motor elétrico e cada classe de isolamento tem um aumento de temperatura.

Tabela 1 - Classe de isolamento.

Classe de isolamento		A	E	B	F	H
Temperatura ambiente	°C	40	40	40	40	40
$\Delta t$ = elevação de temperatura Método da resistência)	°C	60	75	80	105	125
Diferença entre o ponto mais quente e a temperatura média	°C	5	5	10	10	15
Total: temperatura do ponto mais quente	°C	105	120	130	155	180

O principal objetivo das classes de isolamento do motor é ter a capacidade do isolamento do enrolamento do motor para lidar com o calor. Existem quatro classes de isolamento de motores elétricos, sendo eles: A, B, F e H. Além disso, existem outras classes N, R e S, mas entre os quatros B, F e H são os mais utilizados.

Os agrupados em classes de isolamento são definidas pelo respectivo limite de temperatura, ou seja, pela maior temperatura que o material ou o sistema de isolamento pode suporta. As classes de isolamento utilizadas em máquinas elétricas e os respectivos limites de temperatura conforme ABNT NBR 17094 e IEC 60034-1 são:

Classe A (105 °C)

Classe E (120°C)

Classe B (130°C)

Classe F (135°C)

Classe H (180°C)

#### Aplicação a motores elétricos

- A temperatura do ponto mais quente do enrolamento deve ser mantida abaixo do limite da classe.
- A temperatura total que vale a soma da temperatura ambiente com elevação de  $\Delta t$  ter a diferença da temperatura entre a temperatura média do enrolamento e a do ponto mais quente.

#### Fator de serviço (FS)

É chamado fator de serviço (FS) o fator que aplicado a potência nominal, indica a carga permissível pode ser aplicada de forma continuamente ao motor, sob condições especificadas.

Se trata de uma capacidade de sobrecarga contínua, ou seja, uma reserva de potência que dá ao motor a capacidade de suportar em condições desfavoráveis no funcionamento. O fator de serviço  $FS = 1,0$ , tem como base que o motor não foi projetado para funcionar continuamente acima da sua potência nominal.

### **Grau de proteção de motores (IP)**

Os invólucros dos equipamentos elétricos, é conforme as características da onde serão instalados e de sua acessibilidade, devem assim oferecer um determinado grau de proteção. Por exemplo, um equipamento a ser instalado num local sujeito a jatos d'água, deve possuir um invólucro que tenha capacidade de suportar tais jatos, sob determinados valores de pressão e ângulo de incidência, sem que haja penetração de água.

Os ambientes considerados agressivos para motores são aqueles com presença de pó, poeira, fibras, particulados etc. Com isso, os ambientes molhados ou sujeitos a jato de água são considerados agressivos.

Os motores de indução trifásico totalmente fechados para aplicação normalmente são fabricados com os seguintes graus de proteção:

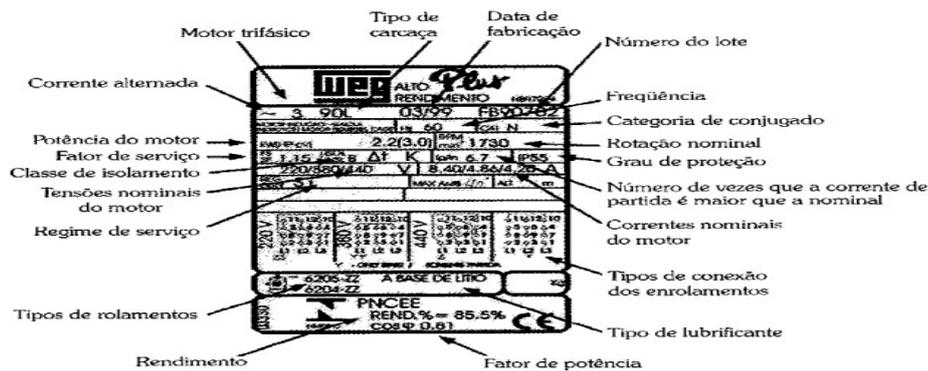
IP54: proteção completa contra toque e contra acúmulo de poeiras nocivas. Proteção contra respingos de todas as direções. São utilizados em ambientes muito empoeirados.

IP55: proteção completa contra toque e acúmulo de poeiras nocivas. Proteção contra jatos de água em todas direções. São utilizados nos casos em que os equipamentos são lavados periodicamente com mangueiras.

IP(W)55: idêntico ao IP 55, porém são protegidos contra intempéries, chuva e maresia. São utilizados ao ar livre. Também denominados motor de uso naval.

A NBR 5410 considera que os motores para aplicação normais, assim devem operar adequadamente em temperatura ambiente de até 40° C e em altitudes de até 1000m. A seguir veja uma placa de um motor com todas as suas características.

Figura 11 - Dados de placa de um motor trifásico



### 3 METODOLOGIA

Foi desenvolvido um protótipo de um sistema de irrigação automatizado conduzido a partir da utilização de materiais e partes de alguns dispositivos que seriam descartados. O digrama metodológico de desenvolvimento está apresentado na figura 1.

#### 3.1 Tipos de acionamento

##### 3.1.1 partida direta do motor elétrico trifásico.

A partida direta para motores elétricos trifásicos é praticamente a forma de acionamento mais simples, pois a fonte de energia que fornecida para alimentação é separada somente por dispositivos seccionadores (como: contator, disjuntores entre outros).

O uso dessa forma de acionamento interfere no desempenho do motor e na rede elétrica onde está instalado, pois ligando diretamente a potência máxima do equipamento será fornecida no eixo logo na partida, ou seja, o aproveitamento dessa forma de acionar está no torque de partida. O diagrama de comando demonstra a função lógica dos componentes, onde o circuito irá acionar os sinalizadores e energizar a bobina da contactora, permitindo a alimentação do motor, juntamente, o diagrama de potência que é responsável por suporta as maiores intensidades de correntes elétricas,

##### 3.1.2 Partida direta com reversão

A partida para reversão do sentido de rotação do motor é utiliza em diversas atividades, como em tornearias, madeireiras entre outras atividades. Mas antes de instalar uma chave com essa característica é preciso entender como ocorre a inversão do sentido no motor. Portanto, o motor quando energizado com as fases R, S e

Elas giram por exemplo no sentido horário, quando é invertido a sequência das fases dos cabos que alimentam a máquina

Com o auxílio dos contatores K1 e K2 é possível fazer a troca de fase que alimentam os motores quando for necessário, para visualizar a forma lógica das funções dos componentes, o diagrama de potência e comando onde, respectivamente, e demonstrado as partes seccionadoras que conduzem as correntes elétricas e fazem a mudança de fases de acordo com o comando quando o homem precisa mudar o sentido de direção do motor.

### 3.1.3 Partida estrela triângulo

Como o próprio nome já diz, a partida faz o acionamento do motor ligado com fechamento em estrela, logo após alguns segundos o comando do sistema muda o fechamento para triângulo. A principal função dessa chave é reduzir a corrente de pico do motor elétrico trifásico no instante da partida. Frisando também a importância de que o motor tenha no mínimo seis terminais de conexão na sua caixa de ligação do estator, pois a mudança de fechamentos das bobinas será realizada com o auxílio dos contatores.

O motor 220/380 volts(V), iniciara o acionamento com fechamento estrela, dessa maneira, ele estará apto a funcionar em 380 V, porém a sua fonte de alimentação será de 220 V acarretando na diminuição da corrente de partida que reduzida em 1/3 da corrente nominal. Portanto, como o torque do motor é diretamente proporcional a corrente nominal, ocorrerá a redução de torque no eixo.

O diagrama de potência e comando, onde são demonstrados de forma lógica os componentes e as funções, enfatizando a utilização do contator K2 e K3 que é responsável por realizar o fechamento em estrela e como o auxílio do componente de comando relé temporizador contar o tempo estimado para fazer a mudança de fechamento para triângulo.

### 3.1.4 Partida por auto transformador

Existem grandes preocupação quando falamos em acionamentos relacionado a partir o motor, tirando-o da inércia, tal ação provoca em uma corrente elevada no momento podendo alcançar até 10 vezes os valores nominais. Por isso, a necessidade de utilizar a partida por auto transformador.

De acordo a 1º Lei de Ohm, a corrente elétrica que atravessa um dispositivo qualquer é sempre diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada a

esse dispositivo”, ou seja, quando o valor da tensão for diminuído, o valor da corrente também irá diminuir. Com isso, essa forma de partida possui um auto transformador que é responsável por essa função, esses transformadores trabalham em curto espaço de tempo e possuem geralmente TAPs de 65%, 80% e 90%.

Como podemos observar o diagrama de potência e comando na figura 15, o painel de controle possui três contactoras (K1, K2 e K3), onde K2 está ligado as fases da rede nos terminais do auto transformador, o K3 está fazendo o fechamento. Quando o operador pressiona a botoeira para acionar o circuito as contadoras K2 e K3 são acionadas no momento de partida até alcançar a rotação nominal do motor. Esse tempo que leva para alcançar a velocidade desejada é pré-determinada por um relé temporizador que após a contagem desativa automaticamente o K2 e K3 e aciona o K1 para realizar o funcionamento do motor na corrente nominal.

### 3.1.5 Partida com inversor de frequência

Com a evolução tecnologia, os engenheiros na procurar de criar motores mais eficientes, aproveitar ao máximo a fonte energética, foi criado formas de acionamentos mais “leves”, ou seja, diminuindo as correntes de partida dos motores elétricos.

Um dos seccionadores criados foi o Inversor de frequência, figura, que é um dispositivo eletrônico que possui capacidade de converter a frequência. Dessa forma, ele é capaz de controlar a velocidade de um motor durante o seu funcionamento, eliminando, assim, equipamentos como: polias, redutores e válvulas, que tornavam a estrutura mais robusta.

### 3.1.6 Partida com soft-starter

Outro avanço tecnológico que substitui as formas tradicionais de acionamento (partida estrela triângulo, partida com auto transformador, etc.) é a soft-starter, capaz de controlar a potência do motor no instante do acionamento, a base de funcionamento está baseada em componentes estáticos (tiristores).

### 3.1.7 Partida direta com CLP

Atualmente as indústrias passam por uma demanda de automatização nos seus processos existentes. Com isso, a utilização do controlador lógico programável - CLP torna-se de grande valia, pois é capaz de realizar várias funções específicas de acordo com os programas criados. Também considerado como um computador, o CLP é diferente dos notebooks e desktops, pois apresenta menor capacidade de processamentos de dados e de armazená-los.

O processador na indústria recebe os sinais de sensores como: Sensores fim de curso, termopares, termopares, pressostatos, fluxostatos, contadores, atuadores eletropneumáticos, atuadores eletrohidráulicos. Esses sinais podem ser analógicos ou digitais dependendo das especificações do aparelho e a sua aplicação, que por sua vez, possui entradas e saídas para receber a informação, processa-la e através das saídas executar o programa, ou seja, o mesmo é responsável por tomar as decisões.

O controlado pode ser usado em diversas aplicações tais como no controle nível, controle de vazão, automação de esteira e outras aplicações. Dessa forma, o diagrama de ligação no CLP para energiza a contactora que aciona o motor elétrico trifásico, juntamente, com o sinalizador.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante do conteúdo apresentado, obteve-se resultados de suma importância para área da engenharia elétrica, principalmente, para profissionais que atuam em setores de manutenção de fábricas, centros de distribuição e entre outros. Assim, com a enorme demanda de motores elétricos no campo, existe também as manutenções e a necessidades de identificar falhas nessas maquinas, acarretando em processo de trabalhos mais contínuos, com segurança e qualidade.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou o todo o principio de funcionamento dos motores elétricos trifásicos, desde as aplicações do eletromagnetismo atuantes no conjugado das maquinas até as principais formas de acionamentos que contribuem para a eficiência energética, acarretando na maior durabilidade dos equipamentos.

E notório a grande presença do conteúdo na forma prática no campo, porém ainda existe a necessidade disseminar o conteúdo para os profissionais da área devido aos processos futuros. Desta forma, a execução dos serviços prestado será com mais qualidade e opções para resolução de problemas.

## REFERÊNCIAS

PINHEIRO, Diego da Silva. **ANÁLISE DOS DISTÚRBIOS NO TRANSITÓRIO PARTIDA DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICO**. 2015. Trabalho de conclusão (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade de Tucuruí, Tucuruí, 2015.

MORAES. **10 partidas de motores que você precisar conhecer**. São Paulo, jan. 2014. Ponto de Vista. Disponível em: <http://www.saladaelectrica.com.br>. Acesso em: 01 jan.2014.

- MAMEDE, João. **Instalações elétricas industriais**. 7. Ed. Fortaleza: Unifor, 1979.
- CUPERTINO, Zygmunt. **Aspectos construtivos do motor de indução trifásico**. Minas Gerais: Allan Fagner, 2020.
- GONÇALVES, Marcos Antônio. **Bobinagem de motor trifásico imbricado**. São Paulo, SENAI, 1986.
- CARDOSO, Murilo César. **BOBINAR - SISTEMA DE CONTROLE PARA MANUTENÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS**. 2012. Trabalho de conclusão (Curso de sistemas de informação - Bacharelado) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2012.
- FILHO, G.F. **Motor de indução**. São Paulo: Érica, 2000.
- SIMONE, G. A. **Máquinas de indução Trifásicas**. São Paulo: Érica, 2000.
- WEG. **Catálogo de Motores Elétricos**. Jaraguá do Sul - SC, 2005.
- GEARTECH. **Classe de isolamento de motor elétrico**. Sorocaba - SP.2021.
- Programas para Eficiência Energética**. Disponível em [http://www.weg.net/green/\\_files/Diretivas-Globais-de-Eficiencia-Energetica\\_-\\_Apresentacao.pdf](http://www.weg.net/green/_files/Diretivas-Globais-de-Eficiencia-Energetica_-_Apresentacao.pdf). Acesso em 17/Março/2012.
- Política Energética**. Disponível em [http://www.aguaquentesolar.com/publicacoes/13/Sintese\\_Politica\\_Energetica\\_2003.pdf](http://www.aguaquentesolar.com/publicacoes/13/Sintese_Politica_Energetica_2003.pdf). Acesso em 17/Março/2012.
- Induction motors fed by PWM frequency inverters**. Disponível em <http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-induction-motors-fed-by-pwm-frequency-converters-technical-guide-028-technical-article-english.pdf>. Acesso em 17/Março/2012.
- Quattro Super Premium Efficiency Motor**. Disponível em <http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-wquattro-european-market-50025713-brochure-english.pdf>. Acesso em 20/Maio/2012.
- Motor de Alto Rendimento**. Disponível em [http://moodle.stoa.usp.br/file.php/1660/Motor\\_de\\_Alto\\_Rendimento\\_-\\_LIV009.pdf](http://moodle.stoa.usp.br/file.php/1660/Motor_de_Alto_Rendimento_-_LIV009.pdf). Acesso em 20/Maio/2012.
- C. Aurélio. **A Medição e o Erro de Medição**. Disponível em <http://paginas.fe.up.pt/~campilho/IM/NOTES/cap1.pdf>. Acesso em 10/Junho/2012.
- Motores Síncronos**. Disponível em <http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WE-G-motores-sincronos-artigo-tecnico-portugues-br.PDF>. Acesso em 20/Maio/2012.
- Understanding the Efficiency of Motors**. Heating/Piping/Air Conditioning Engineering, 2009. 81(2): p. 44-53.
- Araújo, R.M.E., **Sistema de Controlo do Motor de Indução Trifásico Baseado no Princípio de Orientação do Campo**, in FEUP1991.
- Circuito VVVF**. Disponível em: <http://edn.com/design/analog/4371295/Tear-down-The-nuances-of-variable-frequency-drives>. Acesso em 15/Junho/2012

# Pesquisas em Temas de Engenharias

**VOLUME 4**

RFB Editora  
Home Page: [www.rfbeditora.com](http://www.rfbeditora.com)  
Email: [adm@rfbeditora.com](mailto:adm@rfbeditora.com)  
WhatsApp: 91 98885-7730  
CNPJ: 39.242.488/0001-07  
R. dos Mundurucus, 3100, 66040-033, Belém-PA

