

Jean Carlos Rodrigues  
(Organizador)

# **ENGENHARIA DE MATERIAIS E MEIO AMBIENTE:**

reciclagem, sustentabilidade,  
novos processos e desafios

Vol. 2



## **Direção Editorial**

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

## **Organizador**

Prof.º Me. Jean Carlos Rodrigues

## **Capa**

AYA Editora

## **Revisão**

Os Autores

## **Executiva de Negócios**

Ana Lucia Ribeiro Soares

## **Produção Editorial**

AYA Editora

## **Imagens de Capa**

br.freepik.com

## **Área do Conhecimento**

Engenharias

# **Conselho Editorial**

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

*Instituto Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

*Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP*

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

*Centro Universitário FACEX*

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

*Universidade do Estado de Minas Gerais*

Prof.ª Ma. Denise Pereira

*Faculdade Sudoeste – FASU*

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

*Universidade Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença*

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

*Universidade de Santa Cruz do Sul*

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Me. Jorge Soistak

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

*Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara*

Prof.º Me. José Henrique de Goes

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

*Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

*Faculdade Santana*

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

*Universidade Federal Rural de Pernambuco*

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

*Universidade Norte do Paraná*

Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa  
*Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP*

Prof.º Dr. Myller Augusto Santos Gomes  
*Universidade Estadual do Centro-Oeste*

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch  
*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda  
*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes  
*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani  
*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira  
*Instituto Federal do Acre*

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail  
*Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens  
*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares  
*Universidade Federal do Piauí*

Prof.ª Dr.ª. Silvia Aparecida Medeiros  
Rodrigues  
*Faculdade Sagrada Família*

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia  
*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda  
Santos  
*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues  
*Instituto Federal de Santa Catarina*

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier  
*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional, FNDE*

© 2022 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição *Creative Commons* 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas nos capítulos deste Livro, bem como as opiniões nele emitidas são de inteira responsabilidade de seus autores e não representam necessariamente a opinião desta editora.

---

E576 Engenharia de materiais e meio ambiente reciclagem, sustentabilidade, novos processos e desafios [recurso eletrônico]. / Jean Carlos Rodrigues (organizador). -- Ponta Grossa: Aya, 2022. 156 p.

v.2

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-5379-094-0

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111

1. Engenharia – Estudo e ensino. 2. Engenharia de materiais. 3. Redução de resíduos. 4. Concreto. 5. Desenvolvimento sustentável. 6. Sustentabilidade. 7. Desenvolvimento de recursos hídricos. I. Rodrigues, Jean Carlos. II. Título

CDD: 620.11

---

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

## **International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora EIRELI**

### **AYA Editora©**

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

84.071-150

# SUMÁRIO

**Apresentação.....9**

**01**

**Biocimentação na produção de argamassas: o papel das bactérias biocimentantes.....10**

Jênifer Cristina Backes  
Lívia Téo Duarte  
Denilson Lorenzatto  
Julio Cesar Rech  
Aline Schuck Rech

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.1

**02**

**Conformação Mecânica: comparação de literatura com a prática do processo de trefilação da máquina Teurema.....24**

Débora Abigail Azevêdo Silva  
Thaylã Wylkson Viana de Sousa Lira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.2

**03**

**A importância do manejo adequado de lagoas costeiras na abertura da barra arenosa da Lagoa de Carapebus no Parna de Jurubatiba/RJ .....34**

Maxuel Bernades Donato  
Augusto Eduardo Miranda Pinto

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.3

**04**

**Desenvolvimento de uma bomba peristáltica de baixo custo .....44**

Joice Miranda de Oliveira  
Luis Guilherme Ribeiro Pereira  
Indiara Pitta Corrêa da Silva  
Thiago Pereira Alves

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.4

# 05

## **Estudo de desempenho de bloco cerâmico de vedação com nova geometria interna .....56**

Marcus dos Reis  
João Pedro Figueroa Rodrigues Silva  
Laice Moura Santos

**DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.5**

# 06

## **Desenvolvimento do protótipo de um aerogerador de Savonius sustentável .....67**

Jonatas Motta Quirino  
Tatiane Gomes de Paula

**DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.6**

# 07

## **Análise dos métodos de obtenção da densidade máxima na dosagem de misturas asfálticas ...84**

Edson Adriano Siqueira Moreno  
Pedro Henrique Freire Matos  
Lucas Henrique Fortes do Nascimento  
Caren Étni Ferreira da Silva  
Renan de Moraes Sales  
Willames Hurtado Barbosa  
Sleyner Carvalho Barbosa  
Diego Uilian Peres da Silva  
Rafael Luis da Silva  
Alex Gomes Pereira

**DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.7**

# 08

## **Interação entre usuários e embalagens: percepções dos usuários no reúso de embalagens.....90**

Tauana D'Ambrosi Silva do Nascimento  
Fabiano de Vargas Scherer  
Gabriela Zubaran de Azevedo Pizzato  
Jocelise Jacques de Jacques

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.8

# 09

## **Hidrogênio verde e o nordeste brasileiro: uma relação de sustentabilidade muito além do desenvolvimento dessa tecnologia.....105**

Alexandre Contar Fernandes

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.9

# 10

## **Governança dos recursos hídricos: as lacunas na gestão dos recursos hídricos sob a perspectiva da OCDE.....115**

Alexandre Rodrigues de Moraes  
Ana Eloisa Sorrilha  
Andréia Schypula  
Friedrich Herms

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.10

# 11

## **Estudo comparativo entre orçamento e custo real de obras de pavimentação em Porto Velho/RO .....125**

Carolina da Silva Gualbano  
Hugo Luís de Sousa Oliveira  
Weslon Brito Reis  
Wlademir da Silva Pontalt Pereira  
Leonardo de Macedo Vitorino Pereira  
Bruno Yan Medeiros Soares  
Alex Gomes Pereira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.11

# 12

## **A resiliência dos recursos hídricos, à reflexão da preservação e produção de água nas nascentes, através do Programa Agrinho, no município de Naviraí-MS.....141**

Valdete de Souza Silva  
Alzira Aparecida da Silva  
Alini Muratori Barbosa  
Catieli Schneider Bock  
Carla Fabiana Peters  
Daniele Bianchi de Oliveira  
Katia Alessandra Burci  
Katia Paulino da Silva  
Luany Teodoro de Oliveira  
Rosângela Ludwig Capatto

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.12

**Organizador .....152**

**Índice Remissivo .....153**

# Apresentação

A publicação de um texto técnico ou científico é uma das formas mais utilizadas para transmitir à comunidade o conhecimento adquirido durante o desenvolvimento de um projeto ou de uma pesquisa. O compartilhamento de conhecimento promove o acelerado desenvolvimento da sociedade, além de um crescimento pessoal e profissional através das trocas de aprendizados.

Portanto, neste livro intitulado “**Engenharia de materiais e meio ambiente: reciclagem, sustentabilidade, novos processos e desafios**” volume 2 são compartilhados conhecimentos interdisciplinares adquiridos por cada autor durante o desenvolvimento de seus estudos. A abrangência deste volume envolve diversos temas voltados a engenharia de materiais, onde os pesquisadores apresentam os resultados obtidos através da aplicação de diferentes técnicas e tecnologias.

A fim de proporcionar uma experiência de leitura agradável, esta obra encontra-se organizada

Espero que através deste livro você possa aprender novas técnicas e tecnologias para seu desenvolvimento pessoal e profissional e que também promova o compartilhamento destes conhecimentos com todos ao seu redor, impulsionando assim o desenvolvimento de nossa sociedade.

Boa leitura!

***Prof.º Me. Jean Carlos Rodrigues***

# Biocimentação na produção de argamassas: o papel das bactérias biocimentantes

## Biocementation in the production of mortar: the role of biocementation bacteria

---

**Jênifer Cristina Backes**

*Engenheira Civil, Universidade do Contestado - UNC*

**Livia Téó Duarte**

*Acadêmica de Psicologia, Universidade do Contestado - UNC*

**Denilson Lorenzatto**

*Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental, Universidade do Contestado - UNC*

**Julio Cesar Rech**

*Me. em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental, Universidade do Contestado - UNC*

**Aline Schuck Rech**

*Dra. em Engenharia Ambiental, Universidade do Contestado - UNC*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.1

## RESUMO

O uso da biocimentação é uma técnica amplamente empregada no ramo da construção civil na reparação de patologias, a exemplo de trincas e fissuras. Essa técnica está atrelada com a atividade bacteriana (urolíticas e/ou carbonatogênica), responsável pela conversão da ureia em carbonato, corrigindo problemas na estrutura. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi identificar as principais bactérias ureolíticas capazes de precipitar carbonato de cálcio em argamassa, uma das áreas da construção de maior aplicação, bem como avaliar o desempenho de cada microrganismo nas mudanças das propriedades físicas e mecânicas da argamassa. Para isso, foi realizado uma pesquisa bibliográfica no banco de dados da Scopus, Scielo, Web of Science, bem como no portal acadêmico da CAPES. Os resultados mostram que a principal bactéria associada à técnica de biocimentação em argamassas é o gênero *Bacillus* sp. Não foi identificado parâmetros e padrões de avaliação do desempenho das diferentes bactérias empregadas entre os estudos. No entanto, avaliações relacionadas com resistência da argamassa estavam presentes na grande maioria das pesquisas. A utilização da biocimentação via atividade bacteriana mostrou ser uma importante estratégia que promove melhorias na resistência, compressão, potencial de absorção de água e porosidade da argamassa

**Palavras-chave:** biocimentação. argamassa. revisão bibliográfica.

## ABSTRACT

The use of biocementation is a technique widely used in the civil construction to repair pathologies, such as cracks and fissures. This technique is linked to the bacterial activity (urolytic and/or carbonategenic), responsible for the conversion of urea into carbonate, correcting problems in the structure. In this sense, the aim of this study was to identify the main ureolytic bacteria capable of precipitating calcium carbonate in mortar, one of the most widely applied construction areas, as well as to evaluate the performance of each microorganism in changing the physical and mechanical properties of the mortar. For this, a bibliographic search was carried out in the database of Scopus, Scielo, Web of Science, as well as in the academic portal of CAPES. The results show that the main bacteria associated with the mortar biocementation technique is the genus *Bacillus* sp. Parameters and standards for evaluating the performance of the different bacteria used between the studies were not identified. However, evaluations related to mortar strength were present in the vast majority of researches. The use of biocementation via bacterial activity proved to be an important strategy that promotes improvements in strength, compression, water absorption potential and porosity of the mortar.

**Keywords:** biocementations. mortar construction. literature review.

## INTRODUÇÃO

Nos dias atuais os materiais cimentícios associados a argamassa são amplamente utilizados em construções no mundo todo (BAUER, 2005). Esse comportamento está atrelado principalmente a dois fatores, relacionados ao baixo custo de material e ao baixo custo de manutenção associado (ABO-EL-ENEIN *et al.*, 2013). Especialmente no Brasil, devido à alta disponibilidade, a argamassa é um dos maiores itens de consumo da construção civil, uma vez que é usado como

material de ligação para tijolos pedras e outras unidades de alvenaria (ALMEIDA *et al.*, 2019).

Apesar da argamassa apresentar múltiplas vantagens, esse material é vulnerável à deterioração, corrosão e rachaduras, sendo um material sensível às ações do intemperismo (MUYNCK *et al.*, 2010). Essas patologias podem levar esse revestimento a perder sua funcionalidade original e ocasionar riscos à segurança do usuário, devido a entrada de agentes externos como a água que favorecem o estado de deterioração (KRISHNAPRIYA *et al.*, 2015).

A fim de fazer a reparação desses problemas, vários elementos de enchimentos sintéticos como epóxi, resinas e diferentes aditivos comerciais vêm sendo utilizados para essa finalidade (CHOI *et al.*, 2020). No entanto, esses aditivos possuem alto valor agregado, e em muitos casos não são biodegradáveis, pois são revestidos a base de compostos orgânicos voláteis. Estes compostos apresentam efeito poluidor do ar, tanto durante a fabricação quanto na aplicação, causando impactos ambientais negativos. Além da reparação, em alguns casos, para o conserto é necessário a retirada total do material, demandando alto custo e tempo (MUYNCK *et al.*, 2010).

Nesse sentido, atualmente diferentes alternativas vêm sendo buscadas em ordem de sanar esses danos. Uma das tecnologias amplamente utilizadas no mundo para reparar os revestimentos de argamassa, e outros tipos de materiais utilizados na construção civil, é a utilização de carbonato de cálcio, que é um elemento abundante na natureza produzido por meio da síntese celular de microrganismos (LOPEZ-GARCIA *et al.*, 2007). Diversos microrganismos possuem a capacidade de excretar como parte de seu metabolismo carbonato de cálcio. Algumas das bactérias presentes no solo e na água vêm sendo relatadas como microrganismos capazes de induzir a precipitação do cálcio em meio natural, devido possuírem características associadas com a aglutinação e a expressão da enzima uréase (LIAN *et al.*, 2006).

Nesse sentido, os microrganismos utilizados para realizarem os reparos, são conhecidos como ureolíticos devido ao seu potencial de conversão da ureia em amônia e carbonato (LOPEZ-GARCIA *et al.*, 2007). Esse processo, conhecido como biomineralização é bastante comum no meio ambiente e está atrelado ao processo pelo qual, organismos vivos precipitam minerais inorgânicos na forma de esqueletos, conchas, dentes, entre outros (XU *et al.*, 2007). No processo de produção de carbonato de cálcio devido a via microbiana, conhecido internacionalmente como *microbially induced calcium carbonate precipitation* (MICP), a enzima uréase hidrolisa a ureia em diferentes polimorfos do cristal de carbonato de cálcio, e a estrutura que é formada depende do tipo da fonte de cálcio utilizada, período de incubação e atividades metabólicas referentes à espécie microbiana avaliada (BANG *et al.*, 2001).

A utilização de carbonato de cálcio produzido via atividade microbiana é uma técnica mundialmente conhecida, sendo utilizada pela primeira vez para a reparação de fissuras para evitar a lixiviação de canais (GOLLAPUDI *et al.*, 1995). Posteriormente, a aplicação dessa técnica passou a ser amplamente utilizada para diferentes materiais e finalidades, como remediações de argamassa, granito, calcário e concreto, de metais potencialmente tóxicos, e íons de cálcio, sequestro de CO<sub>2</sub> atmosférico, na restauração de prédios históricos, na consolidação de solos e taludes, na redução de poros em reservatórios, na proteção da superfície de concretos e argamassas, entre outros (MUYNCK *et al.*, 2010; ABO-EL-ENEIN *et al.*, 2013).

Assim, no mercado de construção civil a biomineralização é amplamente estudada e aplicada. Diante disso, elucidar o comportamento dos microrganismos responsáveis pela a pro-

dução de cálcio, torna-se um papel fundamental no âmbito da biocimentação. Primeiramente, porque é primordial buscar materiais que produzam um menor impacto ambiental, e por fim, identificando a dinâmica dos microrganismos biomineralizadores, o processo de biocimentação pode ser otimizado (GONZÁLEZ-MUNOZ, 2008). Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi por meio de uma revisão bibliográfica, identificar as principais bactérias ureolíticas capazes de precipitar carbonato de cálcio em argamassa, bem como avaliar o desempenho de cada microrganismo nas mudanças das propriedades físicas e mecânicas da argamassa.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Pesquisa exploratória

Essa pesquisa foi desenvolvida baseada em uma revisão bibliográfica desenvolvida com diferentes trabalhos acadêmicos vinculados a teses, dissertações, trabalhos finais de conclusão de curso, bem como artigos científicos publicados tanto em periódicos nacionais quanto internacionais. Na Figura 1 apresenta-se de forma simplificada os principais guias norteadores utilizados como base para o desenvolvimento da revisão bibliográfica.

**Figura 1 – Infográfico norteador do desenvolvimento da pesquisa bibliográfica.**



Fonte: Os autores (2021).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse item em um primeiro momento, estão abordados os pressupostos teóricos referente a biocimentação, bem como a rota metabólica desenvolvida pela atividade microbiana para a precipitação de cálcio. Posteriormente, as principais bactérias associadas com esse processo são apresentadas, juntamente com o desempenho de cada microrganismo nas mudanças das

propriedades físicas e mecânicas da argamassa.

## **Biocimentação**

A biocimentação é a precipitação de materiais entre os espaços vazios unindo as partículas entre si. Esse processo pode ser aplicado tanto em obras de construção civil até nos espaços vazios do solo (ABO-EL-ENEIN *et al.*, 2013). A permissa base da técnica de biocimentação consiste na precipitação de carbonato de cálcio entre os vazios de diferentes estruturas, via atividade microbiana (GURBUZ *et al.*, 2015). Dessa forma, esse mecanismo, também, é conhecido como biomineralização ou precipitação de carbonato de cálcio (BANG *et al.*, 2001).

Essa técnica consiste na inserção de bactérias juntamente com um meio contendo nutrientes, geralmente composto por ureia e cloreto de cálcio, onde ocorre uma reação química com produto final, o calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) (REIS, 2017). Esse processo, também é conhecido mundialmente como *microbiologically induced calcite precipitation* (MICP) e é advindo de um processo natural atrelado diretamente a ação de microrganismos. Nesse sentido, a MICP é conhecida por ser uma técnica que é identificada como uma alternativa para o melhoramento das estruturas de argamassa e de concreto, além da reparação de fissuras e na proteção de superfícies de concreto (REIS, 2017).

Na precipitação de carbonato de cálcio induzida microbiologicamente os microrganismos são capazes de secretar um ou mais produtos metabólicos que reagem com íons cálcio no ambiente, resultando na precipitação de minerais (DHAMI *et al.*, 2013). Esse processo, realizado naturalmente pelas bactérias, as quais podem produzir diferentes fases de polimorfos anidridos de carbonato de cálcio tais como calcita, aragonita e vaterita, bem como fases cristalinas hidratadas (monohidrocalcita, ikeita e carbonato de cálcio amorfo) (ABO-EL-ENEIN *et al.*, 2013).

Nesse sentido, as bactérias ureolíticas são elementos primordiais nesse processo (LOPEZ- GARCIA *et al.*, 2007). Essas bactérias possuem a habilidade de expressar a enzima uréase. Essas enzimas possuem centros metálicos em seus sítios ativos, os quais são responsáveis por ativar o substrato para que a reação ocorra (HAUSINGER *et al.*, 2001). Alguns estudos reportam a precipitação química de carbonato de cálcio sem a presença de bactérias ureolíticas. No entanto, esse processo torna-se lento, e em alguns casos ele pode ser interrompido (BORGES, 2015). Para comprovar os bons resultados alcançados juntos ao concreto com o uso de bactérias ureolíticas e descritos na literatura a seguir será elencado os fatores que influenciam na atividade microbiana de produção de carbonato de cálcio, bem como a rota metabólica do processo.

## **Precipitação de cálcio via atividade microbiana**

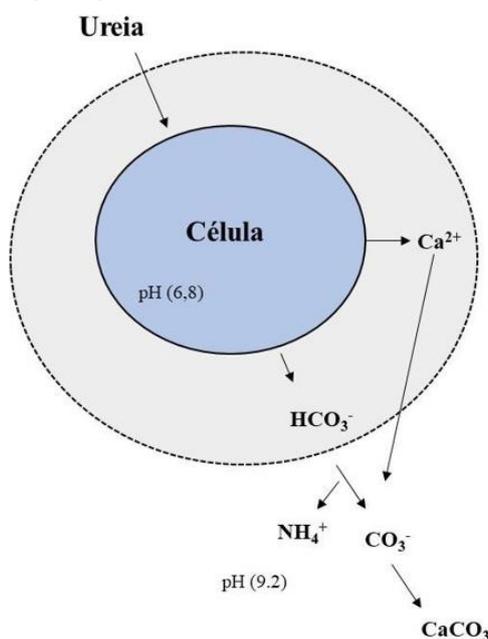
A biocimentação é um processo químico controlado por diferentes fatores. Atualmente, existe uma vasta literatura abordando os principais fatores atrelados com a precipitação de cálcio via atividade microbiana. Para Alt-Thawadi (2018), a concentração de carbono inorgânico dissolvido, a concentração de íons de cálcio, o pH, e a presença de sítios de nucleação são os principais fatores elencados nessa rota metabólica. Enquanto que o pH, a temperatura, a quantidade de ureia, e os nutrientes presentes no meio são abordados como fatores fundamentais (BORGES, 2015). Apesar de existir uma ampla variedade de fatores apontados pela literatura que contribuem para o processo de biocimentação ocorrer, o pH é um elemento chave que regula todo esse processo. Stocks-Fischer (2009) enfatiza que o pH ótimo para a atividade da enzima

uréase é entre 7,5 e 8. Já Hammes e Verstraete (2002) relatam que a condição ótima para que a via bioquímica se desenvolva é um pH próximo a 9.0.

De forma geral, existem duas vias metabólicas microbianas associadas com a precipitação de cálcio. A via autotrófica, onde o dióxido de carbono é utilizado como fonte de carbono, provocando sua redução no ambiente bacteriano e na presença de íons de  $\text{Ca}^{2+}$ , e a sua depleção resulta no aumento da produção de carbonato de cálcio. Enquanto que na via heterotrófica, os microrganismos podem formar carbonato através da precipitação ativa ou passiva. Na precipitação ativa, a produção de íons carbonato ocorre devido à troca iônica de cálcio ou de magnésio. Já no processo de precipitação passiva, a produção do íon carbonato ocorre devido à amonificação de aminoácidos, redução de nitratos ou pela degradação da ureia. Independentemente dos casos supracitados, a amônia é produzida como produto metabólico final, o que resulta no aumento do pH (AL-THAWADI, 2008). Na Figura 2, apresenta-se em linhas gerais o processo de precipitação de cálcio, através da atividade da enzima uréase.

As bactérias biomineralizadoras estão diretamente atreladas a saturação atingível e a taxa de precipitação de carbonato de cálcio, regulando a morfologia dos cristais formados. Quando a concentração destes íons excede o produto de solubilidade a solução do meio se torna supersaturada. Quanto mais supersaturada for a solução, maior é a probabilidade de a precipitação de carbonato de cálcio ocorrer.

**Figura 2 – Desenho esquemático representando a atividade da enzima uréase durante o processo de precipitação de cálcio, via atividade microbiana.**



Fonte: Adaptado de Al-Thawadi (2008).

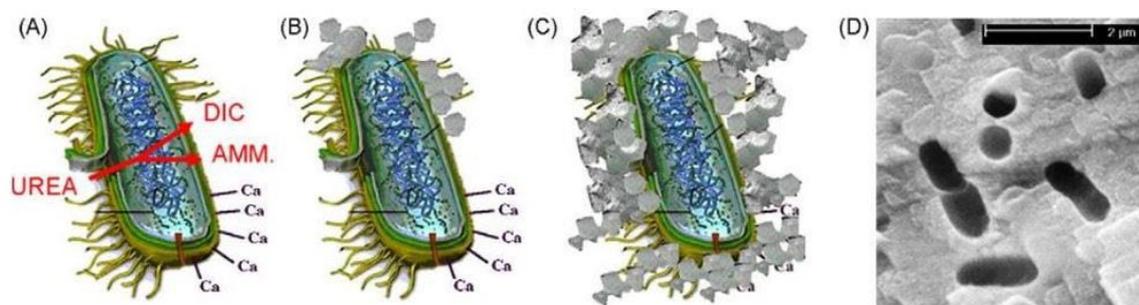
Quando a enzima uréase presente nas bactérias ureolíticas faz a hidrólise da ureia, ocorre a produção de amônia e carbonato (Equação 1), que posteriormente de forma espontânea esses elementos são hidrolisados para produzir uma nova molécula de amônia e ácido carbônico (Equação 2). Estes produtos equilibram-se em meio aquoso, formando bicarbonato e amônio, além de íons de hidróxido (Equação 3 e 4), que resultam na elevação do pH. Esta alteração do pH pode alterar o equilíbrio do bicarbonato, gerando íons carbonato (Equação 5), que na presença de íons solúveis de cálcio, precipitam como  $\text{CaCO}_3$  (Equação 6) (DHAMI *et al.*, 2013).

A parede celular bacteriana pode atrair cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ), devido a mesma apresentar cargas negativas, e posteriormente depositarem na superfície celular. Os cátions na reagem com os íons  $\text{CO}_3^{2-}$ , precipitando carbonato de cálcio na superfície da parede celular, promovendo a morte das bactérias (Equações 7 e 8).



As principais etapas vinculadas com a precipitação de cálcio via atividade bacteriana são apresentadas na Figura 3. De forma geral, os íons cálcio na solução são atraídos para parede celular bacteriana devido à carga negativa da célula (a). Após a adição de ureia às bactérias, o carbono inorgânico dissolvido (*Dissolved Organic Carbonic- DIC*) e o amônio ( $\text{NH}_4$ ) são liberados no microambiente da bactéria (b). Na presença de íons cálcio, pode resultar em uma supersaturação local e, portanto, uma precipitação heterogênea do carbonato de cálcio na parede da célula bacteriana (c). Depois de um tempo, a célula inteira fica encapsulada, limitando a transferência de nutrientes, resultando em morte celular (d).

**Figura 3 – Formação de carbonato de cálcio no interior de uma célula bacteriana.**



Fonte: Adaptado de Muyneck et al. (2010).

## Bactérias biocimentantes

Na literatura especializada encontra-se diferentes microrganismos capazes de realizar o mecanismo de biocimentação. A espécie da bactéria empregada no processo é essencial para a produção da enzima uréase e, portanto, o tipo de bactéria mais adequadas para MICP são bactérias capazes de catalisar a hidrólise da ureia. As bactérias aeróbias são preferíveis, uma vez que liberam  $\text{CO}_2$  da respiração celular, e a produção de  $\text{CO}_2$  é acompanhada pelo aumento do pH devido à produção de amônio (MUYNCK *et al.*, 2010).

Os microrganismos amplamente empregados com essa finalidade são as bactérias do gênero *Bacillus* e *Sporosarcina* (MUYNCK *et al.*, 2010). Essas bactérias são capazes de crescer em um meio de cultura contendo aminoácidos e ágar como nutriente (JIMENEZ-LOPEZ *et al.*, 2007). Além disso, possuem uma alta taxa de produção da enzima urease e melhor adaptabilidade ao ambiente (WANG *et al.*, 2012). No entanto, atualmente diferentes estudos já foram desenvolvidos utilizando diferentes espécies de bactérias. Na Tabela 1 é apresentando diferen-

tes trabalhos juntamente com as bactérias utilizadas no processo de reparo de argamassas e cimentos utilizados na construção civil.

**Tabela 1 – Diferentes bactérias utilizadas no processo de biocimentação.**

<b>Bactéria</b>	<b>Referência</b>
Bacillus cereus	Metayer-Levrel et al. (1999)
Micrococcus sp.	Tiano et al. (1999)
Bacillus pasteurii	Ramachandran et al. (2001); Bang et al. (2001)
Bacillus sphaericus	Belie et al. (2008)
Sporosarcina pasteurii	Albo-EL-Enein et al. (2013)
Bacillus cohniiine Bacillus megaterium	Chaurasia et al. (2019)
Shewanella	Ghosh et al. (2005)

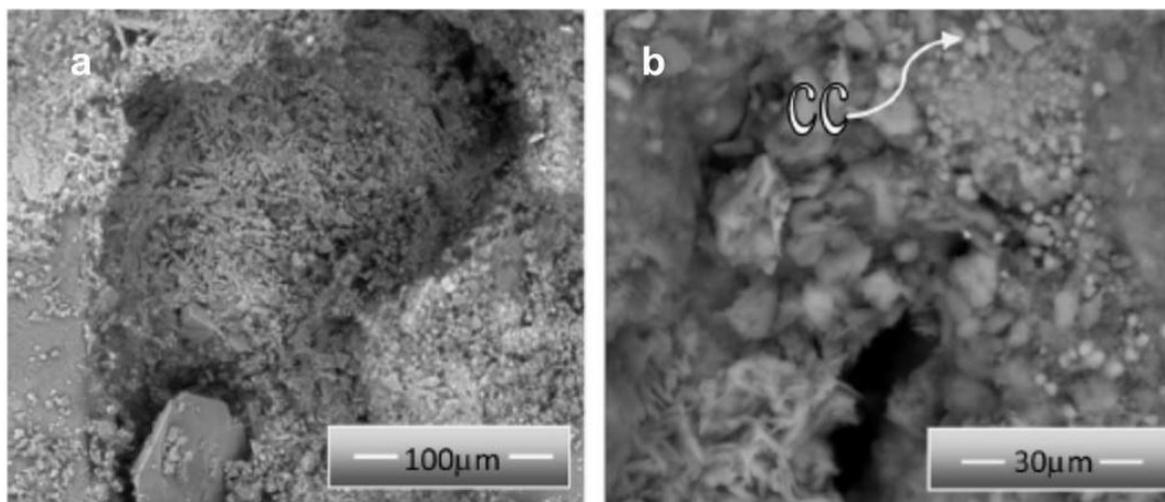
**Fonte: Os autores (2021).**

Além da diversidade bacteriana, a taxa de hidrólise da ureia é proporcional a abundância das bactérias. Para otimizar a produção de carbonato de cálcio é necessário determinar a concentração celular ótima para o processo de biocimentação, quanto ao tempo específico em que as bactérias se encontram em sua fase exponencial, onde ocorre a maior produção enzimática (MUYNCK *et al.*, 2010). Nesse sentido, a literatura especializada recomenda uma concentração de bactérias junto ao substrato na ordem de  $10^6$  a  $10^8$  células (WANG *et al.*, 2012).

### **Aplicação das bactérias biocimentantes na argamassa**

Segundo a Albo-el-enein *et al.* (2013), as células microbianas devem ser adicionadas junto a argamassa imediatamente após o preparo da argamassa. As bactérias de interesse devem ser cultivadas em caldo nutriente, suplementado com o 2% de ureia e misturado a argamassa em uma relação de água/ argamassa de 0,6. Na Figura 4 apresenta-se a precipitação de carbonato de cálcio após 28 dias de cultivo de bactérias biocimentantes (Bacillus sp.)

**Figura 4 – Desenvolvimento de bactérias biocimentantes em argamassa. A) Controle sem adição de bactérias. B) Após 28 dias de desenvolvimento das células bacterias.**



**Fonte: Adaptado de Albo-el-enein et al. (2013).**

### **Desempenho da aplicação de bactérias biocimentantes em argamassa**

Atualmente já está bem elucidado tanto na literatura nacional quanto internacional que

a biocimentação melhora de forma significativa as propriedades da argamassa. De forma geral, não foi identificado parâmetros padrões de avaliação do desempenho das diferentes bactérias empregadas entre os estudos. No entanto, parâmetros associados com a resistência da argamassa estavam presentes na grande maioria das pesquisas.

Apesar da biocimentação ser amplamente utilizada, os estudos desenvolvidos para avaliar o potencial bacteriano na produção de carbonato de cálcio encontram-se em ascensão nos últimos anos (ALMEIDA *et al.*, 2019). A seguir será abordado aplicações de diferentes tipos de bactérias, juntamente com o desempenho das mesmas na melhoria das propriedades da argamassa. Além disso, na Tabela 2 apresenta-se de forma resumida algumas bactérias estudadas e o seu desempenho em relação a melhorias realizadas em argamassa.

**Tabela 2– Principais resultados atrelados a atividade bacteriana na técnica de biocimentação.**

<b>Bactéria</b>	<b>Principal resultado</b>	<b>Referência</b>
Bacillus Pasteuri	A biocimentação melhorou a rigidez, a resistência compressão, o modulo de ruptura e a durabilidade do concreto	Ramakrishnam, (2007)
Bacillus Pasteuri	A biocimentação proporcionou uma diminuição de absorção água de 65 a 90%.	Muyneck et al. (2008)
Bacillus sp. CT-5	A biocimentação. aumentou 36% na resistência a compressão argamassa de cimento	Achal et al. (2010)
Sporosarcina pasteurii	A biocimentação aumento de 33% em 28 dias na resistência compressão da argamassa de cimento.	Abo-El-Enein et al., (2012)
Bacillus sp.	A biocimentação demonstrou uma redução de mais de 50% porosidade das amostras de argamassa.	Achal et al. (2013)
Bacillus Cohnii megaterium	A biocimentação aumentou na ordem de 20% a resistência compressão das argamassas.	Chaurasia et al. (2019)
Sporosarcina pateurri	A biocimentação proporcionou efeito positivos em relação compressão e resistência a aderência em argamassa.	Al-Salloum et al. (2016)
Bacillus sp.	melhor hidratação da argamassa em função da presença dos agregados leves umedecidos com a atividade de biocimentação.	Bunder et al. (2017a)

**Fonte: Os autores (2021).**

Ramakrishnam (2007) mostrou que a adição da bactéria *Bacillus Pasteurii* melhorou significativamente as trincas e fissuras presentes em um concreto de argamassa. O desempenho da biocimentação foi avaliado comparando a resistência a compressão e rigidez de amostras fissuradas com a presença de bactérias e uma amostra controle sem a adição de bactérias. Além de testarem a durabilidade dos elementos do concreto tratados com bactérias, expostos a ambientes alcalinos, sulfatados e de congelamento-descongelamento. Os resultados mostraram que a técnica de biocimentação melhorou a rigidez, a resistência a compressão, o modulo de ruptura e a durabilidade do concreto.

Em outro estudo utilizando a mesma espécie de bactéria (*Bacillus Pasteurii*), os efeitos da precipitação de carbonato de cálcio na durabilidade de amostras de argamassa com diferentes porosidades para a recuperação de estruturas de concreto foram investigados. A durabilidade foi avaliada a partir das propriedades de permeabilidade e resistência aos processos de degradação. Os resultados mostraram que as presenças dos cristais de carbonato de cálcio proporcionaram uma diminuição de absorção de água de 65 a 90%. Além disso, um aumento da resistência ao congelamento e descongelamento também foi identificado devido a ação bacteriana (MUYNCK *et al.*, 2008).

Em ordem de realizar a recuperação de fissuras de concreto em obras já construídas, Achal *et al.* (2010) estudaram o desempenho da bactéria *Bacillus sp.* CT-5 no processo de biocimentação. Identificou-se um aumento de 36% na resistência a compressão da argamassa de cimento com a adição das bactérias. Além disso, a produção de calcita devido a presença da bactéria *Bacillus* absorveu quase 6 vezes menos água que o material de controle.

Em 2012, Abo-El-Enein *et al.* (2013) investigaram o desempenho da bactéria *Sporosarcina Pasteurri* na força e na absorção de água de argamassa de cimento e areia, devido a precipitação de carbonato de cálcio de forma induzida. Os resultados mostraram um aumento de 33% em 28 dias na resistência à compressão da argamassa de cimento.

Posteriormente, foi desenvolvido um estudo com a bactéria *Bacillus sp.* para avaliar a durabilidade e remediação de fissuras em estruturas de concreto de argamassa. A biocimentação induzida pela atividade da bactéria *Bacillus sp.*, demonstrou uma redução de mais de 50% na porosidade das amostras de argamassa. Além disso, a permeabilidade ao cloreto de concreto mudou de moderada para muito baixa. Nesse sentido, os autores concluíram que a bactéria foi benéfica para o reparo das fissuras (ACHAL *et al.*, 2013).

Resultados semelhantes foram obtidos por Chaurasia *et al.* (2019), onde foi estudado o desempenho de dois gêneros da bactéria *Bacillus* (*B. Cohnii* e *B. Megaterium*). Os autores produziram diferentes concentrações de argamassa e foi medida a resistência à compressão. Os resultados mostraram que ambas as bactérias apresentaram comportamento similar, aumentando na ordem de 20% a resistência a compressão das argamassas. Esse mesmo comportamento foi obtido por Mashewaran *et al.* (2014), utilizando as bactérias *Bacillus* do gênero *Cereus* e *Pasteurri*. Os autores mostraram que a adição dessas culturas bacterianas aumentou a resistência à compressão da argamassa de cimento devido a biomineralização de carbonato de cálcio. Os resultados dos testes revelaram um aumento de 38% na resistência a compressão com *Bacillus Cereus* e 29% para o *Bacillus Pasteurri*.

Al-Salloum *et al.* (2016) mostraram que a precipitação de cálcio por meio da bactéria *Sporosarcina Pasteurri* proporcionou efeitos positivos em relação a compressão e resistência a aderência em argamassa. Nesse mesmo sentido, William *et al.* (2016) avaliaram a eficácia de diferentes agentes de reparo de fissuras de concreto, com materiais impermeabilizantes e argamassa com a adição de bactérias (*Bacillus sp.*), em vigas de concreto fissuradas. Argamassas contendo bactérias e sem bactérias foram utilizadas para o fechamento de fissuras. Os resultados mostraram que as argamassas pré-rebocadas com a presença bacteriana exibiram maior recuperação de resistência à flexão (8 a 30% de recuperação) em comparação com as argamassas pré-rebocadas sem bactérias (3 a 5% de recuperação).

Bundur *et al.*, (2017a) mostraram um significativo aumento da resistência da argamassa com a presença de diferentes espécies do gênero *Bacillus*. Além disso, os autores relatam melhor hidratação da argamassa em função da presença dos agregados leves umedecidos com a atividade de biocimentação produzida pelas bactérias.

Em outro estudo, a capacidade de remediar rachaduras e reduzir porosidade em matrizes a base de cimento utilizando *Sporosarcina Pasteurri* foi estudado. Os resultados mostraram que a adição de bactérias mostrou ter impacto substancial na redução da porosidade da argamassa (BUNDUR *et al.* 2017b). Kumari *et al.* (2017) avaliaram as propriedades mecânicas da

argamassa de cimento com a adição de bactérias do gênero *Bacillus*. Os resultados mostraram que o cimento que continha a presença de bactérias apresentou maior resistência a compressão, tempo de endurecimento, solidez, sorvoplastia e morfologia microestrutural.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado em uma revisão bibliográfica desenvolvida sobre o tema biocimentação e os principais microrganismos envolvidos com o processo, pode-se concluir que as pesquisas desenvolvidas com biocimentação em argamassa apresentaram resultados promissores, devido a necessidade de melhorias e incrementos quando ocorrer manifestações patológicas em argamassas. A principal bactéria empregada no processo de biocimentação está atrelada ao gênero *Bacillus*. Além disso, o pH presente do meio é um fator primordial para a atividade da enzima urease, sendo indicado valores na faixa de 7,5 a 9.

Não foi identificado parâmetros padrões de avaliação do desempenho das diferentes bactérias empregadas entre os estudos. No entanto, parâmetros associados com a resistência da argamassa estavam presentes na grande maioria das pesquisas, indicando um aumento na resistência na argamassa cerca de 30% após a adição das bactérias. A utilização da biocimentação via atividade bacteriana mostrou ser uma importante estratégia que promove melhorias na resistência, compressão, potencial de absorção de água e porosidade da argamassa.

## REFERÊNCIAS

- ABO-EL-ENEIN, S.A.; ALI, A.H.; TALKHAN, Fatma N.; ABDEL-GAWWAD, H.A. Application of microbial biocementation to improve the physico-mechanical properties of cement mortar. *Hbrc Journal*, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 36-40, abr. 2013. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hbrj.2012.10.004>.
- ACHAL, Varenayam; MUKERJEE, Abhijeet; REDDY, M. Sudhakara. Biogenic treatment improves the durability and remediates the cracks of concrete structures. *Construction and Building Materials*, [S.L.], v. 48, p. 1-5, nov. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.061>.
- ACHAL, Varenayam; MUKHERJEE, Abhijit; REDDY, M. Sudhakara. Microbial Concrete: way to enhance the durability of building structures. *Journal of Materials in Civil Engineering*, [S.L.], v. 23, n. 6, p. 730-734, jun. 2010. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0000159](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0000159).
- ALMEIDA, Jupira; COLLA, Luciane Maria; THOMÉ, Antônio. Características das publicações sobre o uso da técnica de biocimentação na produção de argamassas. *Revista Ciatic*, Passo Fundo, v. 11, n. 11, p. 62-79, 2019.
- AL-SALLOUM, Yousef; ABBAS, H.; SHEIKH, Q.I.; HADI, S.; ALSAYED, Saleh; ALMUSALLAM, Tarek. Effect of some biotic factors on microbially-induced calcite precipitation in cement mortar. *Saudi Journal Of Biological Sciences*, [S.L.], v. 24, n. 2, p. 286-294, fev. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.01.016>.
- AL-THAWADI, Salwa. High strength in-situ biocementation of soil by calcite precipitating locally

isolated ureolytic bacteria. 2008. 209 f. Tese (Doutorado) - Curso de School Of Biology Science and Biotechnology, Murdoch University, Austrália, 2008.

BANG, Sookie S.; GALINAT, Johnna K.; RAMAKRISHNAN, V. Calcite precipitation induced by polyurethane-immobilized *Bacillus pasteurii*. *Enzyme And Microbial Technology*, [S.L.], v. 28, n. 4-5, p. 404-409, mar. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0141-0229\(00\)00348-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0141-0229(00)00348-3).

BAUER, E. (Ed.). *Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades*. Brasília: IEM-Unb/Sinduscon-dF, 2005.

BELIE, N de; MUYNCK, W de. Crack repair in concrete using biodeposition. *Concrete Repair, Rehabilitation And Retrofitting II*, [S.L.], p. 291-292, out. 2008. CRC Press. <http://dx.doi.org/10.1201/9781439828403.ch107>.

BORGES, Hugo Moreira Ramos Rodrigues. *Bio-cimentação como técnica de reparação de argamassas cimentícias*. 2015. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2015.

BUNDER, Zeynep Başaran; BAE, Sungwoo; KIRISITS, Mary Jo; FERRON, Raissa Douglas. Biomineralization in Self-Healing Cement-Based Materials: investigating the temporal evolution of microbial metabolic state and material porosity. *Journal Of Materials In Civil Engineering*, [S.L.], v. 29, n. 8, p. 04017079, ago. 2017b. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0001838](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0001838).

BUNDUR, Zeynep Başaran; KIRISITS, Mary Jo; FERRON, Raissa Douglas. Use of pre-wetted lightweight fine expanded shale aggregates as internal nutrient reservoirs for microorganisms in biomineralized mortar. *Cement And Concrete Composites*, [S.L.], v. 84, p. 167-174, nov. 2017a. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.09.003>.

CHAURASIA, Leena; BISHT, Vishakha; SINGH, L.P.; GUPTA, Sanjay. A novel approach of biomineralization for improving micro and macro-properties of concrete. *Construction And Building Materials*, [S.L.], v. 195, p. 340-351, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.031>.

CHOI, Sun-Gyu; CHANG, Ilhan; LEE, Minhyeong; LEE, Ju-Hyung; HAN, Jin-Tae; KWON, Tae-Hyuk. Review on geotechnical engineering properties of sands treated by microbially induced calcium carbonate precipitation (MICP) and biopolymers. *Construction And Building Materials*, [S.L.], v. 246, p. 118415, jun. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118415>.

DHAMI, Navdeep Kaur. Biomineralization of Calcium Carbonate Polymorphs by the Bacterial Strains Isolated from Calcareous Sites. *Journal Of Microbiology And Biotechnology*, [S.L.], v. 23, n. 5, p. 707-714, maio 2013. Korean Society for Microbiology and Biotechnology. <http://dx.doi.org/10.4014/jmb.1212.11087>.

GOLLAPUDI, U.K.; KNUTSON, C.L.; BANG, S.s.; ISLAM, M.R. A new method for controlling leaching through permeable channels. *Chemosphere*, [S.L.], v. 30, n. 4, p. 695-705, fev. 1995. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0045-6535\(94\)00435-w](http://dx.doi.org/10.1016/0045-6535(94)00435-w).

GHOSH, P.; MANDAL, S.; CHATTOPADHYAY, B.D.; PAL, S. Use of microorganism to improve the strength of cement mortar. *Cement and Concrete Research*, [S.L.], v. 35, n. 10, p. 1980-1983, out. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2005.03.005>.

González-Munoz, M.T. 2008. Bacterial biomineralization applied to the protection/consolidation of ornamental stone: current development and perspectives. *Coalition* 15, 12–18.

GURBUZ, Ayhan; SARI, Yasin Dursun; YUKSEKDAG, Zehra Nur. Bacteria-Induced Cementation in Sandy Soils. *Geomicrobiology Journal*, [S.L.], v. 32, n. 9, p. 853-859, 21 maio 2015. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01490451.2015.1016246>.

HAMMES, Frederik; VERSTRAETE, Willy. Key roles of pH and calcium metabolism in microbial carbonate precipitation. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 3-7, mar. 2002. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1015135629155>.

HAUSINGER R. P., KARPLUS P. A. EM: WIEGHARDT K., HUBER R., POULUS T. L., Messer-Schmidt A *Handbook of Metalloproteins*. West Sussex, UK, 2001.

JIMENEZ-LOPEZ, C.; RODRIGUEZ-NAVARRO, C.; PIÑAR, G.; CARRILLO-ROSÑA, F.J.; RODRIGUEZ-GALLEGO, M.;

GONZALEZ-MUÑOZ, M.T. Consolidation of degraded ornamental porous limestone stone by calcium carbonate precipitation induced by the microbiota inhabiting the stone. *Chemosphere*, [S.L.], v. 68, n. 10, p. 1929-1936, ago. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.02.044>.

KRISHNAPRIYA, S.; BABU, D.L. Venkatesh; G., Prince Arulraj. Isolation and identification of bacteria to improve the strength of concrete. *Microbiological Research*, [S.L.], v. 174, p. 48-55, maio 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2015.03.009>.

KUMARI, C.; BHASKAR DAS; JAYABALAN, R; DAVIDS, R; SARKAR, P. Effect of Nonureolytic Bacteria on Engineering Properties of Cement Mortar. *Jornal Matering Civil Engineering*, [S.L.], v. 29, n. 6, p. 06016024-1, 2017.

LIAN, Bin; HU, Qiaona; CHEN, Jun; JI, Junfeng; TENG, H. Henry. Carbonate biomineralization induced by soil bacterium *Bacillus megaterium*. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, [S.L.], v. 70, n. 22, p. 5522-5535, nov. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gca.2006.08.044>.

LÓPEZ-GARCÍA, Purificación; KAZMIERCZAK, Józef; BENZERARA, Karim; KEMPE, Stephan; GUYOT, François; MOREIRA, David. Bacterial diversity and carbonate precipitation in the giant microbialites from the highly alkaline Lake Van, Turkey. *Extremophiles*, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 263-274, 15 jun. 2005. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00792-005-0457-0>.

MASHEWARAN, S; DASURU, A; MURTHY, R.M; BHUVANESHWARI, V; RAMESH KUMAR. Strength Improvement Studies Using New Type Wild Strain *Bacillus Cereus* on Cement Mortar. *Current Science*, [S.L.], v. 106, no. 1, Current Science Association, 2014, pp. 50–57, <http://www.jstor.org/stable/24099862>.

MÉTAYER-LEVREL, G Le; CASTANIER, S; ORIAL, G; LOUBIÈRE, J.-F; PERTHUISOT, J.-P. Applications of bacterial

carbonatogenesis to the protection and regeneration of limestones in buildings and historic patrimony. *Sedimentary Geology*, [S.L.], v. 126, n. 1-4, p. 25-34, jul. 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0037-0738\(99\)00029-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0037-0738(99)00029-9).

MUYNCK, Willem de; BELIE, Nele de; VERSTRAETE, Willy. Microbial carbonate precipitation in construction materials: a review. *Ecological Engineering*, [S.L.], v. 36, n. 2, p. 118-136, fev. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.02.006>.

MUYNCK, Willem de; COX, Kathelijn; BELIE, Nele de; VERSTRAETE, Willy. Bacterial carbonate precipitation as an alternative surface treatment for concrete. *Construction and Building Materials*, [S.L.], v. 22, n. 5, p. 875-885, maio 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.12.011>.

RAMAKRISHNAN, V. Performance characteristics of bacterial concrete-a smart biomaterial. *Proceedings of the First International Conference on Recent Advances in Concrete Technology*, Washington, DC, 2007; p. 67-78.

RAMACHANDRAN, S.K; RAMAKRISHNAN, V; BANG, S.S. Remediation of concrete using microorganisms. *ACI Material Journal*, v.98, n.3 p.3-9, 2001.

REIS, L G V. Biotecnologia microbiana da construção: potencial de biomineralização de bactérias ureolíticas de solo de cerrado e de rejeitos de construção civil. 2017. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiânia, Goiânia, 2017.

STOCKS-FISCHER, Shannon; GALINAT, Johnna K.; BANG, Sookie S. Microbiological precipitation of CaCO<sub>3</sub>. *Soil Biology And Biochemistry*, [S.L.], v. 31, n. 11, p. 1563-1571, out. 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0038-0717\(99\)00082-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0038-0717(99)00082-6).

TIANO, P.; BIAGIOTTI, L.; MASTROMEI, G. Bacterial bio-mediated calcite precipitation for monumental stones conservation: methods of evaluation. *Journal of Microbiological Methods*, [S.L.], v. 36, n. 1-2, p. 139-145, maio 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-7012\(99\)00019-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-7012(99)00019-6).

WANG, J y; BELIE, N de; VERSTRAETE, W. Diatomaceous earth as a protective vehicle for bacteria applied for self-healing concrete. *Journal Of Industrial Microbiology And Biotechnology*, [S.L.], v. 39, n. 4, p. 567-577, 1 abr. 2012. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1007/s10295-011-1037-1>.

WILLIAM, Sarah L.; SAKIB, Nazmus; KIRISITS, Mary Jo; FERRON, Raissa D. Flexural Strength Recovery Induced by Vegetative Bacteria Added to Mortar. *Aci Materials Journal*, [S.L.], v. 113, n. 4, p. 332-339, ago. 2016. American Concrete Institute. <http://dx.doi.org/10.14359/51688831>.

XU, An-Wu; MA, Yurong; CÖLFEN, Helmut. Biomimetic mineralization. *J. Mater. Chem.*, [S.L.], v. 17, n. 5, p. 415-449, 2007. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/b611918m>.

Capítulo

02

**Conformação Mecânica: comparação  
de literatura com a prática do  
processo de trefilação da máquina  
Teurema**

**Mechanical Conformation: literature  
comparison with the practice of the  
Teurema machine drawing process**

---

***Débora Abigail Azevêdo Silva***

*Aluna de graduação em Bacharelado em Engenharia Mecânica*

***Thaylã Wylkson Viana de Sousa Lira***

*Aluno de graduação em Bacharelado em Engenharia Mecânica*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.2

## RESUMO

Esse trabalho tem o intuito de estudar os conceitos de conformação mecânica com foco na trefilação e comparação com uma máquina industrial em funcionamento. Por meio de consultas à literatura e a verificação do processo real de produção de vergalhões CA50 e CA60, foram descritas as etapas principais para a redução do diâmetro do fio máquina. Dentro do processo de trefilação foram vistos três pontos de suma importância, são eles: testes de qualidade do material (ensaios de tração, dobramento, dureza, entre outros), manutenção preventiva da máquina industrial e a sequência de estruturas ideais que o maquinário deve ter para maior produtividade, evitando avarias no material de suas ferramentas.

**Palavras-chave:** conformação mecânica. processo de trefilação. máquina industrial.

## ABSTRACT

This work aims to study the concepts of mechanical forming with a focus on drawing and comparison with an industrial machine in operation. Through literature consultations and verification of the actual production process of CA50 and CA60 rebars, the main steps for reducing the wire rod diameter were described. Three extremely important points were seen within the drawing process, they are: material quality tests (tensile, bending, hardness tests, among others), preventive maintenance of the industrial machine and the sequence of ideal structures that the machinery must have for greater productivity, avoiding damage to the material of your tools.

**Keywords:** mechanical conformation. drawing process. industrial machine.

## INTRODUÇÃO

A grande maioria das empresas no ramo da indústria automobilística, aérea e de materiais de construção possuem um investimento vasto em linhas de produção e transformação contínua de aço e ferro. O processo de fabricação de aço consiste em quatro etapas: siderurgia, refinação, fundição contínua e a conformação. Cada etapa desse processo é crucial para que o produto final saia com qualidade. (TANG, 2002)

De acordo com o livro *Conformação Plástica dos Metais* (2011), a conformação do aço pode ser feita de diversas maneiras, tanto por processos mecânicos, processos metalúrgicos ou até mesmo processos com difusão de partículas metálicas. Cada um deles causa modificações específicas e características no material, como, por exemplo, em processos de conformação mecânica o material é submetido a uma tensão inferior ao seu limite de resistência de ruptura.

Dentre os processos de conformação, existem classificações dos processos mais adequados para cada tipo de segmento. O que será utilizado como base do trabalho vão ser os processos contínuos, quase-estacionários e primários à frio por compressão indireta. Os segmentos mais indicados para esse processo são tubos, barras, arames e fios. (FERREIRA, 2021)

No trabalho foi feita uma análise qualitativa e quantitativa do processo de trefilação da máquina industrial Teurema juntamente com um estudo bibliográfico de tal processo e tem como

objetivos:

1. Definir o conceito de Conformação Mecânica e Trefilação;
2. Citar ensaios e testes que definem a qualidade do produto;
3. Comparar processo e funcionamento de uma máquina de trefilação ideal com uma máquina de trefilação real.

A pesquisa conta com uma parte prática de observação e definição de passos lógicos do processo, mas também conta com a parte bibliográfica. A literatura utilizada como base consta com um apanhado de livros, artigos e dissertações voltadas para a área de Engenharia de Materiais, com foco em conformação.

Para iniciarmos o estudo sobre a trefilação, precisamos definir alguns conceitos como: conformação mecânica, trefilação e, por fim, máquinas de conformação e seu funcionamento. A seguir será feita a descrição de um levantamento prévio de um estudo de caso de uma máquina industrial e comparada com o funcionamento e setup ideal (de acordo com a literatura) nas considerações finais.

## **Conformação mecânica**

Trata-se de um termo específico que englobam processos variados de deformação de uma determinada matéria-prima, onde as características microscópicas do material podem ser mantidas, porém sua aparência é modificada de acordo com parâmetros e objetivos de seu uso. A conformação é importante para facilitar ou otimizar o uso de diversos materiais e aplica-los nas mais variadas vertentes. Em casos onde são necessárias geometrias específicas e complexas, propriedades metalúrgicas bem definidas.

Como foi dito anteriormente, o segmento abordado no trabalho é conformado a partir de processos contínuos, quase-estacionários e primários à frio por compressão indireta. A partir da nomenclatura, temos que a conformação a ser utilizada é exposta a um esforço que causa deformação predominantemente localizada, onde a matéria prima está em movimento constante, fluido que gera um produto semiacabado. (NASCIMENTO, 2020)

## **Processo de Trefilação**

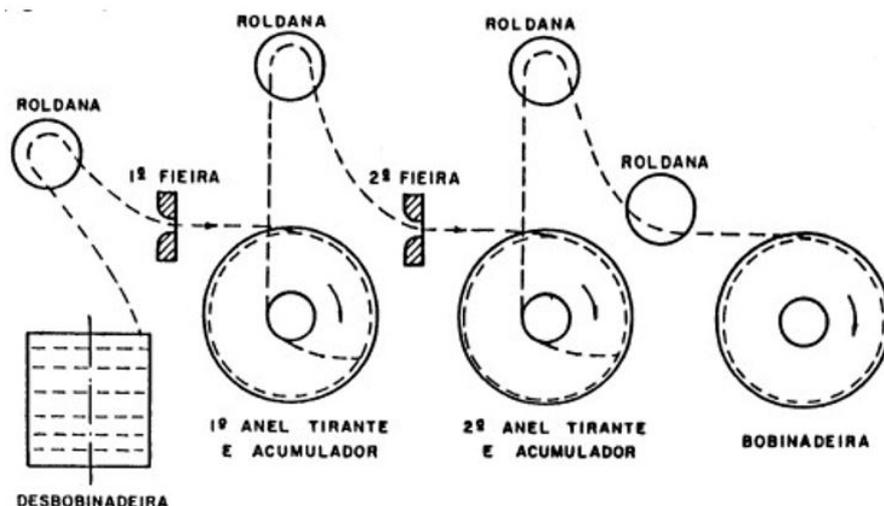
Segundo Ferreira (2021), a trefilação é um processo de conformação plástica feito à frio, onde o fio passa por furos de diâmetros menores que o seu diâmetro a fim de reduzir o mesmo. A força preponderante aplicada no material é feita por compressão indireta através das paredes do furo da ferramenta sobre o fio. É gerado então um esforço de tração ao longo da direção axial do fio.

O material sofre o processo de encruamento durante o processo e suas características mecânicas são alteradas (há um aumento na ductilidade do material e aumento em sua resistência mecânica). Os materiais que podem passar por esse processo são arames em barra ou tubo obtidos por processo de extrusão ou laminação.

A estrutura do maquinário pode ser classificada de duas maneiras: máquina de trefilar sem deslizamento (Figura 1) e máquina de trefilar com deslizamento (Figura 2). O maquinário

pode sofrer modificações estruturais dependendo das propriedades mecânicas e características dimensionais esperados dos produtos trefilados e de durabilidade do equipamento.

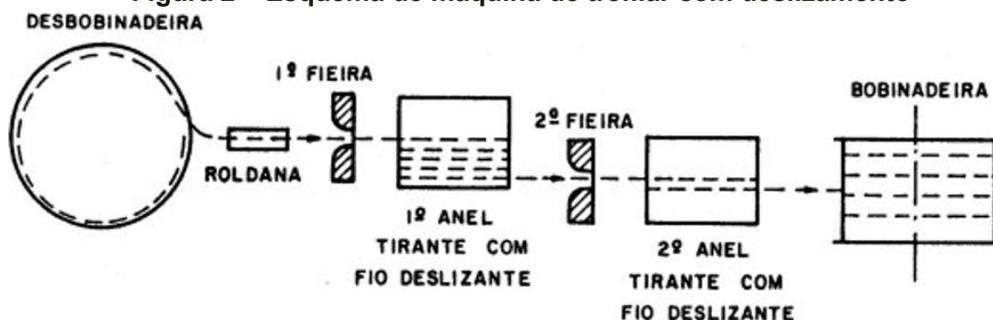
Figura 1 – Esquema de máquina de trefilar sem deslizamento



Fonte: Ferreira (2021).

O maquinário mostrado no esquema anterior (Figura 1) é constituído por uma roldana para endireitamento inicial do material, 2 (dois) anéis tirantes, onde o primeiro acumula e traciona o fio trefilado e o segundo que tem a mesma finalidade. Entre os anéis, o maquinário é intercalado por duas fieiras (responsáveis pela redução do diâmetro do fio). Após o segundo conjunto de anel e acumulador, o maquinário é seguido de outras duas roldanas (responsáveis pelo alívio da tensão do material) e o dispositivo de bobinamento do material trefilado.

Figura 2 – Esquema de máquina de trefilar com deslizamento



Fonte: Ferreira (2021).

Já o maquinário mostrado no esquema anterior (Figura 2) é constituído por basicamente os mesmos componentes, porém não é dotado de roldanas aliviadoras de tensão antes do dispositivo de bobinamento. Outra diferença é que os anéis tirantes não possuem acumulador, trabalham com fio deslizante.

Alguns cuidados prévios com o fio são: tratamento químico e mecânico (decapagem e limpeza do fio), tratamento térmico de recozimento (retirada de impurezas nos contornos de grão da superfície do metal), regulagem de maquinário (ajuste da velocidade de trabalho – depende do diâmetro inicial e final do fio – e qualidade das peças) e lubrificação dos componentes do maquinário e do fio (auxiliar na diminuição do atrito entre a máquina e o fio e, conseqüentemente, reduzir o desgaste da fieira, melhorar o acabamento superficial e redução do esforço do maquinário). (FERREIRA, 2021)

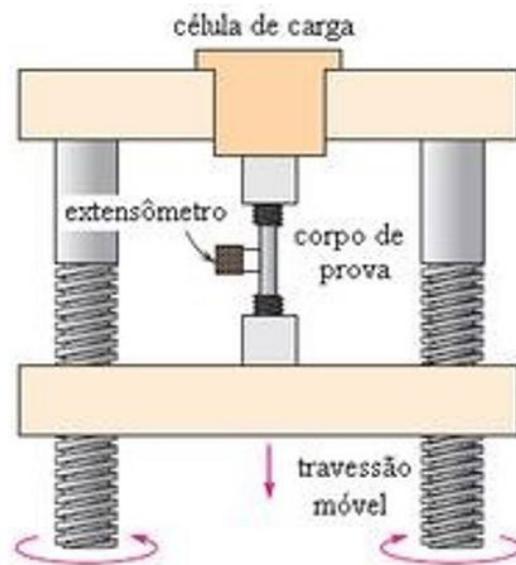
## Ensaio de tração

Para quesitos de análise e verificação de mudanças estruturais, devem ser feitos testes de qualidade do material, ensaios pré-trefilação e pós-trefilação. Os ensaios devem ser feitos de acordo com a norma ABNT NBR ISO 6892 e ISO 15630-

1. Ou seja, entre a temperatura ambiente de 10°C e 35°C (ou em ambientes controlados dentro dos limites de 23°C ± 5°C).

O equipamento utilizado para o ensaio de tração (ilustrado na Figura 3) prende as extremidades do material e submete a amostra a uma tensão de tração contínua até o momento de sua ruptura.

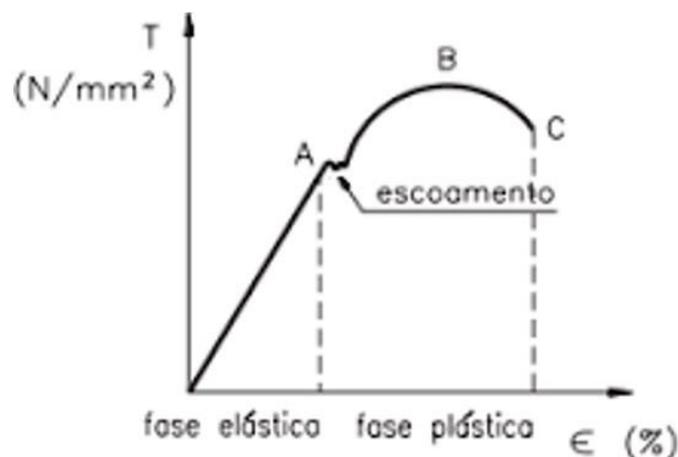
Figura 3 – Equipamento para ensaio de tração



Fonte: Filho et al. (2011).

O ensaio resulta em um diagrama tensão x deformação (Figura 4), de onde podem ser tiradas informações como: alongamento plástico (ductilidade e fragilidade do material), limite elástico (ou de proporcionalidade – durabilidade do material e capacidade de retornar ao comprimento inicial) e o limite de escoamento do material. (ABNT NBR 7480, 2007)

Figura 4 – Diagrama tensão x deformação típico



Fonte: Filho et al. (2011).

No diagrama é possível separar claramente os estágios que a amostra é submetida e é possível analisar os impactos que o ensaio gerou no material. Tais quais: tensão última (máxima tensão que se atinge – Fase Elástica), tensão de ruptura (tensão que, se atingida, provoca a ruptura do material - A), tensão de escoamento (ilustrado por B) e deformação de ruptura (deformação que, se atingida, provoca a ruptura do material - C).

Outros ensaios que podem ser úteis para avaliação do material são: ensaio de dureza (determinação de dureza de Brinell, Rockwell e Vickers e os valores de limite de resistência à tração), ensaio de tenacidade (teste de impacto, podendo ser pelo método Izod ou Charpy) e ensaio de dobramento (de acordo com a ABNT NBR 7438). (FILHO *et al.*, 2011)

## Estudo de Caso

O processo observado na prática foi feito em uma empresa de transformação de aço, localizada em Teresina (PI). Foi feito o acompanhamento da produção por um mês, durante o período foram verificadas tabelas específicas de funcionamento do maquinário e do comportamento esperado do material.

Antes do processo de trefilação, a matéria prima é submetida a testes de tração através da máquina Shimadzu AGX (Figura 5) e dobramento. O produto é certificado com base nos parâmetros do vergalhão CA50 e CA60 que podem ser observados nas tabelas de propriedades mecânicas a seguir.

Figura 5 – Ensaio de tração utilizando a máquina Shimadzu AGX



Fonte: Compilação do autor<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Imagem coletada durante observação de testes pré e pós produção de vergalhões CA50 e CA60.

**Tabela 1 – Propriedades mecânicas do FN 50**

Diâmetro Nominal (DN) mm	Massa Nominal (kg/m)	PROPRIEDADES MECÂNICAS DO FN 50 Exclusivo para máquina Shimadzu AGX				Relação LR/LE	Diâmetro Pino Dobramento 180 *
		Variação da massa nominal (%)	Lim. De Escoamento mínimo (LE) (Mpa)	Limite de Resistência (LR) (Mpa)	Alongamento mínimo em 10 $\Phi$		
6.3	0.245	± 7	503,5	543,8	8%	1.08	3 X DN*
8.0	0.395	± 7					
10.0	0.617	± 6					
12.5	0.963	± 6					
16.0	1.578	± 5					
20.0	2.466	± 5					
22.0	2.984	± 4					
25.0	3.853	± 4					
32.0	6.313	± 4					
40.0	9.865	± 4					

Fonte: Compilação do autor<sup>2</sup>.

**Tabela 1 – Propriedades mecânicas do FN 60**

Diâmetro Nominal (DN) mm	Massa Nominal (kg/m)	PROPRIEDADES MECÂNICAS DO FN 60 Exclusivo para máquina Shimadzu AGX				Relação LR/LE	Diâmetro Pino Dobramento 180 *
		Variação da massa nominal (%)	Lim. De Escoamento mínimo (LE) (Mpa)	Limite de Resistência Mínima (LR) (Mpa)	Alongamento mínimo em 10 $\Phi$		
3,4	0,071	± 6	604,20	664,62	5%	≥ 1,05	5 X DN*
3,8	0,089						
4,20	0,109						
5,00	0,154						
5,50	0,187						
6,00	0,222						
7,00	0,302						
8,00	0,395						
9,50	0,556						
9,70	0,579						

Fonte: Compilação do autor<sup>3</sup>.

Ao final dos ensaios, o software que recebe os inputs da máquina gera um gráfico de tensão x deformação, onde são analisados os fatores das tabelas acima. Caso o vergalhão não esteja dentro dos parâmetros mostrados nas tabelas 1 e 2, é feito um relatório de não conformidade do material e quando está dentro dos limites aceitáveis é feito o mesmo relatório, porém de conformidade. Os relatórios contam com as informações do tipo de aço, diâmetro do fio máquina, descrição de aspectos visuais (defeitos, trincas e oxidações), descrição de resultados via testes e a validação (aprovado ou reprovado de acordo com a norma ABNT 7480).

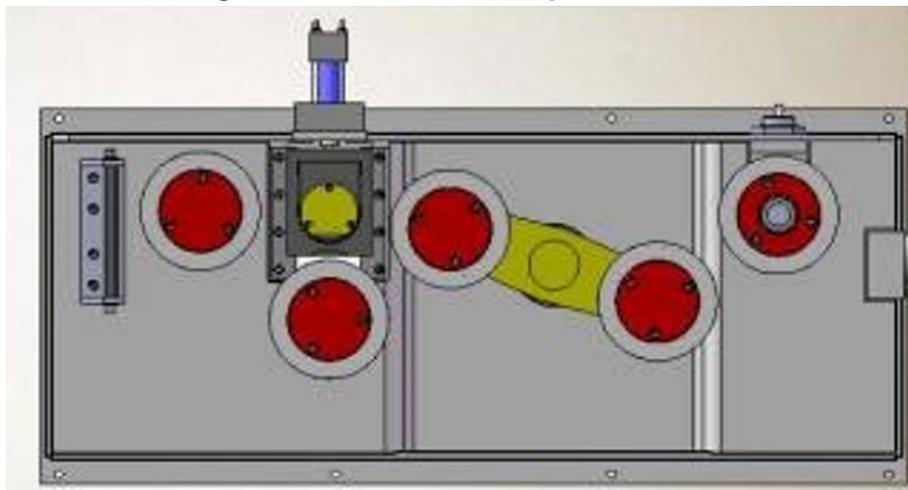
A máquina utilizada para o processo de trefilação é do tipo SPOOLER, da empresa TEUREMA Tecnica Europea de Maquinaria S.L., localizada na Espanha. O processo é cíclico e bem simples, começa com a passagem do fio máquina pelo desbobinador, seguido pela passagem na ferramenta chamada de bailarina (onde é feita a decapagem do fio máquina - identificado anteriormente no texto como tratamento químico, mecânico e térmico - Figura 6).

<sup>2</sup> Tabela de propriedades mecânicas do CA50 coletada no controle de qualidade da empresa onde a máquina está localizada.

<sup>3</sup> Tabela de propriedades mecânicas do CA60 coletada no controle de qualidade da empresa onde a máquina está localizada.

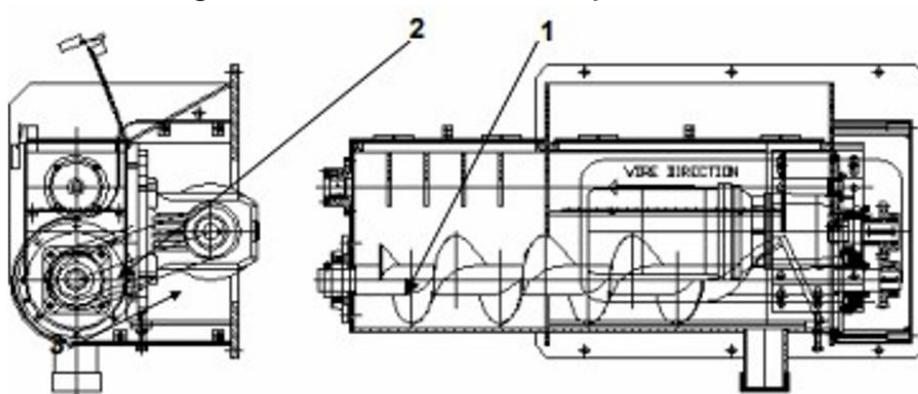
Depois disso, o fio máquina passa pela caixa de lubrificação (feita pela imersão do fio máquina com sabão do tipo VICAFIL X2 e GARDOLUB DP no estado sólido - Figura 7), primeira e segunda caixa de redução (com cassetes alinhados de maneira horizontal, onde seus discos internos se dispõem a 120° de distância um do outro – identificados anteriormente no texto como feiras – Figura 8). O fio, já trefilado, passa pelo tracionador e pelo aliviador de tensão logo em seguida, antes de ser rebobinado.

Figura 6 – Bailarinas da máquina Teurema



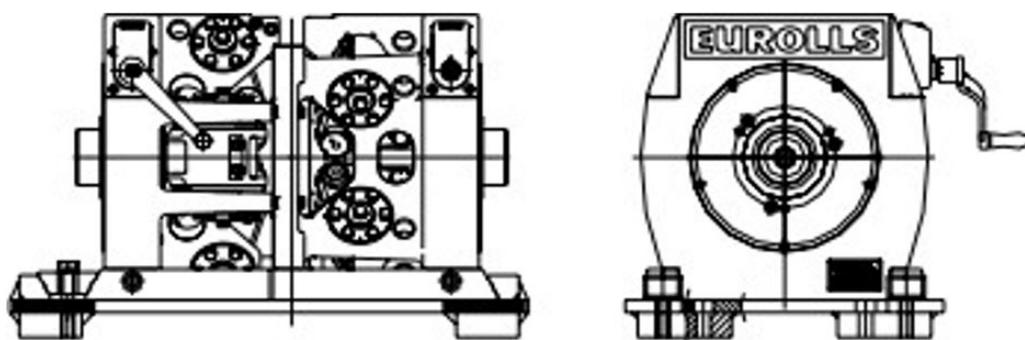
Fonte: Manual da máquina<sup>4</sup>

Figura 7 – Caixa de sabão da máquina Teurema



Fonte: Manual da máquina<sup>4</sup>

Figura 8 – Conjunto de redução da máquina Teurema



Fonte: Manual da máquina<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Esquema coletado no setor de manutenção da empresa onde a máquina está localizada

A máquina tem uma tabela de redução (Anexo 1) que mostra a configuração da máquina de acordo com o diâmetro que o fio máquina entra. A partir da tabela é possível verificar a taxa de redução do material após a primeira e a segunda fieira. A tabela presente no Anexo 1 também informa a quantidade de voltas a serem dadas nos anéis tirantes e a velocidade de trabalho que a máquina pode rodar sem danificar o material.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivos: definir o conceito de Conformação Mecânica e Trefilação, citar ensaios e testes que definem a qualidade do produto e comparar processo e funcionamento de uma máquina de trefilação ideal com uma máquina de trefilação real.

Diante da revisão bibliográfica realizada neste estudo para comparar com a prática de uma máquina de trefilação real, podemos considerar que o funcionamento do maquinário estudado encontra-se de acordo com o previsto pela literatura. Além disso, verificou-se ainda a adição de alguns componentes que são: um conjunto de decapagem; uma caixa de lubrificação com sabão sólido (por imersão) e um aliviador de tensão depois da segunda fieira (opcional de acordo com a tabela do Anexo 1).

O presente estudo mostrou que é de suma importância fazer as manutenções preventivas previstas no manual, fazer a troca constante do lubrificante, a troca de ferramentaria e trabalhar na velocidade adequada de produção, além de fazer o controle de parâmetros tais quais: velocidade, aperto, regulagem, quantidade de voltas nos anéis tirantes. Com esses cuidados é possível evitar possíveis quebras do material, trincas no vergalhão, e quebra do próprio maquinário. Isso ajuda a aprimorar a eficácia e, conseqüentemente melhorar a produtividade.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. Acesso em 25 de nov. 2021. Disponível em: <[https://www.ledmaufba.com.br/images/material\\_ditatico/graduacao/ENGA51/FichaAulaPraticaAco.pdf](https://www.ledmaufba.com.br/images/material_ditatico/graduacao/ENGA51/FichaAulaPraticaAco.pdf)>

FERREIRA, Geraldo Magno Mól *et al.* Avaliação das causas de rupturas de arames no processo de trefilação do aço equivalente ao ABNT1005 na unidade industrial da Arcelormittal em Juiz de Fora MG. 2021.

FILHO, E. B. SILVA, I. B. da. BATALHA, G. F. BUTTON, S. T. Conformação plástica dos metais. São Paulo: EPUSP, 2011.

NASCIMENTO, Valdivânia Albuquerque do; SILVA, Yvo Borges da. Análise sobre os estudos de engenharia de materiais. Campo Grande: Editora Inovar, p. 19-23, 2020.

TANG, Lixin *et al.* Steel-making process scheduling using Lagrangian relaxation. International Journal of Production Research, v. 40, n. 1, p. 55-70, 2002.

TEUREMA, Técnica Europea De Maquinaria. K127 Mechanical Instructions Manual: Cold rolling line. Erreteria (ES). 2010.

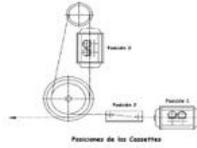


TABELA DE REDUÇÃO TEUREMA

Ø Entrada (mm)	Reduções (R/min)	CASSETTE LAMINADO					CASSETTE GRAFITE-LIBRO					Reduções Totais	Reduções (R/min)	BORNA			BANCO DE TIPO TV-80			PRODUÇÃO TEÓRICA (kg/h)	
		Posição Cassete	Tro 1	Tro 2	Ø Salto (mm)	REDUC.	Posição Cassete	Tro 1	Tro 2	Ø Salto (mm)	REDUC.			Ø 818	Ø 786	Ø 766	VELOCIDADE	POSICIÓN PALANCA	Velocidad máxima (m/s)		
5.5	45,00	1	RO4.2	RT 1	4,57	30,8%	2	FO 1	PR 3.8	3,80	31,0%	52,3%	69,44	3	4	4	3a			12	3,851
	55,00																				
5.5	45,00	1	RO4.2	RT 1	4,46	34,1%	2	FO 1	PR 4.2	4,00	19,7%	47,1%	67,81	3	4	4	3a			12	4,288
	55,00																				
5.5	45,00	1	RO4.2	RT 1	4,69	27,3%	2	FO 1	PR 4.2	4,20	19,7%	41,7%	65,85	3	4	4	3a			12	4,705
	55,00																				
6.3	45,00	1	RO2	RT2	5,58	21,5%	2	FO 1	PR 5.0	5,00	19,7%	37,0%	65,51	3	4	4	3a			12	6,668
	55,00																				
6.5	45,00	1	RO 2	RT 2	5,47	29,2%	2	FO 1	PR 5.0	4,90	19,7%	43,2%	64,91	-	4	4	3a			12	6,404
	55,00																				
6.5	45,00	1	RO 2	RT 2	5,58	26,3%	2	FO 1	PR 5.0	5,00	19,7%	40,6%	65,51	3	4	4	3a			12	6,668
	55,00																				
6.5	45,00	1	RO 2	RT 2	5,90	17,6%	2	FO 1	PR 5.5	5,50	13,1%	28,4%	65,51	3	4	4	3a			12	8,068
	55,00																				
8.0	45,00	1	RO 2	RT 2	6,65	30,9%	2	FO 2	PR 6.0	5,90	21,3%	45,6%	63,93	-	4	4	3a			7	5,416
	55,00																				
8.0	45,00	1	RO 2	RT 2	6,70	29,9%	2	FO 2	PR 6.0	6,00	19,8%	43,8%	63,93	-	4	4	3a			7	5,601
	55,00																				
9.0	45,00	1	RO 2	RT 2	7,81	24,6%	2	FO 2	PR 7.0	7,00	19,7%	39,5%	66,64	-	4	4	2a			7	7,624
	55,00																				
9.5	45,00	1	RO 5	RT 5	8,43	21,3%	2	FO 3	PR 8.0	8,00	9,6%	29,1%	63,40	-	4	4	1a			7	9,958
	55,00																				
10	45,00	1	RO 5	RT 5	8,93	20,3%	2	FO 3	PR 8.0	8,00	19,7%	36,0%	63,40	-	4	4	1a			3,85	5,477
	55,00																				
10	45,00	1	RO 5	RT 5	9,45	10,7%	2	FO 3	PR 9.0	9,00	9,3%	19,0%	63,40	-	4	4	1a			3,85	6,931
	55,00																				
11.5	45,00	1	RO 6	RT 6	10,50	16,6%	2	FO 3	PR 9.5	9,50	18,1%	31,8%	63,40	-	4	4	1a			3,85	7,723
	55,00																				
12	45,00	1	RO 6	RT 6	10,70	20,5%	2	FO 4	PR 9.7	9,70	17,8%	34,7%	63,40	-	4	4	1a			3,85	8,052
	55,00																				

**A importância do manejo adequado de lagoas costeiras na abertura da barra arenosa da Lagoa de Carapebus no Parna de Jurubatiba/RJ**

**The importance of proper management of coastal lagoons in the opening of the sandy bar of lagoon de Carapebus in Parna de Jurubatiba/RJ**

---

**Maxuel Bernades Donato**

*Curso mestrado profissional em engenharia ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, departamento PPEA,*

**Augusto Eduardo Miranda Pinto**

*Professor pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – Campus Macaé/RJ – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental Modalidade Profissional.*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.3

## RESUMO

O presente estudo busca analisar o caso do rompimento da barra arenosa da lagoa de Carapebus, localizada dentro do Parque Nacional (PARNA) da Restinga de Jurubatiba no município de Carapebus, estado do Rio de Janeiro, assim como, sua relação com os princípios da prevenção e precaução. Denomina-se “abertura de barra” o rompimento da barra de areia que separa a lagoa costeira do mar. Estas aberturas podem ser naturais, quando causadas pelas condições naturais do meio, ou artificiais, quando realizadas pelo homem. No caso do PARNA da Restinga de Jurubatiba a abertura de barra ocorre em ambas situações, ao longo do tempo esta incidência gerou divergências e conflitos sobre a decisão da abertura, entre a gestão da unidade e a comunidade localizada no entorno da lagoa. O plano de manejo do PARNA da Restinga de Jurubatiba é claro quanto à proibição de abertura da barra enquanto não houver projeto específico para cada lagoa. Neste sentido, o risco compreende a probabilidade de uma situação prejudicial ao meio ambiente ocorrer. Em dezembro de 2019, ocorreu abertura da barra na lagoa de Carapebus e este evento particular promoveu a abertura do processo judicial, Nº 5005972-06.2019.4.02.5108/RJ. Neste processo o município de Arraial do Cabo solicitou através de Agravo de Instrumento ao Tribunal Regional Federal da 2ª Região, visando obter medida cautelar. Dentre as petições está a abstenção de medidas de abertura da Barra e multa diária de R\$ 200.000,00 (duzentos mil reais). Para a construção do estudo foi feita uma pesquisa documental e bibliográfica, buscando informações específicas sobre o evento analisado e produções científicas que corroborem teoricamente para oferecer o subsídio necessário à compreensão integral do caso.

**Palavras-chave:** arraial do cabo. barra arenosa. ambiental. processo. judicial.

## ABSTRACT

The present study seeks to analyze the case of the rupture of the sandy bar of the Carapebus lagoon, located within the National Park (PARNA) of the Resting de Jurubatiba in the municipality of Carapebus, state of Rio de Janeiro, as well as its relationship with the principles of prevention and precaution. It is called “bar opening” the rupture of the sand bar that separates the coastal lagoon from the sea. These openings can be natural, when caused by the natural conditions of the environment, or artificial, when made by man. In the case of the PARNA da Resting de Jurubatiba, the opening of the bar occurs in both situations, over time this incidence has generated divergences and conflicts over the decision to open, between the management of the unit and the community located around the lagoon. The management plan of PARNA of Resting de Jurubatiba is clear regarding the prohibition of opening the bar while there is no specific project for each lagoon. In this sense, risk comprises the probability of a situation harmful to the environment occurring. In December 2019, the opening of the bar in the Carapebus lagoon took place and this particular event promoted the opening of the judicial process, Nº 5005972-06.2019.4.02.5108/RJ. In this case, the municipality of Arraial do Cabo requested through an Interlocutory Appeal to the Federal Regional Court of the 2nd Region, in order to obtain a precautionary measure. Among the petitions is the abstention of measures to open the Barra and a daily fine of R\$ 200,000.00 (two hundred thousand reais). For the construction of the study, a documentary and bibliographic research was carried out, seeking specific information about the analyzed event and scientific productions that theoretically corroborate to offer the necessary support for the full understanding of the case.

**Keywords:** arraial do cabo. sandy bar. environmental. judicial. process.

## INTRODUÇÃO

As lagoas costeiras são encontradas na linha da costa de todo o mundo, e representam aproximadamente 13% da área costeira mundial. Na América do Sul nota-se em média 12,2% da área total coberta por esses ecossistemas, de maneira se classificam entre os mais ameaçados do mundo, principalmente por sua localização coincidir com regiões de intenso crescimento populacional, que faz com que estejam sujeitas a poluição e ocupação desordenada. De forma conceitual, pode-se afirmar que as lagoas costeiras são extensões rasas de água, normalmente orientadas de forma paralela à costa e, em geral, completamente separadas do oceano por uma pequena restinga, recife ou ilha barreira (BARROS, 2021).

Nesse sentido, as lagoas costeiras ocorrem ao longo de toda costa brasileira, sendo que grande parte delas encontra-se concentrada no estado do Rio de Janeiro. Quando se trata, pontualmente, da importância ecológica, é possível destacar que as lagoas costeiras são de grande importância por constituírem-se de regiões de interface entre zonas costeiras, águas interiores e águas costeiras marinhas. Em conjunto com o mangue e com os ambientes estuarinos, tais lagoas constituem ecossistemas de significativa produtividade, podendo estar sob influência de ambientes terrestres, marinhos ou mesmo de águas doces (SILVA; NASCIMENTO, 2021).

Ademais, contribuem para a manutenção do lençol freático e para a estabilidade climática local e regional. Entretanto, é como ecossistema aquático que sua relevância tem sido percebida no decorrer dos anos. Esta percepção se verifica das diferentes maneiras com que o homem se utiliza dos seus vários produtos e dos serviços que estes ambientes lhe proporcionam. Apesar de tudo isso, ao longo dos últimos anos as lagoas costeiras vêm passando por um intenso processo de degradação em decorrência das atividades humanas desenvolvidas à montante destas (BIGATTO; COSTA, 2022).

Diante disso, é fundamental destacar as principais formas de degradação das condições naturais em grande parte das lagoas: aterro das margens; lançamento de efluentes domésticos e industriais; aceleração do assoreamento da bacia; degradação da vegetação terrestre no entorno da lagoa e edificações no entorno das lagoas. Por causa disso, com a finalidade de preservar estes importantes ecossistemas e a vegetação de restinga atrelada a eles, foi desenvolvido pelo Governo Federal nos municípios de Macaé, Carapebus e Quissamã uma Unidade de Conservação de Proteção Integral cuja denominação é PARNA da Restinga de Jurubatiba (BARROS, 2021).

O PARNA da Restinga de Jurubatiba, inaugurado em 29 de abril de 1998, tem como principal característica ser o único PARNA desenvolvido especificamente para proteção de restingas e lagoas costeiras. Tal Parque possui uma faixa de orla marítima com, aproximadamente, 14.922 hectares de área e 44 quilômetros de extensão ao longo da praia, sendo capaz de abrigar 18 lagoas costeiras com alto grau de preservação e importância ecológica. Nos arredores de algumas destas lagoas existem ocupações urbanas que são impactadas diretamente pelo aumento do nível de água na época das chuvas, inundando parte de suas moradias e as respectivas vias de acesso (BIGATTO; COSTA, 2022).

Desde a sua criação, o Parque sempre gerou conflitos com a população local existente, quer seja pelas terras que passaram a ser de domínio federal com a criação do Parque que, até o momento não sofreram a indenização completa de todos os proprietários, ou pelos conflitos

que estão relacionados a população tradicional de pescadores como é o caso de Carapebus. Tais profissionais são privados de realizar as suas atividades na Lagoa de Carapebus, pois ela se encontra na sua porção maior dentro do Parque. Com essa restrição, o relacionamento entre o primeiro chefe da unidade de conservação e as pessoas que viviam e sobreviviam pela utilização de alguma maneira deste recurso natural não era amistoso (SILVA; NASCIMENTO, 2021). Todavia, pela categoria do manejo, não poderia haver uso direto dos recursos.

As fortes chuvas ocorridas em dezembro de 2019, acarretaram alagamentos da Praia de Carapebus e de partes do perímetro urbano do município motivando a justificativa para solicitação da abertura da boca da barra da lagoa de Carapebus, abertura esta legal e da abertura criminosa da Lagoa do Paulista, este evento marcou o Estado do Rio de Janeiro por um grande incidente ambiental que afetou as Praias da Região dos Lagos Fluminense. Na ocorrência, as praias dos municípios de Arraial do Cabo, Búzios e Cabo Frio foram tomadas pela invasão das gigogas e taboas, provenientes da lagoa de Carapebus e da Lagoa do Paulista. Este evento particular desencadeou a abertura do processo judicial nº 5005972- 06.2019.4.02.5108/RJ. Neste processo o município de Arraial do Cabo solicitou através de Agravo de Instrumento ao Tribunal Regional Federal da 2ª Região, visando obter medida cautelar. Dentre os pedidos formulados está a abstenção de medidas de abertura da Barra e multa diária de R\$ 200.000,00 (duzentos mil reais).

Diante deste contexto, o objetivo do estudo visa analisar o evento de abertura artificial de barra e os atores sociais envolvidos na intervenção, na perspectiva do direito ambiental e dos princípios de precaução e prevenção. Associando tais eventos aos princípios do direito ambiental.

## **METODOLOGIA**

Para a construção do estudo foi feita uma pesquisa documental e bibliográfica, buscando informações específicas sobre o evento analisado e produções científicas que corroborem teoricamente para oferecer o subsídio necessário à compreensão integral do caso. A pesquisa apresenta a seguinte classificação metodológica: exploratória, bibliográfica descritiva. De acordo com Gil, podem ser consideradas finalidade de uma pesquisa exploratória, principalmente, quando também é bibliográfica, proporcionar maiores informações a respeito de determinado assunto, facilitar a delimitação de um tema proposto para trabalho e definir os objetivos de uma pesquisa para descobrir o novo tipo de enfoque ao que se tem em mente.

Além disso, é possível afirmar que se trata de um estudo bibliográfico, considerando que foram utilizadas fontes secundárias de pesquisa como, artigos científicos e livros. Nesta modalidade, estão incluídas a pesquisa bibliográfica e documental. A grande diferença entre uma e outra está na classificação dos documentos constituintes de fontes de pesquisa. Enquanto que na pesquisa bibliográfica a grande característica é a utilização de fontes secundárias, na pesquisa documental a base é o uso de documentos primários e originais, sendo utilizado neste o processo judicial nº 5005972- 06.2019.4.02.5108/RJ. Este, foi a principal fonte utilizada no presente trabalho. A grande diferença entre uma e outra está na classificação dos documentos constituintes de fontes de pesquisa. Enquanto que na pesquisa bibliográfica a grande característica é a utilização de fontes secundárias, na pesquisa documental a base é o uso de documentos

primários e originais.

Por fim, é possível afirmar que esta pesquisa é descritiva porque registra e observa os dados alcançados sem qualquer interferência nestes.

## CONTEXTOS E OCORRÊNCIAS

As lagoas costeiras representam 15% da zona costeira de todo o mundo e estão entre os ecossistemas mais produtivos da biosfera. Porém, nos últimos 30 anos, ocorreram mudanças no uso do solo de suas bacias hidrográficas, principalmente devido ao aumento da densidade demográfica, os quais se refletem na mudança de estado trófico de suas águas (SILVA; NASCIMENTO, 2021). A elevada produtividade das lagoas costeiras tem sido um dos principais fatores responsáveis pelo interesse do homem, desde os tempos dos colonizadores portugueses em explorar estes ecossistemas. Apesar das diversas atividades relacionadas a estes corpos d'água – alimentação, energia, transporte, recreação e urbanismo – O seu balanço natural pode ser facilmente perturbado, muitas vezes de forma irreversível e sempre acompanhado de problemas socioeconômicos (MAGALHÃES, 2022).

Por sua grande importância ecológica, social e econômica, as lagoas costeiras podem ser incluídas entre os ecossistemas brasileiros mais submetidos a impactos antrópicos. Os serviços ambientais prestados pelas lagoas costeiras são: lazer; controle de inundação; recepção de efluentes domésticos e industriais tratados; valorização imobiliária das áreas de entorno; beleza cênica; harmonia paisagística e valorização turística da região. A disponibilidade de água doce, em quantidade e qualidade adequada para o consumo humano e irrigação também merece atenção (BARROS, 2021).

Outro agravante em lagoas costeiras, é o aumento temporário da população local durante os períodos de férias sendo estes, designados como “impactos de verão”, que se referem a todas as ações prejudiciais que afetam as lagoas costeiras e outros corpos d'água costeiros. Tais ações incluem o uso adicional de sistemas sépticos e outros sistemas de tratamento de esgoto no local (que podem lixiviar ambientes de águas subterrâneas e/ou superficiais), lixo descartado em torno da costa (por exemplo, garrafas de plástico, embalagens de comida), bem como lixo oriundo de áreas urbanas que é levado para esses ambientes pela drenagem das águas pluviais, necessitando de maiores cuidados nesse período para manter a qualidade da água dentro dos cursos d'água adequados para nadar (SILVA; NASCIMENTO, 2021).

O plano de manejo é o instrumento utilizado para a conservação e proteção de Unidades de Conservação (UC) no Brasil, regulamentada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), torna-se um mecanismo para minimizar os impactos sobre os corpos d'água, em consequência dos usos e ocupação praticados pelo homem. A zona costeira, especialmente no Estado do Rio de Janeiro, pode ser considerada como um espaço repleto de contrastes, constituindo-se, dessa forma, um campo privilegiado para o exercício de diferentes estratégias de gestão ambiental (BIGATTO; COSTA, 2022).

Das lagoas existentes na região, seis delas influenciam direta ou indiretamente no alagamento de ocupações urbanas e rurais e por esse motivo é provável passar por períodos caracterizados como emergencial, sendo necessária por vezes a abertura das barras. Os primeiros

registros da abertura da barra da Lagoa de Carapebus datam do ano de 1875, evento denominado como a revolta dos pescadores, os registros posteriores de abertura da barra na Lagoa de Carapebus estão entre os anos de 1927 a 2003, onde a Usina de Carapebus S.A; lançava seu vinhoto no Córrego da Maricota, afluente da Lagoa de Carapebus provocando diversos danos ao meio ambiente. A fim de encobrir os danos ambientais a usina fazia a abertura da barra em épocas de chuvas para “renovação hídrica da lagoa”, o vinhoto quando chegava a lagoa promovia grande mortandade de espécies aquáticas e do meio ambiente (ALMEIDA, 2013).

Na maioria dos casos, as aberturas artificiais eram feitas de forma irregular por pescadores, gestores municipais e moradores do entorno da lagoa, que desejam aumentar a população de larvas e adultos de peixes, siris e outros animais marinhos que possuem valor comercial; também para minimizar os alagamentos em épocas de cheia; ou melhorar a qualidade das águas quando estas se encontram poluídas por lançamento de efluentes domésticos ou industriais (MAGALHÃES, 2022).

Em todos os casos representam um curto período de distúrbio, causando impactos significativos à biota por conta das mudanças repentinas na estrutura física da lagoa e nos teores de salinidade, que alteram a estrutura das comunidades. A importância de evidenciar que após a abertura, os fechamentos das barras ocorrerem naturalmente por processos de sedimentação da areia, os períodos em que as barras ficam abertas variam de acordo com o regime das marés e com a localização e a extensão das mesmas, o que determina a velocidade com que elas serão fechadas naturalmente (BIGATTO; COSTA, 2022).

É preocupante a constatação de que os municípios de Carapebus e Quissamã nas áreas afluentes das bacias hidrográficas das lagoas não dispõem atualmente de um sistema eficiente no tratamento de esgoto doméstico, sendo este, a principal causa da proliferação e gigogas e taboas. A eutrofização é o processo no meio aquático que possibilita a geração e o aumento de nutrientes causando o crescimento de organismos e plantas aquáticas, especialmente algas, as principais fontes de nutrientes em corpos d’água são a drenagem pluvial os despejos de adubos fertilizantes e o lançamento de esgotos sem devido tratamento no que incidem em elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo (VON SPERLING, 2005).

Na incidência de um sistema sanitário decadente, torna maior a pressão por parte da população (principalmente pescadores) para a abertura da barra, objetivando a renovação hídrica das águas. Não menos quanto, a Lagoa de Carapebus como todas as outras, possui ciclos de cheia e seca. Nos períodos de seca, tende a aumentar o número de construções regulares e irregulares dentro do perímetro urbano demarcado pelo INEIA no Balneário de Carapebus, esta demarcação urbana legal, abrange inclusive dentro de áreas alagadas onde, tais áreas necessitam de intervenção de políticas públicas de regularização. Quando ocorrem as cheias, existe um “clamor” para abertura da barra, com o argumento de que, a lagoa estaria invadindo as residências. Porém, o que ocorre é o inverso: os proprietários invadiram a lagoa. Dentro dessa lógica, as aberturas de barra deixam de ser uma opção de manejo, e passam a ser “necessárias” sempre que ocorrem chuvas intensas (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

O PARNA da Restinga de Jurubatiba como uma Unidade de Conservação (UC) Costeira é diretamente afetado por tudo que ocorre em sua bacia de contribuição, ainda mais porque os poluentes lançados nos afluentes da lagoa tendem a se acumular ao longo do ano, piorando a qualidade ambiental do corpo hídrico e aumentando a degradação ambiental, o que provoca a

morte de diversos animais aquáticos (MAGALHÃES, 2022).

É perceptível o impasse social e ambiental existente entre as aberturas ou não das barras das lagoas. Mesmo ressaltando os impactos negativos que tal ação promove ao corpo hídrico, existe uma grande necessidade de realizá-la quando o excesso de água compromete a saúde e segurança pública, ou quando a qualidade do meio compromete a sobrevivência da fauna local (BARROS, 2021).

Conforme supracitado, os eventos que cercam a abertura de barras, especialmente o caso do município de Carapebus datam desde o ano de 1875. Durante os anos, várias vezes a barra foi aberta, seja, de forma regular ou irregular, não sendo considerado um evento excepcional.

O manejo de uma lagoa costeira envolve diversos agentes, em Parques Nacionais por tratar se de área protegida as ações antrópicas devem ser limitadas por normas contidas em seu plano de manejo com finalidade de conciliar a preservação ambiental e as condições de saúde e bem estar das populações que vivem em seu entorno, estas, especialmente que são diretamente afetadas pela elevação do nível das lagoas durante as cheias. O plano de manejo do PARNA da Restinga de Jurubatiba prevê o risco da ocorrência de determinados eventos e “solicita projetos específicos”, ano este de sua edição 2008.

## DISCUSSÃO DO EVENTO

A grande concentração de chuvas ocorridas em dezembro de 2019, especialmente na segunda quinzena em grande parte da região sudeste, proporcionou alagamento de partes das Cidades de Carapebus e Quissamã, especialmente na bacia hidrográfica de suas Lagoas. Motivado pela incidência, **o município de Carapebus (grifo autor)** executou a solicitação ao ICMBio para abertura da barra de lagoa de Carapebus. A barra da lagoa de Carapebus é o exultório da bacia hidrográfica da principal área urbana atingida, neste caso, a abertura possibilitaria o escoamento das águas inundadas do perímetro urbano e do balneário de Carapebus.

O ICMBio, autarquia em Regime Especial, responsável pela gestão e conservação da unidade onde estão localizadas as Lagoa de Carapebus e a do Paulista e mais 16 lagoas, recebeu a solicitação em 13 de dezembro de 2019, autorizado pelo conselho consultivo do Parque que utiliza um checklist de danos e incidências as ocorrências que possam promover ou não a abertura da barra, o ICMBio manifestou deferimento a abertura emergencial com seguintes ressalvas à Prefeitura de Carapebus: Ofício SEI nº 23/2019-PARNA Restinga de Jurubatiba/ICMBio; processual Nº 5005972-06.2019.4.02.5108/RJ, Evento 19, ANEXO 2, Página 1; Página Geral processual 62.

- Realizar a retirada das plantas aquáticas para evitar o represamento da água, a saber: gigoga (*Eichornia crassipes*) e a taboa (*Typha domingensis*), em especial na área próxima à ponte do Caxanga.

- Realizar limpeza das margens e interior da lagoa, promovendo a retirada de taboas e macrófitas e espécies mortas após a abertura.

A lagoa de Carapebus conta com cerca de 10 km<sup>2</sup> onde registra grande incidência de taboas e gigogas que, não ocasião da autorização o município não removeu adequadamente as plantas aquáticas.

Simultaneamente ao evento da abertura da barra da Lagoa de Carapebus pelo ICMBio, **foi aberto de forma criminosa (grifo autor)** a barra da Lagoa do Paulista no Município de Quissamã. A afirmação é amparada no comentário do Município de Carapebus e reiterada no processo judicial, pág. geral 111; documento NÚMERO: 5005972-06.2019.4.02.5108, Procuradora Federal – Alinne Luise Cavalcanti da Silva - Processo 5005972-06.2019.4.02.5108/RJ, Evento 34, CONT1, Página 1.

Na noite do dia 13 para 14 de dezembro foi aberta de forma criminosa a barra da Lagoa do Paulista. (distante cerca de 5 km da barra da Lagoa de Carapebus), embora a equipe do ICMBio tenha solicitado ao Secretário de Segurança de Carapebus que determinasse que a Guarda Municipal mantivesse vigilância sobre a área, que já mostrava sinais uma tentativa de abertura.

A ocorrência dos eventos coincidentes promoveram o lançamento das taboas e gigogas nas praias dos municípios de Cabo Frio, Arraial do Cabo e Búzios. O dano ambiental foi reconhecido, afirmado pelo Documento número: 5005972- 06.2019.4.02.5108, Procuradora Federal – Alinne Luise Cavalcanti da Silva - Processo 5005972- 06.2019.4.02.5108/RJ, Evento 34, CONT1, Página 1.

O fluxo de água da Lagoa de Carapebus foi somado ao fluxo da água da Lagoa do Paulista permitindo que a vegetação avançasse além do esperado no mar e fosse então carregada pela corrente sul em direção à região dos lagos. A abertura ilegal da barra do Paulista é causa fundamental da dispersão de macrófitas por extensa área do mar da região, esta abertura foi ilegal, não autorizada pelo ICMBio e é investigada pela PF Macaé.

Portanto, a abertura da barra não é ocorrência excepcional, mais, o episódio que ocasional o deslocamento das gigogas e taboas foi incomum em dezembro de 2019. Diante das constatações é plausível afirmar que não foi o primeiro caso de abertura das barras, não foi único e nem tão pouco será o último, desde do primeiro evento registrado em 1875, passa então pelo ‘aparente’ sucesso de 2013, baseado em check list de ações, até a data de 2019 onde, os mesmos check lists de ações não resultaram em eficiência ocorrendo o dano ambiental com proporções intermunicipais e a promoção da ação judicial. Se passaram 144 anos, e até a presente data de julho/2022, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e os Municípios de Carapebus, Macaé e Quissamã que estão sujeitos a abertura de barras, direta ou indireta, natural ou artificial, ambos, não possuem um Plano Emergencial de abertura de suas barras, e um programa de plano de manejo, pré e pós abertura de barras, que deveriam expor as ações a serem tomadas antes e depois da abertura.

Onze anos após o ICMBio em seu plano de manejo compreender a necessidade e estabelecer a obrigatoriedade da realização de projetos específicos para cada uma das aberturas das barras, não existe no presente um projeto claro que, viesse a controlar ou mitigar possíveis ocorrências.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Constituição Federal de 1998, artigo 225, §1º, inciso IV encontra-se o preceito que está mais diretamente associado ao princípio da prevenção, aquele que torna compulsório exigir-se na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental... sentido amplo, não restringindo ou fazendo coincidir as avaliações de impacto ao EIA/RIMA, que, em verdade, trata-se,

de um documento de natureza técnico-científica, com a finalidade de avaliar os impactos ambientais capazes de serem gerados por atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou daqueles que, sob qualquer forma possam causar degradação ambiental, de modo a permitir a verificação da sua viabilidade, se tornando um elemento inestimável de decisões públicas e privadas que possam afetar o meio ambiente.

Diante da descrição das ocorrências antes e pós processuais é possível estabelecer que não estão sendo adotados princípios de prevenção e precaução no manejo da abertura da barra da Lagoa de Carapebus, necessitando portanto de, gestões públicas ou privadas responsáveis que promovam os estudos técnicos e científicos específicos que possibilitem real planejamento das ações das aberturas de barras, haja visto que, por mais que ansiamos, as aberturas de barras continuarão sendo abertas, estas, principalmente em função das ocorrências naturais ou ações humanas com possíveis episódios iguais aos de 2019 ou potencialmente maiores.

## REFERÊNCIAS

BARROS, Antonio Teixeira. Políticas de governança ambiental urbana na arena eleitoral: o caso do Rio de Janeiro nas eleições municipais de 2016. *Novos Cadernos NAEA*, v. 24, n. 1, 2021.

BIGATO, João Pedro Arantes; COSTA, Rafael Nogueira. Sítios do projeto Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) no Brasil: que tipo de aliança os cientistas da ecologia fazem?. *Anais da ReACT-Reunião de Antropologia da Ciência e Tecnologia*, v. 5, n. 5, 2022.

CASTILHORI, Marcelo Fraga; CALLADO, Cátia Henriques; LIMA, Haroldo Cavalcante. Riqueza e distribuição das Fabaceae Lindl. em comunidades vegetais do PARNA da Restinga de Jurubatiba. *Paubrasília*, v. 4, p. e0071-e0071, 2021.

GUIMARÃES, Édson Avelar *et al.* Avaliação espaço-temporal da variação da vegetação de restinga: o caso do bairro Lagomar, Macaé-RJ/Space-temporal evaluation of restinga vegetation variation: the case of Lagomar, Macaé-RJ. *Revista Espaço e Geografia*, v. 24, n. 2, 2021.

MAGALHÃES, Fernando Lúcio Esteves. *Rio de Janeiro e suas águas: um olhar ambiental sobre as inundações cariocas*. Editora Dialética, 2022.

NEUZA, L. I. M. A. *et al.* Atividade de pesca durante a abertura da barra da Lagoa de Iquipari, São João da Barra, RJ. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 27, n. 2, p. 191-200, 2018.

OLIVEIRA, Patrick de *et al.* Fruiting phenology and dispersal syndromes in a sandy coastal plain in southeastern Brazil. *Rodriguésia*, v. 73, 2022.

SILVA, Jorge Ferreira; NASCIMENTO, Lucio Fabio Cassiano. A ação do homem sobre as Lagoas de Jacarepaguá, Rio De Janeiro. *Lex Cult Revista do CCJF*, v. 5, n. 2, p. 15-30, 2021.

SILVA, Elaine Ferreira *et al.* Análise da percepção ambiental dos moradores do entorno das Lagoas de Piratininga e Itaipu, Niterói (RJ). *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, v. 16, n. 2, p. 446-469, 2021.

SOFFIATI, Arthur. *A planície do norte do Rio de Janeiro antes e durante a ocidentalização do mundo: três estudos de eco-história*. Autografia, 2019.

ALMEIDA, Anna Maria Vasconcellos. Carapebus nas Páginas do Passado / Anna Maria Vasconcelos de Almeida. Niterói, RJ: Editora Muiraquitã, 2013.

PEDROZA, D. O que é o Princípio da Prevenção conforme o Direito Ambiental. Ambipar VG, 2019. Disponível em: <https://www.verdeghaia.com.br/principio-da-prevencao-direito-ambiental/>. Acesso em: 08 de junho de 2022.

# Desenvolvimento de uma bomba peristáltica de baixo custo

## Development of a low-cost peristaltic pump

---

**Joice Miranda de Oliveira**

*Estudante de Engenharia Elétrica, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC, Campus Itajaí)*

<https://lattes.cnpq.br/6070369582639277>

**Luis Guilherme Ribeiro Pereira**

*Estudante de Engenharia Elétrica, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC, Campus Itajaí)*

<https://lattes.cnpq.br/6481942896601714>

**Indiara Pitta Corrêa da Silva**

*Mestra em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)*

<http://lattes.cnpq.br/5717288086762502>

**Thiago Pereira Alves**

*Doutor em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Universidade Federal do Paraná (UFPR)*

<http://lattes.cnpq.br/2974804068315881>

<https://orcid.org/0000-0002-0939-1306>

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.4

## RESUMO

No Laboratório de Algas Nocivas e Ficotoxinas (LAQUA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC) do Campus Itajaí, são realizadas diversas análises laboratoriais para estudos ambientais, dentre elas a determinação de nitrato dissolvido em amostras de água. O equipamento necessário para o bombeamento da amostra nem sempre é acessível para instituições públicas de ensino. Diante disso, apresenta-se a proposta de construir um dispositivo de baixo custo, a partir de componentes eletroeletrônicos controlados por um sistema embarcado, para realizar o bombeamento peristáltico de pequenos volumes. Essa proposta possibilitará ao laboratório desta, e demais instituições de ensino, a obtenção desse equipamento a um valor acessível para realizar análises semelhantes. O protótipo desenvolvido consegue bombear líquidos com boa precisão, a uma vazão entre 5 e 50 ml/min, com ajuste de 1 em 1 ml/min. Através de repetições dos experimentos de dosagem, utilizando uma tubulação de 4 mm de diâmetro interno, pode-se calibrar o protótipo para que tivesse a funcionalidade esperada. A bomba pode ser controlada sem conhecimento de programação através do display embutido e de um botão rotativo. Todas as peças necessárias para a produção do protótipo geraram um custo de R\$ 425,06. A partir do desenvolvimento desse dispositivo, foi possível oferecer uma solução replicável, além de motivar a criação de modelos equivalentes, possibilitando a economia quanto à aquisição de equipamentos para uso em laboratório didático, permitindo consequente melhoria na qualidade de ensino.

**Palavras-chave:** bomba peristáltica. hardware de código aberto. controle de vazão. controle de volume. análise de amostras de água.

## ABSTRACT

In the Laboratory of Harmful Algae and Phycotoxins (LAQUA) of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Santa Catarina (IFSC), several laboratory analyzes are carried out for environmental studies, among them the determination of dissolved nitrate in water samples. The equipment necessary for pumping the sample is not always accessible to public educational institutions. Therefore, it is proposed to build a low-cost device, from electronic components controlled by an embedded system, to perform the peristaltic pumping of small volumes. This proposal will allow the laboratory from this, and other educational institutions, to obtain this equipment at an affordable price to perform similar analyses. The prototype developed is able to pump liquids with good precision, at a flow rate between 5 and 50 ml/min, with an adjustment from 1 to 1 ml/min. Through numerous repetitions of the dosing experiments, using a 4 mm internal diameter pipe, it was possible to calibrate the prototype so that it had the expected functionality. The pump can be controlled without any programming knowledge via the built-in display and a rotary knob. All the components necessary for make the prototype cost R\$ 425.06. From the development of this device, it was possible to offer a replicable solution, in addition to motivating the creation of equivalent models, enabling savings in the acquisition of equipment for use in a didactic laboratory, and allowing the consequent improvement of the teaching quality.

**Keywords:** peristaltic pump. open-source hardware. flow control. volume control. water sample analysis.

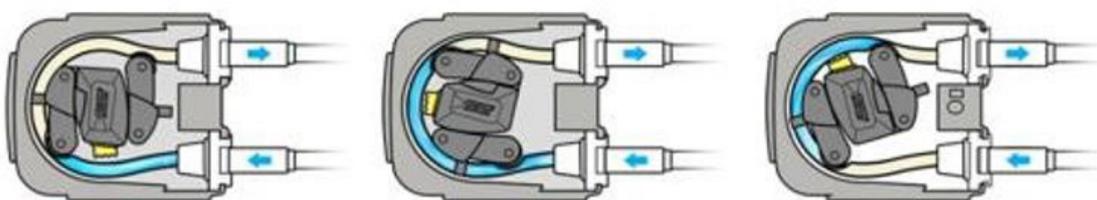
## INTRODUÇÃO

A determinação das formas de nitrogênio dissolvido na água é de grande relevância para monitorar e diagnosticar a qualidade ambiental e representa um importante parâmetro indicador do processo de eutrofização, que promovem o crescimento excessivo de plantas aquáticas, para níveis que afetem a utilização normal e desejável da água (FONSECA, 2017). Setores como aquicultura, agricultura e aquarofilia, precisam ter um rigoroso controle das formas nitrogenadas sob pena de sofrer uma alteração negativa em todo seu ecossistema. No Laboratório de Algas Nocivas e Ficotoxinas (LAQUA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC) no Campus Itajaí, o processo de análise da determinação de nitrato em amostras de água consiste em analisar amostras de água previamente filtradas. Preservando a integridade da amostra, a solução é bombeada para uma coluna de cádmio, onde o nitrato presente na amostra é reduzido para nitrito. Finalmente, procede-se a análise laboratorial para a determinação de nitrito dissolvido. A determinação de nitrato por injeção em fluxo na coluna de cádmio, tem sido uma das técnicas analíticas mais citadas na literatura, o que lhe rendeu o status de método padrão (NETO; KORN, 2006).

Durante os procedimentos de análises laboratoriais, contaminações ocasionadas no manuseio de amostras podem ser danosas ao estudo, e a precisão nos ajustes da coleta e transferência de misturas e amostras, também representa uma importante etapa no processo de análise. Para evitar tais contaminações, o uso de equipamentos com precisão e capacidade de isolamento de contato do fluido com o meio externo é indispensável nas atividades laboratoriais.

As bombas peristálticas são amplamente utilizadas para a movimentação de fluidos, pois apresentam atributos como alta precisão no fluxo e controle de dosagem. O bombeamento através do sistema peristáltico não provoca qualquer contaminação do fluido pelo sistema de bombeamento, e permite vazão constante das soluções com robustez na operação (SOARES *et al.*, 2018). As bombas mecânicas peristálticas podem lidar com uma grande variedade de líquidos, em diferentes áreas de demandas, como por exemplo aplicações em diversas áreas médicas, bombeamento de efluentes e combustíveis (XIE *et al.*, 2004). O princípio básico de funcionamento das bombas peristálticas (figura 1) consiste em rolos apertando um tubo flexível que forçam o fluido em uma direção sem que o fluido entre em contato direto com as partes da bomba (LONGO *et al.*, 2017).

Figura 1 – Demonstração do mecanismo peristáltico



Fonte: Watson-Marlow Fluid Technology Group (2020)

A mangueira devidamente posicionada e fixada no cabeçote é pressionada por roletes localizados em volta de um rotor que realiza um movimento circular. Esta pressão faz com que o fluido (conforme indicado pelas setas) entre na mangueira, e os roletes ao se moverem pressionam e fecham o tubo ocasionando o vácuo necessário para mover o fluido. Após a passagem do rolete, a mangueira retorna ao seu diâmetro original, criando vácuo e estimulando a passagem

de mais fluido. A taxa de fluxo de solução bombeada é determinada pela velocidade do rotor. Este sistema apresenta-se eficaz para sucção de líquidos sem a necessidade de que a tubulação esteja totalmente preenchida, também permitindo seu pleno funcionamento mesmo sob baixa pressão (BERG *et al.*, 2003).

Bombas peristálticas comerciais contam com métodos de fabricação altamente especializados e são financeiramente pouco acessíveis. O preço pode ser um grande obstáculo e, por vezes, a obtenção de tais equipamentos se torna inviável. Porém, com o avanço das tecnologias embarcadas, já é possível desenvolver uma solução tão confiável quanto aos equivalentes comerciais, utilizando componentes eletroeletrônicos controlados através de um sistema embarcado. O objetivo geral dessa proposta consistiu em construir um protótipo de uma bomba peristáltica que atenda pequenos volumes, para uso em laboratório, de modo a ser uma alternativa funcional e economicamente viável em relação ao encontrado no mercado.

## METODOLOGIA

O modelo foi produzido por meio de prototipagem rápida e manufatura aditiva com termoplástico (impressão em três dimensões – 3D), uma tecnologia onde um objeto tridimensional é criado através da deposição de sucessivas camadas de material polimérico, a partir de um modelo digital. O sistema de bombeamento foi composto de um motor de passo, alimentado com 12 V em corrente contínua, com eixo acoplado às peças impressas em 3D. O eixo do motor, quando acionado em regime de rotação, faz com que os rolamentos fixados a ele pressionem a mangueira contra a estrema borda que envolve o dispositivo, ocasionando o movimento peristáltico.

O protótipo eletromecânico dosador de líquidos por meio de bombeamento peristáltico foi desenvolvido com componentes eletroeletrônicos de baixo custo, contendo as seguintes características:

- a) Permite o controle de fluxo de bombeamento com precisão;
- b) Possui eficiência e aplicabilidade em diferentes demandas laboratoriais de pequena escala, respeitando o limite de viscosidade baixo (semelhantes ao da água);
- c) Possibilidade de fácil manutenção e substituição de componentes, especialmente do sistema de roletes e mangueira;
- d) Permitir novas incorporações de sensores e sistemas digitais.

## Estruturação do projeto

A parte de *hardware* do projeto foi construída utilizando-se um microcontrolador ATmega328P que faz conexão com um *display* digital, um *encoder* rotativo, um driver A4988, um motor de passo e um mecanismo de bombeamento peristáltico.

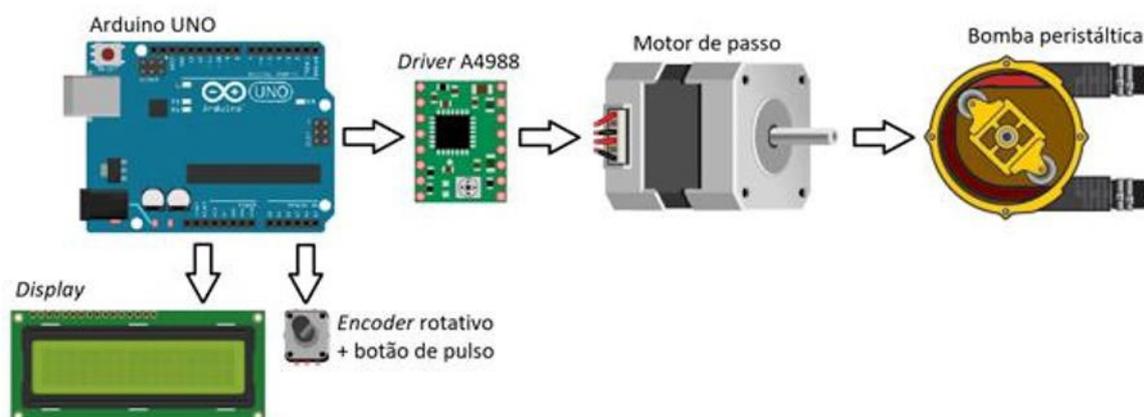
Para comandar o motor de passo, foi utilizado uma placa Uno, que consiste em uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre e de código aberto baseado no *chip* ATmega328P. Um módulo *driver* A4988 conectado ao microcontrolador, permitiu ajustar adequadamente o fluxo de corrente, possibilitando também a inversão do sentido de rotação do bombea-

mento peristáltico. O driver possui um *chip* A4988, resistores e capacitores, sendo que no chip há duas pontes H com transistores, responsável por fazer o controle de motores de passo bipolares (motores com quatro, seis ou oito fios). O *driver* permite cinco modos de controle dos passos – passo completo, meio passo, um quarto de passo, um oitavo de passo e um dezesseis-avos de passo, além de também possuir proteção contra curto-circuito e sobreaquecimento.

Uma tela de cristal líquido (LCD – *Liquid Crystal Display*) 16 colunas por 2 linhas, conectado à central de comandos, exibe um menu com opções para seleção da velocidade de rotações – que define a vazão do bombeamento, seleção do sentido de rotação do motor e opção para iniciar o bombeamento. A velocidade de rotação do motor será ajustada através do controle da modulação por largura de pulso (PWM – *Pulse Width Modulation*) gerado pelo microcontrolador. A navegação pelo menu ocorre através de um *encoder* rotativo, que conta ou reproduz pulsos elétricos a partir do movimento rotacional de seu eixo, integrado a um botão de pulso (*push button*). O sistema como um todo é alimentado através de uma fonte contínua de 12 V e corrente de 3 A.

O diagrama simplificado de como foi implementado este protótipo está representado na figura 2, que ilustra a montagem dos componentes necessários para controle da bomba peristáltica. O *hardware* é constituído pela placa Uno (nota-se em destaque o *display* para visualização e seleção das opções disponíveis no menu e o botão de pulso integrado ao *encoder* rotativo que será o meio de navegação, configuração e seleção do modo de operação do bombeamento, permitindo o controle do sentido de rotação e do fluxo do líquido que será bombeado). Após o procedimento de controle dos sinais, estes irão passar pelo *driver* A4988 (ilustrado na cor verde) que fará o controle do motor de passo e, por fim, acionarem a bomba peristáltica de acordo com a programação gravada no microcontrolador.

Figura 2 - Diagrama simplificado de funcionamento



Fonte: Autoria própria (2021)

Todos os componentes necessários para a implementação do protótipo estão listados na tabela 1 a seguir, com seus respectivos custos. O valor necessário para aquisição dos componentes foi de R\$ 425,06, o que representa menos de 10% da quantia desembolsada para aquisição da bomba peristáltica comercial que o LAQUA possui, que custou R\$ 4799,00 (NETLAB Bombas Peristálticas, 2020)

**Tabela 1 – Lista de componentes necessários para implementação do protótipo**

Item	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Placa Uno R3 + Cabo USB para Arduino	39,90*	1	39,90
Fonte 12V 3A	16,90*	1	16,90
Encoder rotativo com botão + knob	21,25*	1	21,25
LCD 16x2	18,90*	1	18,90
Potenciômetro Trimpot 10 k $\Omega$	3,40*	1	3,40
Capacitor eletrolítico 50 V 100 $\mu$ F	0,88*	1	0,88
Resistor 220 $\Omega$	0,15*	1	0,15
Motor de passo	67,90*	1	67,90
Módulo Driver A4988	14,90*	1	14,90
Mangueira flexível de silicone (metro)	25,00	1	25,00
Pino reto 4 mm x 14 mm	0,60	3	1,80
Rolamento 4 mm x 8 mm x 8 mm	14,36	3	43,08
Parafusos M3	0,60	20	12,00
Impressão 3D	159,00	1	159,00
Total			425,06

Fonte: Autoria própria, \*valor econômico ano-base 2021.

## Programação e montagem do protótipo

O *software* desenvolvido para fornecer as instruções ao *hardware*, consiste na inicialização do *display* com a opção “INICIAR” pré-selecionada, função responsável por dar a partida no motor. O programa faz a leitura do *encoder* rotativo ou do botão a ele associado, e retorna uma ação de acordo com essa leitura. Ao pressionar o botão integrado ao *encoder*, o usuário acessa a opção previamente escolhida, e pode ou acionar o motor caso escolha o item iniciar, ou avançar no menu e realizar os ajustes de vazão e direção. A vazão pode ser ajustada entre 5 e 50 mililitros por minuto em intervalos unitários, ao girar o botão (figura 3). Ao chegar no valor de vazão requerido, basta um clique para selecioná-lo. A direção da rotação pode ser definida entre horária (opção “DIREITA” no menu) ou anti-horária (opção “ESQUERDA” no menu).

**Figura 3 – Escolha da vazão (a) 5 ml/min e (b) 10 ml/min através de navegação no menu**

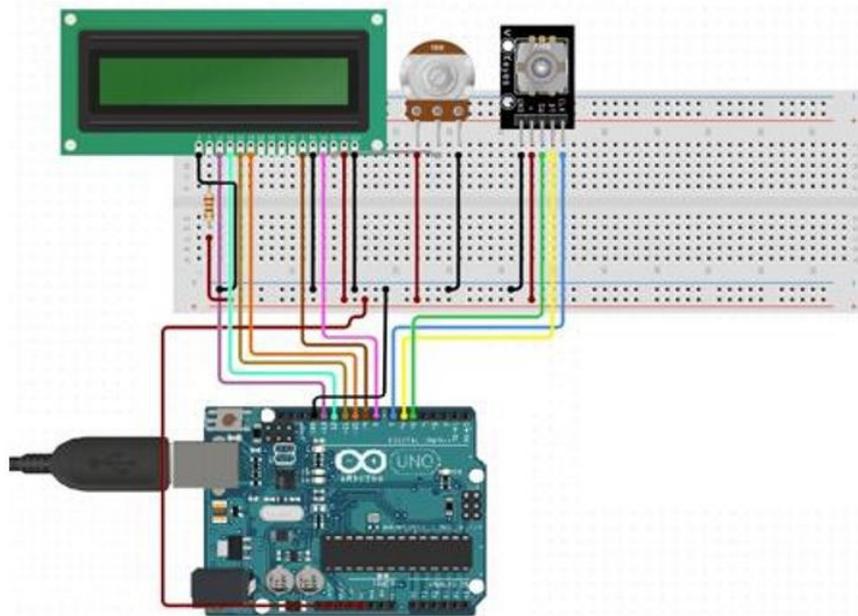


Fonte: Autoria própria (2021)

O menu conta com três opções no total, após a opção “INICIAR”, é possível avançar para as opções “VAZÃO” e “DIREÇÃO”. Para navegar pelo menu, o usuário deve girar o *encoder* para a direita (avançar) e para a esquerda (retroceder), sendo que uma seta à esquerda do item no menu aponta para a opção que está selecionada. Tanto para selecionar a opção desejada, quanto para voltar ao menu anterior é necessário um clique no botão integrado ao *encoder*.

A integração do *software* com o *hardware* foi testada através da montagem dos componentes em uma placa de prototipagem eletrônica com furos (protoboard). Primeiramente foi implementado o menu, utilizando o *encoder* rotativo e o *display*, onde foram realizados alguns testes para verificação do funcionamento da navegação entre as opções e seleção das mesmas (implementado conforme diagrama da figura 4), para posteriormente avaliar o acionamento do motor de passo. Registros da realização dos testes para controle são apresentadas na figura 5, e demandaram constantes atualizações e aprimoramentos no *software* previamente desenvolvido, até que se tornasse devidamente funcional e pronto para ser incorporado ao modelo impresso em 3D.

Figura 4 – Diagrama elétrico das ligações para configuração do menu



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 5 – Testes iniciais realizados na protoboard para (a) teste do menu, (b) acionamento do motor



(a)

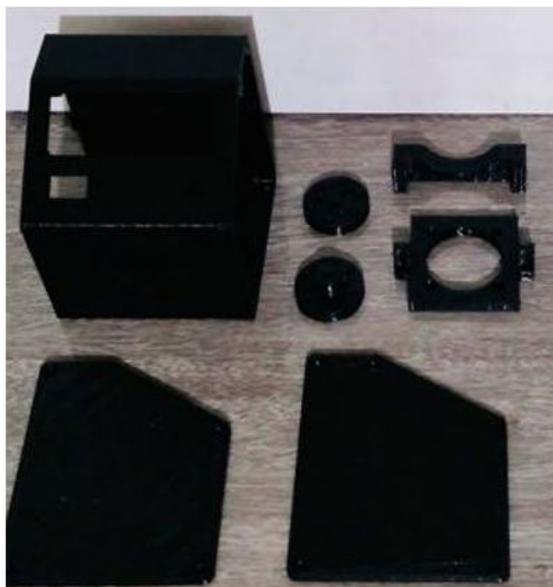
(b)

Fonte: Autoria própria (2021)

O modelo tridimensional impresso foi obtido no portal Thingiverse que é um site dedicado ao compartilhamento de arquivos de prototipagem digital (THINGIVERSE, 2017), amplamente utilizados nas comunidades de tecnologia faça você mesmo (DIY – do it yourself), onde foram implementados poucos ajustes para se adequar a necessidade do protótipo, e as peças puderam

ser impressas conforme mostra a figura 6.

**Figura 6 – Peças impressas através de modelagem digital**



Fonte: Aatoria própria (2021)

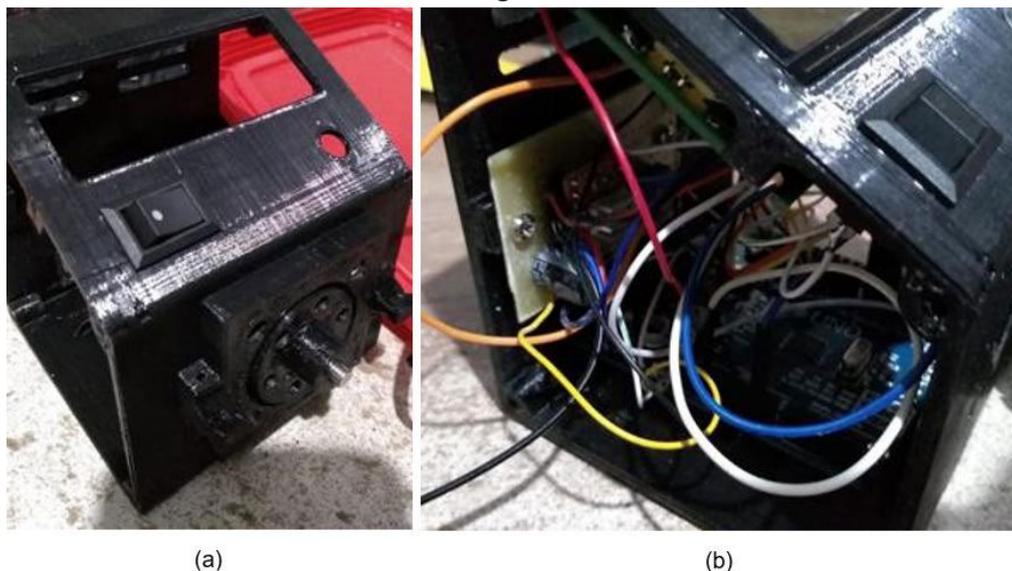
Para que o protótipo funcionasse corretamente e todos os componentes tivessem perfeito encaixe, após a impressão do projeto diversas correções tiveram que ser feitas. Todas as peças precisaram ser lixadas até que chegassem ao formato desejado e o modelo pudesse ser montado adequadamente (figuras 7 e 8).

**Figura 7 – Correção das peças impressas em 3D**



Fonte: Aatoria própria (2021)

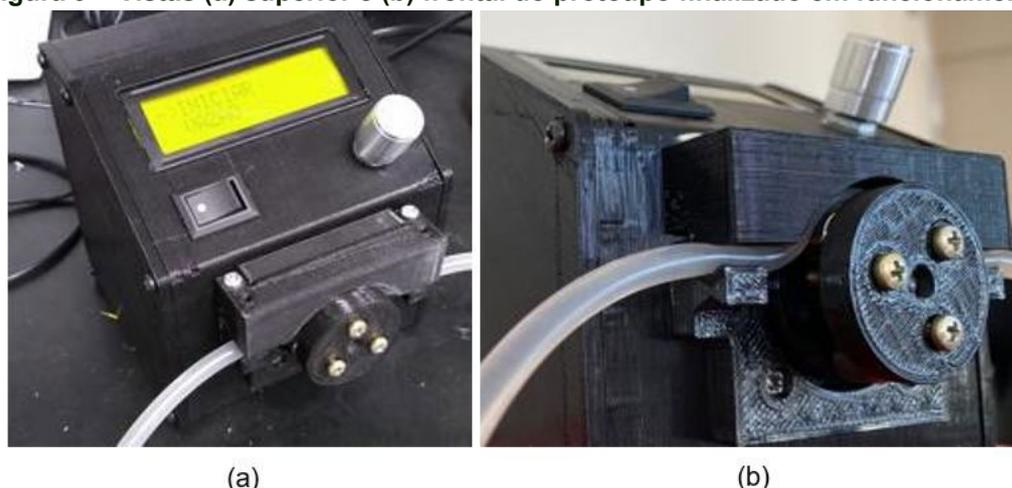
**Figura 8 – Finalização do protótipo (a) antes e (b) depois com todos os componentes integrados**



Fonte: Autoria própria (2021)

Após a finalização da etapa de construção (figura 9), o protótipo foi submetido a diferentes testes de funcionalidade com o intuito de avaliar sua capacidade de operação e aplicação.

**Figura 9 – Vistas (a) superior e (b) frontal do protótipo finalizado em funcionamento**



Fonte: Autoria própria (2021)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados critérios como precisão, eficiência e confiabilidade nos parâmetros de bombeamento. Para os testes foi utilizada uma mangueira de silicone com diâmetro interno de 4 mm e diâmetro externo de 6 mm. Tubulações com diâmetros maiores foram avaliadas, porém não se obteve sucesso no bombeamento, sendo que o funcionamento correto do protótipo ficou limitado ao uso de mangueira com um valor máximo de 4 mm de diâmetro (interno).

O ajuste de escala do equipamento foi realizado medindo a vazão em todas as opções disponíveis e ajustando no software, a cada medição, o delay (duração do passo do motor – em milissegundos) para cada valor de vazão. Os testes foram realizados usando água tratada como

fluido a ser dosado e utilizou-se um copo plástico para medida de líquidos possuindo uma escala de volumes (figura 10). Para cada aferição, foram realizadas repetidas medições de tempo, utilizando intervalos diferentes de tempo (um e dois minutos), de modo a aumentar a confiabilidade da calibração.

**Figura 10 – Calibração do protótipo.**



**Fonte: Autorial própria (2021)**

O processo de calibração realizado não foi extremamente rigoroso devido ao fato de não se possuir acesso às ferramentas de laboratório adequadas para tal aferição, tampouco acesso ao laboratório LAQUA para que pudessem ser feitas as devidas comparações entre os modelos, em virtude da crise sanitária da Covid-19. No entanto, durante os testes foi constatado que a velocidade do motor não aumenta linearmente com a variação do PWM aplicado, portanto impossibilitou que fosse implementada uma calibragem acessível pelo usuário baseada no erro da aferição.

Percebeu-se também que o mecanismo funcionaria melhor com uma quantidade maior de rolamentos executando o movimento peristáltico, pois dessa forma, passaria menos líquido a cada volta, proporcionando o controle de volumes ainda menores, já que a velocidade mínima atingida garantiu um limite inferior de 5 ml/min de vazão. Ainda assim, após todos os testes realizados, o protótipo desenvolvido conseguiu bombear líquidos com boa precisão, a uma vazão entre 5 ml/min (determinado pelo hardware) até 50 ml/min (programada através de software). A interface do menu ficou simples e intuitiva de navegar, constituindo um equipamento de fácil manuseio, atendendo à demanda que se apresentou como proposta.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O desenvolvimento deste protótipo com componentes eletroeletrônicos de baixo custo, permitiu criar um equipamento aplicado às atividades laboratoriais de pequena escala, com viabilidade econômica e confiabilidade operacional que permite tornar esta tecnologia mais acessível.

Também representa uma importante atividade de articulação da indissociabilidade do ensino, pesquisa e extensão nas instituições públicas de educação, ciência e tecnologia, aplicando na prática os conhecimentos e habilidades necessários ao desenvolvimento das capacidades profissionais, pelos estudantes do curso de graduação em Engenharia Elétrica.

## SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Com base no funcionamento do protótipo, foi percebido que há espaço para realização de melhorias que não só aprimorariam a confiabilidade deste equipamento como aumentaria a aplicabilidade do mesmo, em diferentes funções. As sugestões para aperfeiçoar o protótipo são:

- a) Expandir o limite superior do controle de vazão para o máximo suportado pelo motor de passo (em torno de 500 ml/min);
- b) Ajustar o modelo tridimensional para que se encaixe melhor aos componentes utilizados, e ofereça mais confiabilidade no funcionamento empregando materiais mais robustos;
- c) Incrementar as opções disponíveis no menu;
- d) Incorporar acionamentos remotos e programáveis (bluetooth, Wi-Fi);
- e) Integrar sensores ao microcontrolador para efetuar dosagens com mais precisão;
- f) Criar opção para gerar relatório das operações manuseadas;
- g) Realizar tratamento estatístico dos dados da aferição, considerando significativas variações de tempo.

## REFERÊNCIAS

BERG, J. M. *et al.* A two-stage discrete peristaltic micropump. *Sensors and Actuators, A: Physical*, v. 104, n. 1, p. 6–10, 2003.

FONSECA, A. L. Determinação Do Índice De Nitrato, Nitrito E Nitrogênio Amoniacal Na Água Da Lagoa De Extremoz / RN. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

LONGO, G. A. *et al.* Flow Dynamic and Energetic Assessment of a Commercial Micro-Pump for a Portable / Wearable Artificial Kidney: Peristaltic vs. Diaphragm pumps. *Thermal Science and Engineering Progress*, v. 3, p. 31–36, 2017.

NETLAB Bombas Peristálticas. Disponível em: <[www.lojanetlab.com.br/equipamentos/bombas-peristalticas/bomba-peristaltica-monocanal-analogica-200mlmin-lap-101-3](http://www.lojanetlab.com.br/equipamentos/bombas-peristalticas/bomba-peristaltica-monocanal-analogica-200mlmin-lap-101-3)>. Acesso em: 30 out. 2020.

NETO, A. R. P.; KORN, M. DAS G. Os Nutrientes Nitrato e Nitrito Como Contaminantes Ambientais e Alternativas de determinação. *Candombá -Revista virtual*, v. 2, n. 2, p. 90–97, 2006.

IGEM AACHEN. Thingiverse, 2017. Precise Peristaltic Pump. Disponível em: <<https://www.thingiverse.com/thing:2619479>>. Acesso em: 07 jun. 2021.

SOARES, F. S. C. *et al.* CONSTRUÇÃO DE UMA BOMBA PERISTÁLTICA E DE UM SISTEMA DE DETECÇÃO UTILIZANDO UM HARDWARE DE CÓDIGO FONTE ABERTO “ARDUINO” PARA ANÁLISE EM FLUXO. *Química Nova*, v. 41, n. 10, p. 1196–1199, 2018.

Watson-Marlow Fluid Technology Group. Disponível em: <<https://www.watson-marlow.com/br-pt/support/como-funcionam-as-bombas-peristalticas-sanitarias/>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

XIE, J. *et al.* Surface micromachined electrostatically actuated micro peristaltic pump. *Lab on a Chip*, v. 4, n. 5, p. 495–501, 2004.

# Estudo de desempenho de bloco cerâmico de vedação com nova geometria interna

---

**Marcus dos Reis**

*Coordenador e Professor de Eng Civil da Universidade Paulista – UNIP. Diretor Técnico da JSGlobal Construção Civil & Assessoria em Obras, OBRA 10 e CAPT – Centro de Apoio a Pesquisa Tecnológicas. SP*

**João Pedro Figueroa Rodrigues Silva**

*Graduando em Engenharia Civil - Universidade Paulista – UNIP*

**Laice Moura Santos**

*Graduando em Engenharia Civil - Universidade Paulista - UNIP*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.5

## RESUMO

No Brasil a construção civil tem como principal método construtivo a alvenaria de vedação, onde a presença de lajes, vigas e pilares de concreto armado para função estrutural e para a construção das paredes se utiliza os blocos cerâmicos que se encontram no mercado em diversos tamanhos. O bloco cerâmico, popularmente conhecido como “tijolo baiano” tem grande popularidade na construção nacional pelos motivos de terem maior disponibilidade em qualquer lugar do país, serem baratos, exigir menor qualificação da mão de obra e relativamente leves, comparados ao bloco de concreto. Esta pesquisa tem como principal objetivo contribuir no melhoramento do desempenho técnico e econômico do bloco cerâmico de vedação, por meio de ajustes e mudanças na geometria interna desenvolvida pelos autores, contribuindo em melhorias técnicas. Importante destacar que com estes ajustes, não houve perda da qualidade quanto a resistência do bloco e por outro lado veio a contribuir ao meio ambiente, principalmente devido a redução do volume na matéria prima extraída na natureza durante a sua fabricação, deixando-o mais viável ao consumo na construção civil.

**Palavras-chave:** bloco de vedação. nova geometria. dimensões internas.

## ABSTRACT

In Brazil, the main construction method is masonry construction, where the presence of slabs, beams and pillars of reinforced concrete for structural function and for the construction of walls is used the ceramic blocks that are on the market in various sizes. The ceramic block, popularly known as “tijolo baiano”, has great popularity in the national construction for the reasons of having greater availability anywhere in the country, being cheap, requiring less qualification of labor and relatively light, compared to the concrete block. This research has as its main objective to contribute to the improvement of the technical and economical performance of the ceramic block, through adjustments and changes in the internal geometry developed by the authors, contributing to technical improvements. It is important to highlight that with these adjustments, there was no loss of quality in terms of the block's resistance and, on the other hand, it contributed to the environment, mainly due to the reduction in the volume of raw material extracted from nature during its manufacture, making it more viable for consumption in civil construction.

**Keywords:** sealing block. new geometry. internal dimensions.

## INTRODUÇÃO

O Uso do bloco cerâmico surgiu entre 7500 a 4000 a.c, (AMBER, 96) no oriente médio, teve sua composição aprimorada com o passar dos séculos, até chegar no modelo que é utilizado atualmente na construção civil. Somente em 1954, em Zurique na suíça, (ROMAN, 2007) ocorreu a construção do primeiro edifício projetado utilizando o bloco cerâmico desde então o método construtivo vem se atualizando com o uso de novas tecnologias e aplicabilidade de novos materiais.

Este trabalho apresentara o estudo comparativo do bloco cerâmico de vedação convencional e o bloco com forma geométrica interna arredondada. Apresentamos um estudo volta-

do a análise de resistência a compressão do protótipo do bloco com geometria interna arredondada, avaliando sua capacidade e esforços perante as normas da ABNT, também demos-  
tramos um estudo comparativo referente a relação voltada para a matéria prima utilizada em cada bloco e viabilidade para os dois tipos de blocos apresentados nesta Pesquisa.

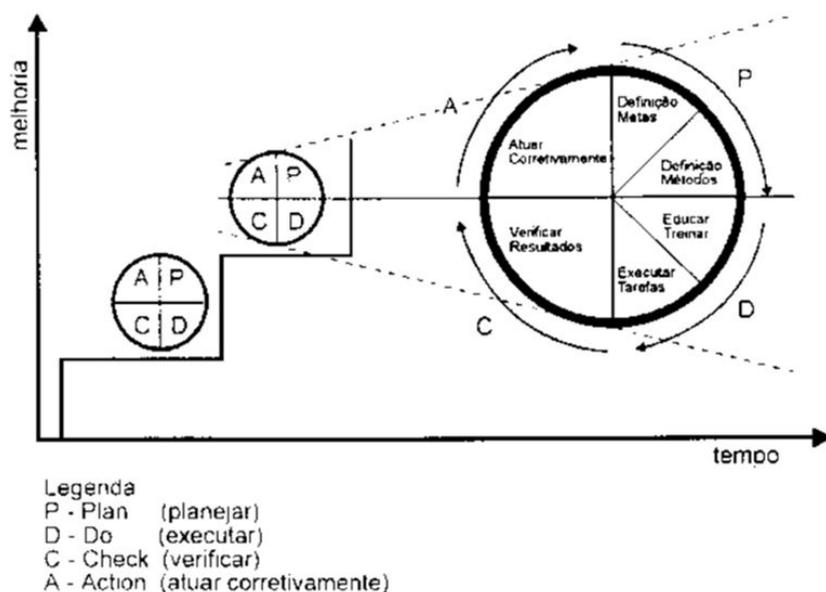
Os dados coletados na pesquisa têm como objetivo evidenciar a comparação desses dois modelos de confecção de blocos cerâmicos, afim de contribuir na diminuição significativa de gastos com a matéria prima envolvida no processo de fabricação, mantendo capacidade técnica quanto a sua resistência e desempenho técnico, trazendo consigo tecnologia por meio da uma inovação técnica e de desempenho no mercado da construção civil.

A escolha desse estudo visa mostrar o comparativo do bloco cerâmico convencional com um protótipo de bloco cerâmico com geometria interna arredondada, buscando a economia de matéria prima utilizada para fabricação do mesmo, sendo de suma importância no âmbito socioeconômico, também desenvolver algo novo que contribua no mercado da construção civil, atendendo as normas regulamentadoras.

Analisar com base nos testes feitos em laboratório, a resistência de um bloco cerâmico com formato geométrico interno arredondado, comparando com o bloco cerâmico convencional para vedação, verificando sua capacidade de carga dentre as normas permitidas pela ABNT; e avaliação dos resultados para uma conclusão de eficácia do novo bloco cerâmico de geometria interna arredondada.

Na Figura 1, apresentamos de maneira geral um critério semelhante e adaptado na implantação de sistema de qualidade onde temos o chamado “ciclo PDCA” que podemos utilizar no desenvolvimento da pesquisa por meio do planejamento, executando os blocos, realizando verificações de desempenho e atuando de forma correta na qualidade técnica.

**Figura 1 - Ciclo PCDA**



Fonte: Campos (1989)

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Há séculos a humanidade utiliza de meios para sua defesa e comodidade, a alvenaria foi um deles, começando a ser utilizada quando pequenos grupos deixavam de ser andarilhos para criar pequenas civilizações, desde então grandes estruturas foram criadas, como forma de defesa, abrigo e interesses políticos.

Naquela época era comum a utilização de pedras no lugar dos blocos, tendo função de vedação ou estrutura. Grandes construções, como o coliseu de Roma (70 d.c), as pirâmides do Egito (2500 a.c), foram construídas através de pedras esculpidas em formatos determinados.

Os produtos cerâmicos gerados através do cozimento de argila, iniciou-se nos locais mais abundantes em matéria argilosa, por ser barato, de fácil acesso e grande quantidade de matéria prima tornou-se primordial para humanidade.

Com a evolução de tecnologias veio o uso de novas técnicas construtivas, podendo ressaltar os materiais ligantes, conhecidos como aglomerantes, como cal, substratos para confecção de blocos e o concreto que utilizamos atualmente (SILVA, 2010).

No Brasil, o bloco cerâmico foi usado desde o início da ocupação europeia, por meados do século XVI, sendo Salvador e Recife as capitais que mais fizeram a utilização desse material, devido serem as maiores metrópoles do país nessa época. Porém somente a partir de 1850 o bloco cerâmico se tornou essencial nas construções dessas cidades Brasileiras.

Bauer (2012) define cerâmica como: "Chama-se cerâmica à pedra artificial obtida pela moldagem, secagem e cozedura de argilas ou de misturas contendo argilas. Em certos casos, pode ser suprimida alguma das etapas citadas, mas, a matéria-prima é a argila. Nos materiais cerâmicos a argila fica aglutinada por uma pequena quantidade de vidro, que surge pela ação do calor de cocção sobre os componentes da argila (BAUER, 2012, p.526)."

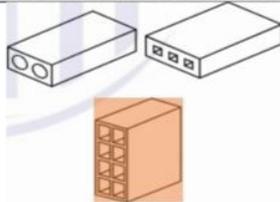
Deste modo é possível compreender que blocos cerâmicos são obtidos através da mistura entre argila e água que, após um processo de cozimento, enrijece, deixando uma mistura homogênea e de resistência considerável. Esse cozimento é de suma importância no processo de produção do bloco, uma vez que a mistura de argila e água apenas seca, sem o processo de queima, ainda é muito instável quanto a presença de água no ambiente, fazendo com que a mudança de umidade gere também mudanças nas características do bloco.

## ELABORAÇÃO DO EXPERIMENTO

Para a elaboração do experimento foram seguidas as normas NBR 15270-1 e NBR 15270-2 ambas de 2017.

O primeiro passo para iniciar o experimento é a escolha de qual bloco cerâmico de vedação será utilizado como base de medida para elaboração do protótipo, nos quais foram tidos como referência as especificações vigentes e as características técnicas conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Especificações do bloco cerâmico de vedação**

Bloco ou tijolo de vedação em parede vazada com furos ou vazados horizontais					
Classe	fb mínimo MPa	Absorção d'água %			
			Espessura mínima das paredes do bloco ou tijolo mm		Soma mínima das paredes em um mesmo corte trasversal [externas e interna(s)] mm
			Externa	Interna	
VED 15	1,5	8 a 25	7	Não há	20

Fonte: adaptada da NBR 15270-1/ 2017

Foi escolhida o bloco cerâmico com furos horizontais de classe Ved15, onde a resistência mínima é de 1,5 MPa. Após a escolha de qual bloco cerâmico a ser utilizado, o próximo passo é a escolha das dimensões do bloco cerâmico.

Na Tabela 02, podemos observar as dimensões modulares quanto as respectivas larguras, altura e comprimento adotados, utilizados na pesquisa.

**Tabela 2 - Dimensões dos blocos cerâmicos de vedação**

Dimensões modulares L x H x C Módulo dimensional M = 10 cm	Dimensões nominais cm			
	Largura L	Altura H	Comprimento C	
			Bloco principal	1/2 bloco
(3/2) M x (1) M x (5/2) M	14	9	24	11,5
(3/2) M x (1) M x (3) M			29	14
(3/2) M x (2) M x (2) M			19	9
(3/2) M x (2) M x (5/2) M		19	24	11,5
(3/2) M x (2) M x (3) M			29	14
(3/2) M x (2) M x (4) M			39	19
(2) M x (2) M x (2) M	19	19	19	9
(2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(2) M x (2) M x (3) M			29	14
(2) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/2) M x (5/2) M x (5/2) M	24	24	24	11,5
(5/2) M x (5/2) M x (3) M			29	14
(5/2) M x (5/2) M x (4) M			39	19

Fonte: Adaptado da NBR 15270-1/ 2017

O bloco de vedação escolhido para o experimento foi o de 14x19x29 cm com 9 furos horizontais, paredes externas com espessura de 7mm (como a norma 15270-1/2017 exige) e com paredes internas de 6 mm de espessura (pela norma 15270-1/2017 pode chegar até 3 mm de espessura nesse bloco). (Figura 2)

**Figura 2 - Bloco cerâmico de vedação**



Fonte: rios, s.d.

## Execução do molde do bloco cerâmico com geometria interna arredondada

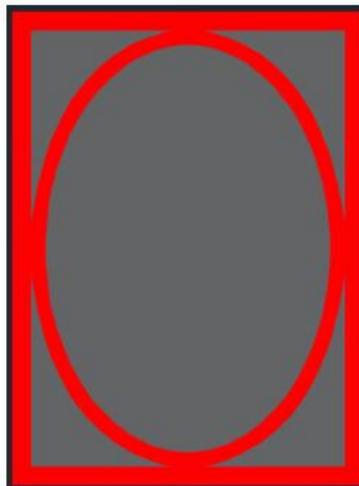
No desenvolvimento da pesquisa para elaboração do bloco cerâmico de geometria interna arredondada, seguimos as seguintes etapas:

- I. As paredes externas serão iguais as paredes dos blocos convencionais, seguindo as medidas (altura, largura, comprimento e espessura) e forma geométrica do bloco escolhido;
- II. A geometria interna será de forma arredondada, quase como uma elipse, tendo seus pontos de contato com as paredes externas exatamente no centro de cada parede externa;
- III. Para um melhor comparativo a parede interna terá uma espessura igual a do bloco convencional escolhido (6 mm).

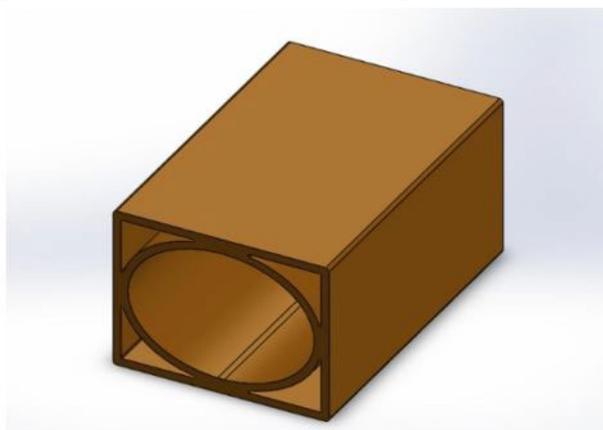
No desenvolvimento do trabalho tendo como base a geometria interna proposta projetada pelos autores, foi confeccionado o molde utilizado no estudo.

A seguir podemos observar nas Figura 3 e na Figura 4 as características técnicas da geometria interna entre outros detalhes adotada na produção da forma utilizada para confecção dos blocos da pesquisa.

**Figura 3 - Geometria do bloco em estudo**

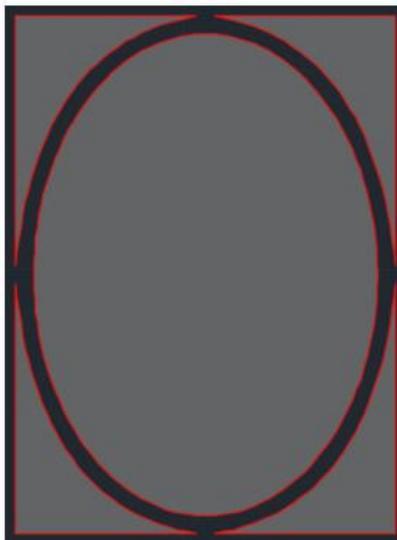


**Figura 4 - Imagem do bloco de vedação com geometria interna arredondada**



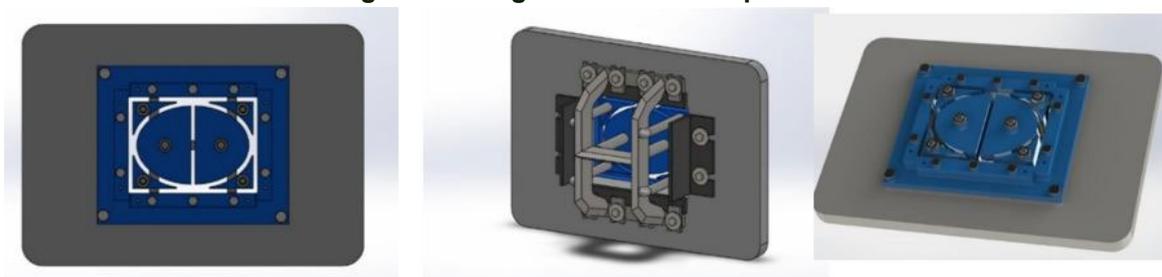
Na Figura 5 visualizamos as áreas em cinza ficarão ocas (sem a argila), logo estes foram alguns detalhes referente a separação e confecção das partes para a elaboração da forma.

**Figura 5 - Imagem de análise para confecção da forma**



As peças foram executadas de acordo com o molde projetado, com o comprimento final de 29 cm. Para a execução do bloco fez-se necessário a criação de uma peça chamada “BOQUILHA” que encaixa no ponta da moromba (extrusora de argila da linha de produção dos blocos), conforme ilustrado na Figura 6.

**Figura 6 - Imagens da forma boquilha**



Após a execução da peça “boquilha”, a mesma foi levada para fábrica de blocos protótipos de acordo com as normas vigentes para elaboração dos protótipos.

A Anicer (Associação Nacional da Indústria Cerâmica) em 2020 divulgou que a produção anual de blocos cerâmicos é de 4.675.095.000, pelas quase 5600 olarias parceiras pela Brasil.

Se os testes comprovarem os estudos teóricos, a média de diminuição de consumo de matéria-prima em todas as famílias de bloco cerâmico de vedação será de 7%, que corresponde ao volume de cerca de 327.256.650 blocos cerâmicos produzidos no Brasil por ano.

Na Tabela 3 temos o volume de matéria prima utilizada em cada bloco cerâmico convencional realizado por meio de amostragem.

**Tabela 3 - Volume de matéria prima utilizada em cada bloco cerâmico convencional**

Bloco Cerâmico	Bloco cerâmico de vedação convencional					
	dimensão do blocos ceramico (LxAxC)			volume das paredes externas (espessura= 7mm) cm <sup>3</sup>	volume das paredes internas (espessura= 6mm) cm <sup>3</sup>	volume total cm <sup>3</sup>
	L	A	C			
1	9	19	29	1079,96	671,64	1751,6
2	11,5	14	24	809,76	455,04	1264,8
3	11,5	19	29	1181,46	802,14	1983,6
5	14	19	24	1061,76	835,2	1896,96
6	14	19	29	1282,96	1009,2	2292,16
7	14	19	39	1725,36	1357,2	3082,56
8	19	19	29	1485,96	1183,2	2669,16
9	19	19	39	1998,36	1591,2	3589,56

Na Tabela 4 temos o volume de matéria prima utilizada em cada bloco cerâmico com geometria interna arredondada realizado por meio de estudo teórico.

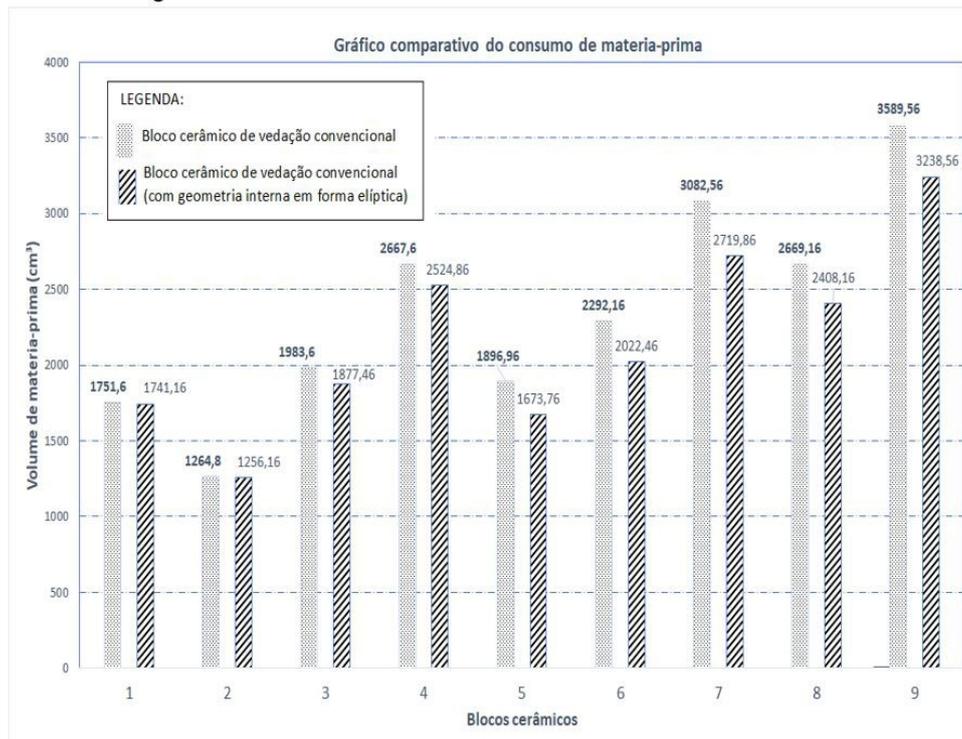
**Tabela 4 - Volume de matéria prima utilizada em cada bloco cerâmico com geometria interna arredondada**

Bloco Cerâmico	Bloco cerâmico de vedação convencional (com geometria interna em forma elíptica)					
	dimensão do blocos ceramico (LxAxC)			volume das paredes externas (espessura= 7mm) cm <sup>3</sup>	volume das paredes internas (espessura= 6mm) cm <sup>3</sup>	volume total cm <sup>3</sup>
	L	A	C			
1	9	19	29	1079,96	661,2	1741,16
2	11,5	14	24	809,76	446,4	1256,16
3	11,5	19	29	1181,46	696	1877,46
4	11,5	19	39	1588,86	936	2524,86
5	14	19	24	1061,76	612	1673,76
6	14	19	29	1282,96	739,5	2022,46
7	14	19	39	1725,36	994,5	2719,86
8	19	19	29	1485,96	922,2	2408,16
9	19	19	39	1998,36	1240,2	3238,56

Na Figura 7 apresentamos por meio de ilustração gráfica o comparativo de consumo de matéria-prima entre os blocos convencionais e o bloco com geometria interna arredondada.

Com base nos estados teóricos demonstrados nas Tabelas 3 e 4 e o comparativo entre elas no Figura 6, podemos observar que os blocos com geometria interna arredondados obtêm diminuição de consumo na matéria-prima em todos as famílias de bloco cerâmico de vedação apresentados, de acordo com os dados demonstrados na Tabela 5 contendo a comparação entre os blocos convencionais e o bloco com geometria interna arredondada (%).

**Figura 7 - Comparativo de consumo de matéria-prima entre os blocos convencionais e o bloco com geometria interna arredondada**



Demonstrasse na Tabela 5 o comparativo de cada bloco cerâmico a porcentagem de diminuição de consumo de matéria-prima e o valor em  $\text{cm}^3$ .

**Tabela 5 - Comparação entre os blocos convencionais e o bloco com geometria interna arredondada (%)**

comparação entre geometrias dos blocos						
Bloco Cerâmico	dimensão do blocos ceramico (LxAxC)			%	diminuição do consumo de material	valor em $\text{cm}^3$
1	9	19	29	99,40%	0,60%	10,44
2	11,5	14	24	99,32%	0,68%	8,64
3	11,5	19	29	94,65%	5,35%	106,14
4	11,5	19	39	94,65%	5,35%	142,74
5	14	19	24	88,23%	11,77%	223,20
6	14	19	29	88,23%	11,77%	269,70
7	14	19	39	88,23%	11,77%	362,70
8	19	19	29	90,22%	9,78%	261,00
9	19	19	39	90,22%	9,78%	351,00

Na Tabela 6 demonstra a economia em  $\text{cm}^3$  de matéria-prima por milheiro produzido e respectivamente os valores em unidades de bloco cerâmico. Com os estudos teóricos apresentados podemos observar uma redução considerável de consumo de argila, caso os dados se mantenham após análise em laboratório, a utilização dessa nova geometria interna nos blocos da vedação será questão de tempo para implementação nas fábricas, pois tanto a construção civil se beneficiaria com tal avanço. Além de mais os dados obtidos em laboratório abre precedentes para outras pesquisas na área como: A redução de consumo de combustíveis para queima dos blocos, por se tratar de uma nova geometria interna e o fluxo de calor ter uma facilidade de passar no interior do bloco e proporcionar uma queira mais rápida; O estudo sobre o impacto das extrações de argila, aumentando a vida útil de jazidas e diminuindo o impacto ambiental.

**Tabela 6 - Demonstrativo de economia do bloco com geometria interna arredondada para cada 1000 blocos**

Economia para cada 1000 blocos (1 milheiro)					
Bloco Cerâmico	dimensão do blocos ceramico (LxAxC)			Valor em cm <sup>3</sup>	Valor em unidades
1	9	19	29	10440	6,00
2	11,5	14	24	8640	6,88
3	11,5	19	29	106140	56,53
4	11,5	19	39	142740	56,53
5	14	19	24	223200	133,35
6	14	19	29	269700	133,35
7	14	19	39	362700	133,35
8	19	19	29	261000	108,38
9	19	19	39	351000	108,38

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A engenharia civil tem como base alguns pilares que são fundamentais para o bom andamento, como por exemplo: projetos, execução, materiais e controle tecnológico e de qualidade para o bom desempenho técnico, logo nesta premissa esta pesquisa busca contribuir para o desenvolvimento tecnológico e de qualidade voltado para uma solução inovadora na Construção Civil.

No transcorrer deste trabalho assistimos as mudanças na geometria interna do bloco, fato este que se demostrou importante no ramo da construção civil. As mudanças vêm seguido um padrão de qualidade, controle tecnológico e inovação que vem adquirido importância gradativa nesta pesquisa, conseqüentemente no mercado, mostrando que não são aspectos conceituais e tornando-se uma utilização comercial e até de sobrevivência para o setor da construção como inovação tecnológica.

Competindo num mercado cada vez mais arriscado, os empreendedores e construtores tem sido obrigados a reduzir custos sem perda da qualidade final dos produtos que comercializam. Por outro lado, temos o consumidor cada vez mais preocupado com a qualidade e a relação custo/benefício dos produtos que adquirem, e amparado numa legislação que protege e o auxiliar na busca de bons produtos. O código de Defesa do Consumidor introduziu várias novas na relação Cliente/fornecedor, que até então era comandada pelo fornecedor do produto e não pela exigência do Cliente.

O produto final em desenvolvimento (bloco com geometria interna modificada), busca a redução de consumo de combustíveis para queima dos blocos, por se tratar de uma nova geometria interna e o fluxo de calor ter uma facilidade de passar no interior do bloco e proporcionar uma queira mais rápida; O estudo sobre o impacto das extrações de argila, aumentando a vida útil de jazidas e diminuindo o impacto ambiental.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (São Paulo) (Org.). Informações Técnicas: Processo de fabricação. 2016. Disponível em: . Acesso em: 13 abr. 2018.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15270-1: componentes cerâmicos; parte 1: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação, requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15270-2: componentes cerâmicos; parte 1: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação, métodos e ensaios. Rio de Janeiro, 2017

Anicer. (s.d.). anicer.com.br. Fonte: Anicer: <https://www.anicer.com.br/>

ALVARENGA, Rita de Cássia S. S. Alvenaria Racionalizada. 2006. Disponível em: . Acesso em: 25 mai. 2018.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão (Comp.). Materiais de construção civil: Volume 2. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012

CAMPOS, V. F . Gerenciamento da qualidade total: estratégia para aumentar a competitividade da empresa brasileira. Belo Horizonte, Fundação Cristino Otoni. Escola de Engenharia da UFMG, 1989.

CAPUTO, H. P. Mecânica dos Solos e suas Aplicações. Vol. 1, 2, 3. Editora LTC, Rio de Janeiro, 4ª/6ª ed. 2012/2013/2014. HACHICH, W ; FALCONI, F F ; SAES, J L .

COSTA, Keyla, Seminário sobre tijolos. 2010. Disponível em: . Acesso em: 23 abr. 2018

LIMA, Antônio Guilherme Garcia. Cerâmicas. Disponível em: . Acesso em: 12 mai. 2018.

KLEIN, V.A. (2012). Física do Solo. 2 ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo. 240p.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 6. ed. revista e ampliada. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013, 100 p.

SANTOS, Pêrsio de Souza. Ciência e tecnologia de argilas. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1989.  
SILVA, Reginaldo Carneiro; GONÇALVES, Márcio de Oliveira.

Capítulo

06

## **Desenvolvimento do protótipo de um aerogerador de Savonius sustentável**

### **Development of the prototype of a sustainable Savonius aerogenerator**

---

**Jonatas Motta Quirino**

*Mestre em Ciências do Mar, Bióloga*

**Tatiane Gomes de Paula**

*Doutorando em Engenharia Mecânica – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.6

## RESUMO

Energias mais limpas ainda representam uma pequena parcela da geração de energia elétrica no Brasil. A energia eólica é uma forma de obtenção de energia de fonte totalmente renovável, limpa e não produz qualquer tipo de poluente, e por essa razão, é umas das principais apostas no campo das fontes renováveis de energia. Aerogeradores, que podem ser de eixo horizontal ou vertical, captam a energia cinética provocada pelo vento e convertem esse movimento em energia elétrica. Considera-se que uma das vantagens dos aerogeradores de eixo vertical é de não necessitar de um dispositivo de controle de direção elaborado e seus componentes podem ser montados na altura do solo. Desta forma, este estudo tem por objetivo desenvolver o protótipo de um gerador de energia eólica do tipo Savonius, de baixo custo de fabricação e manutenção, utilizando-se materiais reutilizáveis/recicláveis e que seja factível de ser empregado em dispositivos de baixo consumo energético no uso doméstico/residencial, de conscientização sócio-ambiental, além de possibilitar aprimoramentos e a construção de réplicas.

**Palavras-chave:** aerogerador. protótipo. reciclável.

## ABSTRACT

Cleaner energies still represent a small portion of electric power generation in Brazil. Wind energy is a way of obtaining energy from a totally renewable, clean source and does not produce any type of pollutant, and for this reason, it is one of the main bets in the field of renewable energy sources. Wind turbines, which can be horizontal or vertical, capture the kinetic energy caused by the wind and convert this movement into electrical energy. It is considered that one of the advantages of vertical axis wind turbines is that they do not need an elaborate direction control device and their components can be mounted at ground level. Thus, this study aims to develop the prototype of a Savonius wind power generator, with low cost of manufacture and maintenance, using reusable / recyclable materials and that is feasible to be used in low energy devices in the domestic / residential use, social and environmental awareness, in addition to enabling improvements and the construction of replicas.

**Keywords:** wind turbine. prototype. recyclable.

## INTRODUÇÃO

O consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade (ANEEL, 2008).

As maiores necessidades de energia elétrica demandam por ampliação e construção de novos empreendimentos de geração, transmissão e distribuição, que possuem impactos ambientais associados desde a fase de construção até a fase de operação. Para mitigá-los é necessário encontrar uma via alternativa que concilie os aspectos ambientais com os tecnológicos, econômicos e sociais, e que sejam eficientes. No entanto, no Brasil, energias mais limpas ainda representam uma pequena parcela, conforme demonstrado na tabela 1:

**Tabela 1 – Fontes de geração de energia elétrica utilizados no Brasil**

<b>Fonte energética</b>	<b>Potência gerada (MW)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Hídrica	109.315	59,6
Eólica	17.730	9,7
Biomassa	15.260	8,3
Gás natural	14.826	8,1
Petróleo e outros Fósseis	9.095	5,0
Importação	8.170	4,5
Carvão Mineral	3.583	2,0
Solar Fotovoltaica Centralizada	3.293	1,8
Nuclear	1.990	1,1
Undi-elétrica	0,05	0,00003

**Fonte: Adaptado de ABSOLAR (2001)**

Como pode-se observar, a energia oriunda das matrizes hídricas representa mais da metade da geração de energia elétrica no Brasil. Entretanto a energia hidrelétrica é responsável por imensuráveis danos ambientais, estando relacionada, inclusive com o aumento do aquecimento global através da emissão de gases de efeito estufa (FEARNSIDE, 2015).

Assim, outras formas de produção de energia vêm se mostrando mais presentes no espaço econômico-social brasileiro em substituição às usinas hidrelétricas que, além do todo o dano ambiental e social que provocam, dependem de bons resultados pluviométricos para se manterem eficientes (JÚNIOR, 2020).

A energia eólica é a segunda fonte mais utilizada no Brasil, entretanto, representa apenas 9,1% do total da produção. De acordo com Dal Ponte (2017) a energia eólica é uma forma de obtenção de energia de fonte totalmente renovável, limpa e não produz qualquer tipo de poluente, e por essa razão, é umas das principais apostas no campo das fontes renováveis de energia.

## **Aerogeradores**

A geração de energia eólica é um processo mediante a captação da energia cinética provocada pelo vento, a qual movimentada pás de grandes turbinas que convertem esse movimento em energia elétrica (DAL PONTE, 2017).

Os aerogeradores podem ser de eixo horizontal ou de eixo vertical (ROSSI, 2010 *apud* DAL PONTE, 2017).

De acordo com Duarte (2010), considera-se que uma das vantagens dos aerogeradores de eixo vertical é de não necessitar de um dispositivo de controle de direção elaborado e seus componentes podem ser montados na altura do solo.

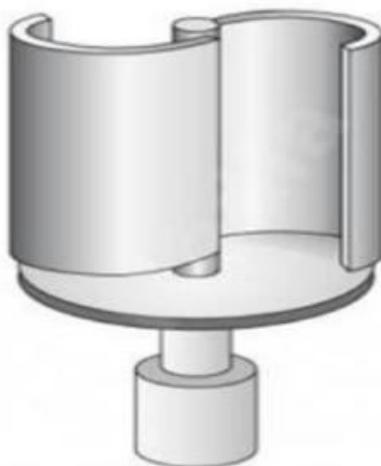
### **Aerogerador tipo Savonius**

O aerogerador de *Savonius*, em homenagem ao seu inventor Sigurd J. Savonius, 1930, apresenta montagem simples, e alto torque, além de ser pouco sensível à direção do vento incidente, o que colabora com seu funcionamento (FARRET, 2010).

De acordo com Rocha (2017), este modelo é movido principalmente pela força de arrasto

do ar, os esforços exercidos pelo vento em cada uma das faces do corpo oco são de intensidades diferentes, resultando um binário responsável pelo movimento rotativo do conjunto. Sua geometria consiste em dois semi-cilindros colocadas entre dois discos horizontais que tiveram seus centros deslizados simetricamente, representado na Figura 1

**Figura 1- Aerogerador de Savonius**



**Fonte: Pires (2016)**

Ainda de acordo com Rocha (2017), aerogeradores de eixo vertical são difíceis de encontrar à venda, pois apesar de terem vantagens em algumas circunstâncias, perdem claramente em rentabilidade quando as condições de vento são boas. Seu uso resume-se a pequenos projetos e a algumas instalações em ambiente urbano. Os rotores de eixo vertical são geralmente mais baratos que os de eixo horizontal, pois o gerador não gira seguindo a direção do vento, apenas o rotor gira enquanto o gerador fica fixo. Porém, seu desempenho é inferior.

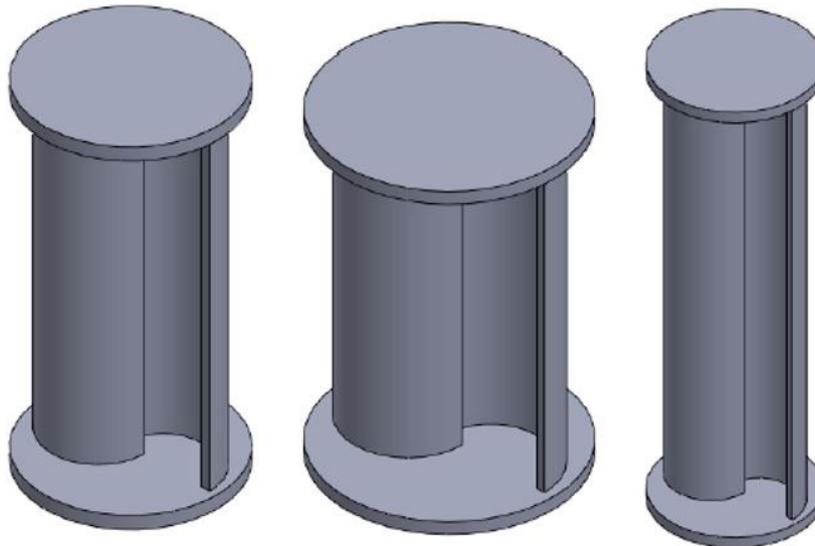
### **Parâmetros de desempenho**

Kothe (2016) em seu estudo comparativo do desempenho de turbinas Savonius helicoidal e de duplo-estágio, através de uma pesquisa bibliográfica, indicou alguns parâmetros como fundamentais a serem considerados para um melhor funcionamento de uma turbina Savonius, sendo alguns deles o que destacamos a seguir:

- Razão de aspecto;
- Razão de Sobreposição e de Afastamento;
- Número de Estágios;
- Número e Formato das Pás.

A razão de aspecto,  $\frac{H}{D}$ , relação da altura ( $H$ ) do rotor pelo seu diâmetro ( $D$ ), em projetos de turbina eólica de eixo vertical, é um parâmetro muito importante para determinar o desempenho do rotor (Fig. 2). Alexander & Holownia, (1978) e Kadam & Patil (2013) concluíram que valores de razão de aspecto próximo de 1,0 apresentam baixo desempenho, já para valores maiores, próximo de 5,0, o desempenho se torna satisfatório.

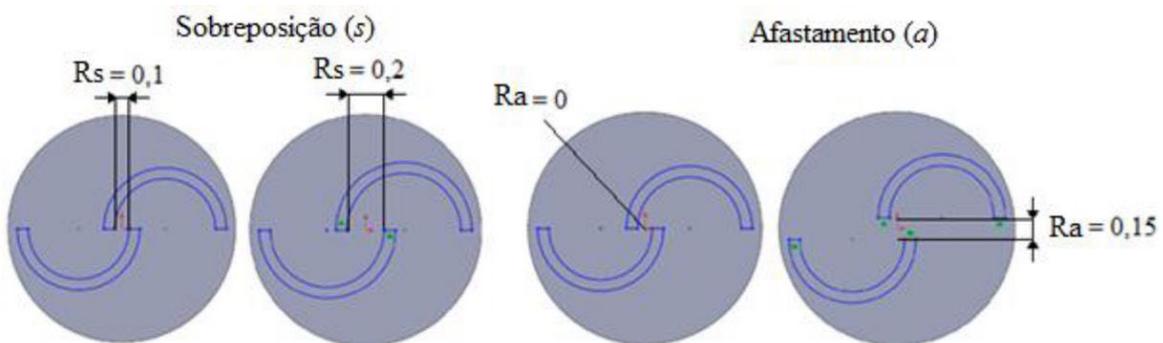
Figura 2 - Turbinas com diferentes razões de aspecto



Fonte: Kothe, 2016

Quanto à razão de sobreposição e razão de afastamento, para Fujisawa (1992), o desempenho de torque estático de um rotor é melhorado com o aumento da razão de sobreposição ( $R_s$ ) até determinado ponto, o que acontece devido ao efeito de recuperação de pressão pelo escoamento através da sobreposição das pás. E que, de acordo com os estudos de Blackwell *et al.* (1977) e de Driss *et al.* (2012), a razão de afastamento ( $R_a$ ) não pode ser grande, pois um afastamento não nulo leva a ocorrer recirculações, ocasionando perda de quantidade de movimento e diminuindo a potência útil da máquina (Fig. 3).

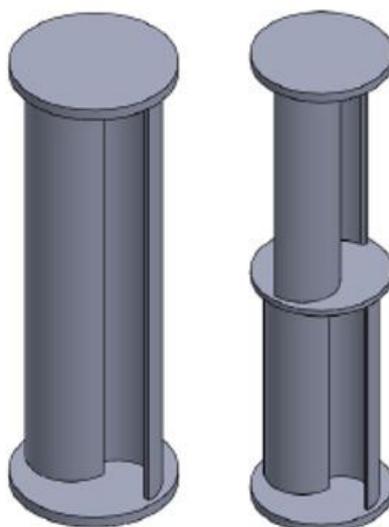
Figura 3 - Diferentes tipos de sobreposição (esquerda) e afastamento (direita)



Fonte: Kothe, 2016

Também tem sido muito estudada a influência do número de estágios do rotor, ou seja, uso de diversos rotores (Fig. 4). Os autores Hayashi *et al.* (2005), buscaram variar o número de estágios da turbina para que o rotor não tenha dependência das direções do vento na partida, porém, um aumento muito significativo pode ocasionar numa perda de eficiência. No estudo realizado por Saha *et al.* (2008), maiores valores de coeficiente de potência foram encontrados para rotores com dois estágios, com respectiva queda de rendimento para três estágios devido ao aumento de inércia, ocasionando em uma diminuição na razão de aspecto para cada estágio e gerando uma redução no coeficiente de potência.

Figura 4 - Turbinas com um (esquerda) e dois (direita) estágios

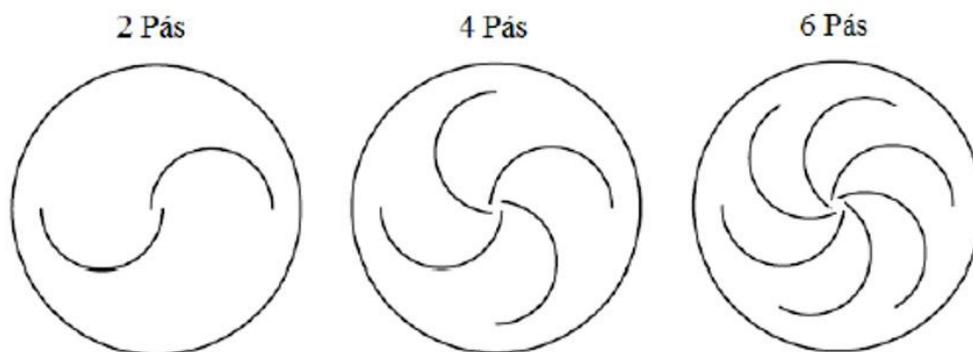


Fonte: Kothe, 2016

Kothe (2016) também discutiu sobre a influência do número e formato das pás no rendimento do aerogerador. Autores como Akwa (2010) e Blackwell *et al.* (1977) indicaram que o aumento do número de pás de dois para três, ou mais, ocasiona uma perda na performance, em contrapartida um aumento no número de pás diminui a oscilação do torque estático. A explicação de Akwa (2010) é que com o aumento do número de pás, uma pá acaba defletindo o escoamento de ar que deveria incidir na pá posterior, e que por consequência acaba defletindo o escoamento de ar que iria incidir na pá seguinte, gerando um efeito “cascata” (Fig. 5).

Quanto ao formato das pás, no estudo de Kamoji *et al.* (2009) é dito que, utilizando um formato de “anzol”, foi possível obter um coeficiente de potência médio de 0,21 para a turbina eólica e que com uma pá semicircular, o  $C_p$  médio encontrado foi de 0,19, representando um aumento de 10,5% no desempenho. A explicação foi dada pelo efeito do escoamento ser melhor direcionado em direção à ponta das pás (Fig. 6).

Figura 5 - Turbinas com diferentes números de pás



Fonte: Kothe, 2016

Figura 6 - Turbinas com diferentes formatos de pás



Fonte: Kothe, 2016

A turbina capta a energia cinética provocada pelo vento, a qual movimenta pás de grandes turbinas que convertem esse movimento em energia elétrica. Logo, existe uma massa específica do ar que, conforme a velocidade do vento perpendicular à área transversal, definiria a área percorrida pelas pás do rotor. Porém, de acordo com a Lei de Betz (publicada pelo físico alemão Albert Betz, em 1919), a fração máxima de energia que pode ser aproveitada em uma turbina eólica é de  $\frac{16}{27}$ , ou seja, 59,3%. Isto é, mesmo que o sistema eletromecânico seja ideal, só é possível extrair no máximo cerca de 59,3% da energia cinética dos ventos. (RIGOLIN, 2021)

Assim, o  $C_p$ , coeficiente de potência ou eficiência do rotor, representa a quantidade de potência aproveitada no eixo do rotor, sendo o restante desperdiçado no vento que deixa as pás do rotor. Desta forma, adotaremos o máximo valor teórico de  $C_p$ , denominado eficiência de Betz, de 59,3%.

Contudo, a potência real extraída do vento é dada por:  $P_{real} = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_{p\ betz}$ , onde:

$P_{real}$  = potência real extraída do vento (W);

$\rho$  = massa específica do ar (1,225 kg/m<sup>3</sup> ISA- Atmosfera Padrão Internacional);

$A$  = área projetada da seção transversal (m<sup>2</sup>);

$v$  = velocidade do vento [m/s];

$C_{p\ betz}$  = coeficiente de Betz ( $\frac{16}{27}$ ).

Por fim, a quantidade de energia ( $E$ ) em Joules que um aerogerador de *Savonius* será capaz de gerar está associada à potência gerada por ele ( $P_{real}$ ) e ao tempo ( $t$ ) de trabalho, segundo a equação:  $E=Pt$ . (ROCHA, 2017)

## Objetivos

Este trabalho visa utilizar a geração da energia elétrica a partir da energia proveniente do vento, isto é, a energia eólica. Desta forma, considerando todos os aspectos discutidos, este estudo pretende desenvolver o protótipo de um gerador de energia eólica do tipo *Savonius*, que se difere dos demais por ser de eixo de rotação vertical, e que seja economicamente viável, ecologicamente correto, e socialmente justo, ou seja:

- Apresentar baixo custo de fabricação e manutenção (objetivo econômico-social, a fim de que as classes sociais menos favorecidas possam ter acesso ao equipamento);

- Poder ser fabricado, inclusive, a partir de materiais reutilizáveis/recicláveis (objetivo ecológico, através do reaproveitamento de materiais);

- Ser factível de ser empregado em dispositivos de baixo consumo energético no uso doméstico/residencial (objetivo econômico, social e ecológico, pois reduz a quantidade de consumo de energia residencial fornecida pela concessionária).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A construção e montagem é uma adaptação baseada no projeto de Mussell, D. (2006), dividi-se nas seguintes etapas:

1. Construção da base e da estrutura;
2. Construção das bobinas;
3. Construção do estator;
4. Construção do rotor;
5. Construção da turbina;
6. Montagem final.

### Base e estrutura

Para a construção da base e estrutura, os seguintes materiais são utilizados (quadro 1):

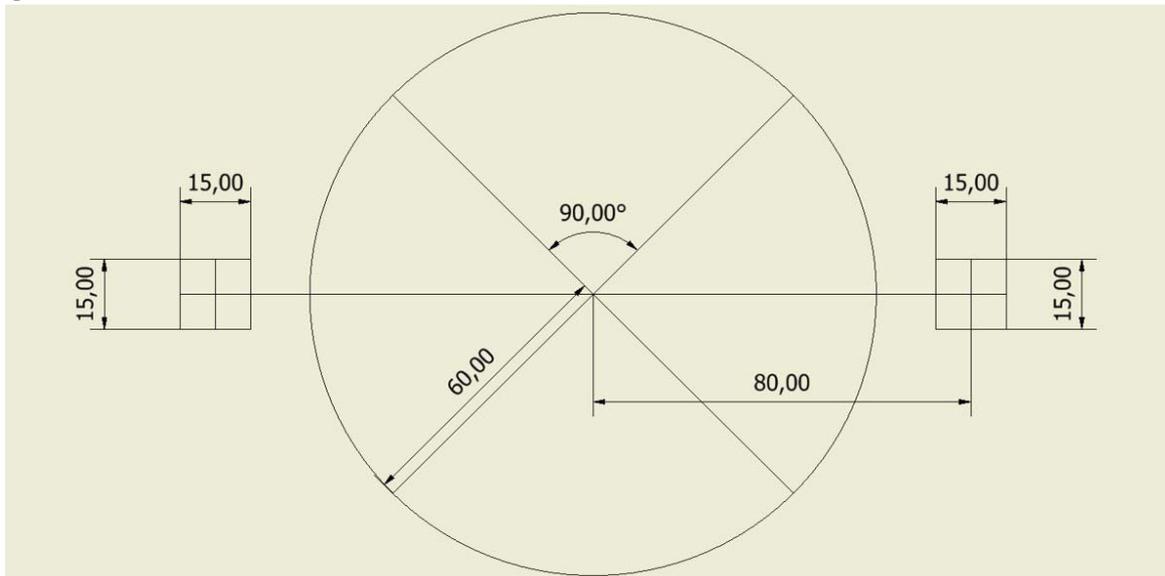
**Quadro 1 – Materiais e ferramentas para construção da base e estrutura**

<b>Materiais:</b>	<b>Item</b>
Base	(1) placa em compensado de madeira com dimensões 250 mm X 140 mm e 20 mm de espessura;
Barras verticais	(2) ripas quadradas de madeira com dimensões 15 mm X 15 mm e 300 mm de altura;
Barra transversal	(1) ripa quadrada de madeira com dimensões 15 mm X 15 mm e 200 mm de comprimento;
Eixo vertical	(1) cavilha redonda de madeira com dimensões 290 mm de altura X 9 mm de diâmetro;
Acessórios	- (6) suportes de madeira (tipo mão francesa) com dimensões aproximadas 30 mm X 15 mm (catetos) - (2) pregos com 10 mm de altura X 1 mm de diâmetro; - (1) parafuso pitão zincado de 40 mm de comprimento; - (1) parafuso de cavilha conector de móveis com 10 mm de altura X 1 mm de diâmetro; - (1) Giclê Principal (Combustível) para Carburadores Solex;
Ferramentas	- Pistola de cola quente, bastões de cola; - Chave de fenda; - Lápis - Compasso geométrico - Régua - Furadeira

Fonte: Apatado de Mussell, D. (2006).

A construção inicia-se com o desenho com lápis, compasso e régua do projeto da estrutura sobre a placa e base de acordo com as dimensões da figura (7) abaixo:

**Figura 7 - Gabarito do disco estator e das barras verticais. Unidade de medida em milímetros.**



**Fonte: Apatado de Mussell, D. (2006). (Autodesk Inventor Professional 2018)**

Ao centro da circunferência, faz-se um pequeno furo (com o auxílio de uma furadeira) com profundidade suficiente para que se encaixe o giclê. O giclê é inserido na cavidade central da circunferência e fixado com cola quente (fig. 8).

**Figura 8 - Giclê inserido na cavidade central do disco estator**



**Fonte: Própria Autora**

As ripas verticais são posicionadas, uma em cada lado, sobre as marcações quadradas laterais (15x15 mm) na base e fixadas com cola quente. Para aumentar a sustentação, são fixados três suportes de madeira (tipo mão francesa) em cada uma das ripas verticais, fixadas com prego e cola quente (fig. 9).

**Figura 9 - Sustentação da estrutura vertical**



**Fonte: Própria Autora**

Na barra transversal marca-se com um lápis a posição central, e aparafusa-se o parafuso pitão sobre esta marcação. A barra transversal é fixada com cola quente nas extremidades das barras verticais (fig. 10):

**Figura 10 - Armação**



**Fonte: Própria Autora**

Em uma das extremidades da cavilha redonda insere-se um parafuso de cavilha conector de móveis, de maneira que fique 5 mm dentro do tarugo e 5 mm para fora. Faz-se necessário, também, aparar as arestas da extremidade do tarugo para melhor encaixe no giclê (fig. 11):

Figura 11 - Base da cavilha



Fonte: Própria Autora

## Bobinas

Para a construção das bobinas, os seguintes materiais são utilizados (quadro 2):

Quadro 2 – Materiais e ferramentas para construção das bobinas

Materiais:	Item
Bobinas	- (100 m) Fio de cobre esmaltado (bitola 28) - Papelão ondulado 20 cm de comprimento - Fita isolante
Ferramentas	- Alicates - Lixa - Tesoura - Multímetro digital

Fonte: Apatado de Mussell, D. (2006).

Faz-se um gabarito enrolando uma folha de papelão ondulado até formar um rolo de papelão com 30 mm de diâmetro. O rolo é preso com o auxílio de 3 pedaços de fita isolante (um pedaço em cada extremidade do rolo e um no meio).

Enrola-se o fio de cobre esmaltado em seu gabarito formando quatro bobinas, cada uma com 200 voltas de fio, mantendo uma grande folga entre cada bobina, e deixando cerca de 40 cm de fio antes da primeira bobina e depois da última bobina. Esse processo consome cerca de 20 metros de fio por bobina (fig. 12).

Uma a uma, as bobinas vão sendo retiradas do gabarito e presas com fita isolante. Lixa-se cuidadosamente 15 mm do esmalte de isolamento de ambas as extremidades livres do fio.

Figura 12 - Bobinas



Fonte: Mussell, D. (2006).

## Estator

Para a construção do estator, os seguintes materiais são utilizados (quadro 3):

Quadro 3 – Materiais e ferramentas para montagem do estator

Materiais:	Item
Estator	- Bobinas - (1) Diodo emissor de luz alto brilho branca (LED 5 mm)
Ferramentas	- Pistola de cola quente e bastões de cola - Fita isolante - Alicates ou tesouras

Fonte: Apatado de Mussell, D. (2006).

Cada bobina é posicionada sobre o gabarito dos raios desenhados na circunferência da base, de maneira que as voltas do fio possam transportar elétrons no sentido horário em cada bobina. Após posicionar as bobinas corretamente, as mesmas são fixadas com cola quente sobre o gabarito do disco estator, de modo que as bobinas apenas toquem o círculo desenhado na base.

As pontas livres dos fios da bobina são conectadas ao diodo emissor de luz, e fixadas com cola quente na base (fig. 13).

Figura 13 - Estator



Fonte: Própria Autora

## Rotor

Para a construção do rotor, os seguintes materiais são utilizados (quadro 4):

**Quadro 4 – Materiais e ferramentas para construção do rotor**

<b>Materiais:</b>	<b>Item</b>
Rotor	- (1) compact disc - CD - (4) Imãs de Neodímio (1" de diâmetro) - (1) Borracha de radiador de óleo do fusca
Ferramentas	- Compasso geométrico - Cola instantânea - Pistola de cola quente - Régua - Lápis - Bússola

Fonte: Apatado de Mussell, D. (2006).

Os quatro imãs são fixados pelo pólo sul (verificado com auxílio de uma bússola) em formato de cruz no CD, de maneira que todos os imãs fiquem com a face norte exposta. O anel de borracha é inserido com pressão na extremidade da cavilha a qual contém parafuso de cavilha, e posicionado em 15 mm de distância da ponta do parafuso de cavilha. O CD, com os imãs voltados para baixo, são inseridos pela extremidade da cavilha a qual contém parafuso de cavilha, até tocar o anel de borracha contendo cola instantânea (fig. 14):

**Figura 14 - Rotor**



Fonte: Própria Autora

## Turbina

Para a construção da turbina, os seguintes materiais são utilizados (quadro 5):

**Quadro 5 – Materiais e ferramentas para construção da turbina**

<b>Materiais:</b>	<b>Item</b>
Turbina	- (2) compact disc - CD - (1) garrafa PET de 1,5 L - (2) Borrachas de radiador de óleo do fusca - Molde da peça final da turbina (obtido em Mussell, D., 2006).
Ferramentas	- Tesoura - Pistola de cola quente - Cola instantânea - Caneta marcador permanente para CD

Fonte: Apatado de Mussell, D. (2006).

O molde da peça final da turbina (obtido em Mussell, D., 2006) é impresso. Com o auxílio da caneta permanente, o molde é desenhado sobre cada uma dos CDs e, depois de desenhados, os CDs são recordados. No centro de cada CD é colado, com auxílio de cola instantânea, o anel de borracha.

Usando uma tesoura, corta-se a parte superior e inferior da garrafa PET e, em seguida, corta-se o cilindro em duas metades iguais. Aplica-se cola quente em uma das bordas curvas do CD e posiciona-se rapidamente a metade do cilindro de plástico nesta borda, segurando-a firmemente por cerca de 20 segundos para que a cola esfrie e endureça. Aplica-se cola quente nas bordas curvas dos CDs restantes e aplica-se rapidamente a segunda metade do cilindro para completar a turbina (fig. 15).

**Figura 15 - Turbina**



Fonte: Própria Autora

## Montagem final

Para a montagem final, os seguintes materiais são utilizados (quadro 6):

**Quadro 6 – Materiais e ferramentas para a montagem final**

Materiais:	Item
Montagem final	- Disco de rotor concluído - Turbina - Quadro, Armação

Fonte: Apatado de Mussell, D. (2006).

Posiciona-se as turbinas na cavilha central, inserindo a extremidade superior da cavilha com pressão através dos anéis de borracha.

Faz-se o encaixe do conjunto turbina / rotor na carcaça, deslizando a parte superior da cavilha (eixo central) pelo olhal do parafuso e posicionando a ponta do parafuso de cavilha na

cavidade do giclê. Ajusta-se as alturas do rotor (de maneira que os ímãs quase toquem as bobinas) e a altura da turbina em relação a estrutura (fig. 16). Gira-se o rotor a fim de certificar que:

- a) A turbina gire livremente sem bater na estrutura;
- b) O disco do rotor não balance enquanto gira; e
- c) O intervalo entre os ímãs e as bobinas fiquem entre 1 e 3 mm.

**Figura 16 - Montagem final do protótipo.**



**Fonte: Própria Autora**

## RESULTADOS

Após a montagem, com o auxílio de uma fonte unidirecional de vento (como, por exemplo, um secador de cabelos), posiciona-se o vento na turbina e verifica-se que a partir de uma determinada velocidade o diodo acende. De acordo com Mussel (2006), a geração de energia elétrica de uma turbina eólica varia com a velocidade do vento, portanto, para fazer uso prático dela, seria necessário armazenar esta energia em baterias ou convertê-la de corrente alternada em corrente contínua, que pode ser usada para carregar uma bateria.

Quanto aos dimensionamentos do protótipo constituído por um estágio, duas pás semi-circulares, razão de aspecto  $\frac{H}{D} = \frac{150\text{ mm}}{120\text{ mm}} = 1,25$ , razão de sobreposição ( $R_s=45\text{ mm}$ ) e razão de afastamento  $R_a = 0\text{ mm}$ , demonstraram ser suficiente ao objetivo proposto.

Com o auxílio de um multímetro na função voltímetro e em corrente alternada, posicionando as pontas de prova junto às conexões do fio e diodo, constata-se que a tensão chega a atingir 3,9 V. O alternador de ímã permanente produz pulsos de corrente, ou corrente alternada, quando os ímãs fortes passam sobre as bobinas de fio fino. Cada vez que um ímã passa por uma bobina, a bobina é energizada com eletricidade. Com as quatro bobinas conectadas em série, o resultado é uma quadruplicação da tensão. (MUSSEL, 2006)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se que o protótipo construído atinge aos objetivos propostos neste estudo: sustentável, de baixo custo e factível de ser empregado em dispositivos de baixo consumo energético, além de ser expositivo no intuito de promover a utilização de energias renováveis em geração distribuída.

O protótipo demonstra ser uma forma simples e viável de gerar eletricidade tanto para fins residenciais quanto comerciais. No entanto, como um dos objetivos desse estudo é demonstrar a viabilidade para uso doméstico, a sugestão para fabricação deste modelo para residência é que seja construído a partir de materiais como PVC para a turbina e alternador veicular em substituição ao alternador de ímã permanente.

## REFERÊNCIAS

ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Infográfico atualizado em 05.04.2021 - nº 30. Disponível em: < <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 01 mai. 2021.

AKWA, J. V. Análise Aerodinâmica de Turbinas Eólicas Savonius Empregando Dinâmica dos Fluidos Computacional, Dissertação de Mestrado, PROMEC, UFRGS, 2010.

ALEXANDER, A. J.; HOLOWNIA, B. P. Wind Tunnel Tests On Savonius Rotor, Journal of Industrial Aerodynamics, v. 3, No. 4, p. 343-351, 1978.

ALMIÑANA, César Cavini; PENEREIRO, Júlio César. Montagem e testes de uma turbina eólica de pequeno porte. 2013.

ANEEL, A.N.d.E.E. Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília, 2008.

BLACKWELL, B. F.; SHELDAHL, R. E.; FELTZ, L. V. Wind Tunnel Performance Data for Two- and Three-Bucket Savonius Rotors, Final Report SAND76-0131, Sandia Laboratories, Albuquerque, USA, 1977.

BURTON, Tony *et al.* Wind energy handbook. John Wiley & Sons, 2011.

DAL PONTE, Enerdan Fernando *et al.* Construção e avaliação de um aerogerador de eixo vertical aplicado à agroindústria. 2017.

DO AMARANTE, O. A. C. Atlas do potencial eólico brasileiro. 2001.

DRISS, Z.; DAMAK, A.; KARRAY, S.; ABID, M. S. Study of the Influence of the internal recovery on the performance of a Savonius wind rotor, First International Conference on Renewable Energies and Vehicular Technology, 2012.

DUARTE, P. A. S. C. Interface de um gerador eólico de pequena potência com a rede elétrica. 2010. [Dissertação Mestrado]. Universidade do Minho, 2010, Braga.

FARRET, F. A. Aproveitamento de Pequenas Fontes de Energia Elétrica, 2a ed.: Editora UFSM, 2010.

FEARNSIDE, Philip Martin. Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de

decisões sobre grandes obras-Volume 2. 2015.

FUJISAWA, N. On the Torque Mechanism on Savonius Rotors. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, v. 40, n. 3, p. 277-292, 1992.

HAYASHI, T., LI, Y; HARA, Y. Wind Tunnel Tests on a Different Phase Three-Stage Savonius Rotor, *JSME International Journal, Series B*, v. 48, p. 9-16, 2005.

JÚNIOR, Paulo Torres; MOREIRA, Carlos Américo Leire. O programa de incentivo às energias renováveis no Brasil (PROINFA) e a sua relação com a sustentabilidade: um estudo sobre a política energética brasileira sob a ótica neoliberal neoextrativista/The renewable energy incentive program in Brazil (PROINFA) and its relationship with sustainability: a study on brazilian energy policy from the neo-liberal neo-extractive perspective. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 3, p. 15466-15478, 2020.

KADAM, A. A., PATIL, S. S. A Review Study on Savonius Wind Rotors for Accessing the Power Performance, *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, p. 18-24, 2013.

KAMOJI, M. A.; KEDARE, S. B. PRABHU, S. V. Performance Tests on Helical Savonius Rotors, *Renewable Energy*, v. 34, p. 521-529, 2009a.

KOTHE, Leonardo Brito. Estudo comparativo experimental e numérico sobre o desempenho de turbinas savonius helicoidal e de duplo-estágio. 2016.

MUSSELL, Dave. Build your own wind turbine, The Pembina Institute – Sustainable Energy Solutions, Ontario, 2006. Disponível em: < <http://www.re-energy.ca/docs/wind-turbine-cp.pdf>> Acesso em: 13 de fevereiro de 2021 as 16:45h.

PIRES, João António Coelho. Aerogerador com turbina de Eixo Vertical. 2016. Tese de Doutorado.

RIGOLIN, Gustavo Furlan. Projeto de uma turbina eólica de eixo horizontal. 2021.

ROCHA, Clara Catabriga. Fabricação de um Protótipo de Aerogerador de Savonius por Impressão 3D. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SAHA, U. K.; THOTLA, S.; MAITY, D. Optimum Design Configuration of Savonius Rotor Through Wind Tunnel Experiments, *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, v. 96, p. 1359-1375, 2008.

# Análise dos métodos de obtenção da densidade máxima na dosagem de misturas asfálticas

---

**Edson Adriano Siqueira Moreno**

*Centro Universitário São Lucas*

**Pedro Henrique Freire Matos**

*Centro Universitário São Lucas*

**Lucas Henrique Fortes do Nascimento**

*Centro Universitário São Lucas*

**Caren Étni Ferreira da Silva**

*Centro Universitário São Lucas*

**Renan de Moraes Sales**

*Centro Universitário São Lucas*

**Willames Hurtado Barbosa**

*Centro Universitário São Lucas*

**Sleyner Carvalho Barbosa**

*Centro Universitário São Lucas*

**Diego Uilian Peres da Silva**

*Centro Universitário São Lucas*

**Rafael Luis da Silva**

*Centro Universitário São Lucas*

**Alex Gomes Pereira**

*Centro Universitário São Lucas*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.7

## RESUMO

Neste trabalho será apresentado um estudo de comparação entre os métodos para determinação da densidade máxima das misturas. Para tanto, como metodologia, foram utilizados os principais métodos de obtenção da densidade máxima empregadas no Brasil, metodologia Rice (ASTM D2041) e metodologia da ponderação das densidades reais dos materiais constituintes da mistura. Como resultado, verificou-se que o método Rice é aquele que apresenta os melhores resultados, visto que consideração a interação que ocorre entre os materiais.

**Palavras-chave:** método rice. densidade máxima. misturas asfálticas.

## ABSTRACT

In this work, a comparison study between the methods for determining the maximum density of mixtures will be presented. For that, as a methodology, the main methods of obtaining the maximum density used in Brazil, Rice methodology (ASTM D2041) and methodology of weighting the real densities of the materials constituting the mixture were used. As a result, it was found that the Rice method is the one that presents the best results, considering the interaction that occurs between the materials.

**Keywords:** rice method. maximum density. asphalt mixtures.

## INTRODUÇÃO

O sistema rodoviário se configura como o principal meio de transporte do Brasil, dominando o transporte de pessoas e cargas no país. Essa dependência ocorre pela priorização do modal rodoviário nas primeiras décadas do século XX. A malha rodoviária brasileira é composta por um grupo de vias que são classificadas e hierarquizadas levando em consideração a sua funcionalidade dentro de uma área urbanística. Tem como sua principal função a mobilidade do transporte rodoviário e do tráfego de veículos. Entretanto, 52,2% das rodovias pavimentadas do país apresentam algum tipo de problema em seu estado geral (Confederação Nacional do Transporte - CNT, 2021).

Ainda segundo o CNT (2021), entre os motivos que têm colaborado para o processo de degradação precoce do pavimento é o não atendimento aos requisitos técnicos tanto da capacidade de suporte das camadas do pavimento quanto a qualidade dos materiais utilizados no revestimento, o aumento do fluxo de veículos, aspectos ambientais, falta de frequência e práticas de manutenção periódica. Fato que dificulta o escoamento de mercadorias para o maior número de cidades do país, a falta de manutenção e investimentos na pavimentação faz com que os veículos que transitam nas rodovias sofram danos e necessitem de manutenções, além do grande gasto de combustíveis devido a faixa territorial do país ser bem extensa, tornando os produtos mais caros em regiões mais distantes dos centros de produção.

Com todo esse cenário, a inovação do mercado no setor de pavimentação e ampliação das tecnologias contribuem para uma maior otimização do uso das rodovias brasileiras que em

comparação com outros países ainda têm um sistema de malha viário precário. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo principal verificar qual método, Rice ou método da bomba de vácuo, que melhor se enquadra para aplicação em campo.

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### Materiais utilizados

Para este trabalho, empregou-se os agregados minerais (brita 1, brita 0, areia, pó de pedra), e como aglomerante orgânico foi empregado o cimento asfáltico de petróleo (CAP) 50/70, ambos materiais adquiridos de uma empresa localizada em Porto Velho, capital do estado de Rondônia.

### Composição Granulométrica dos Agregados

Para elaboração do projeto da curva granulométrica seguiu-se as especificações da norma ES 031 (DNIT, 2006). As proporções dos agregados foram determinadas por meio do método das tentativas. A partir do estudo granulométrico dos agregados minerais, pode-se plotar a curva granulométrica de projeto.

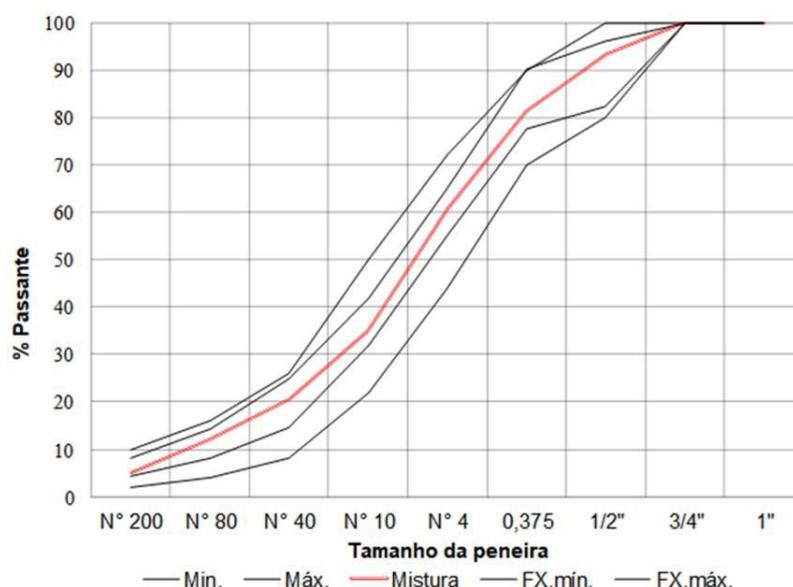
Após a determinação da composição da mistura de referência contendo apenas materiais minerais, a composição granulométrica dos agregados foi realizada utilizando-se o método tradicional de tentativas. A partir da mistura de referência, foram utilizadas as metodologias do método Bailey para proporcionamento dos componentes, detalhado por Mendes e Marques (2012) obtendo-se, assim, uma mistura que se enquadra nos parâmetros do citado método, assim como nos limites da Faixa C do DNIT. A composição granulométrica resultante encontra-se na Tabela 1 e Figura 1.

**Tabela 1 - Composição granulométrica da mistura desta pesquisa**

<b>Abertura (mm)</b>	<b>% em massa, passando</b>
37,5	100,0
25	100,0
19,1	93,2
12,5	81,2
4,75	60,7
2,0	35,0
0,42	20,5
0,18	12,0
0,075	5,1

Fonte - Autores (2022).

**Figura 1 - Composição granulométrica dos agregados**



**Fonte: Autores (2022).**

Para o cálculo da massa específica aparente ( $G_{mb}$ ) dos corpos de provas, moldaram-se nove corpos de prova no compactador Marshall automático, seguindo a metodologia Marshall, conforme preconizado pela norma da D6926 (*American Society for Testing and Materials - ASTM*, 2016). Após a produção dos corpos de prova, determinou-se o citado parâmetro, acompanhando os critérios da norma da D2726 (*ASTM*, 2019).

Para a avaliação dos parâmetros volumétricos, existem diferentes métodos para sua determinação ou cálculo (VASCONCELOS; SOARES; LEITE, 2003). Entre os métodos de análise, destaca-se (i) a densidade máxima teórica (DMT), (ii) a densidade máxima medida ( $G_{mm}$ ), determinada pelo método Rice, conforme a norma D2041 (*ASTM*, 2019) e (iii) o método do querosene (NETO, 1996).

A partir dos resultados do  $G_{mb}$  e  $G_{mm}$ , calculou-se o volume de vazios ( $V_a$ ), volume de vazios com betume ( $V_{CB}$ ), volume de vazios do agregado mineral ( $V_{MA}$ ) e volume de vazios preenchidos com ligante ( $V_{FA}$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros volumétricos para o teor de ligante de projeto de 5,2%.

**Tabela 2 - Parâmetros volumétricos de dosagem para teor de projeto do traço**

<b>Método</b>	<b>Método Rice</b>	<b>Método das ponderações</b>
Teor de asfalto (%)	5,2	5,2
Gmm	2,36834	2,37597
Gmb (g/cm <sup>3</sup> )	2,27	2,27
Va (%)	4,05	4,36
VCB (%)	11,84	11,84
VMA (%)	15,89	16,20
VFA (%)	75	73

**Fonte: Autores (2022).**

Observa-se que os valores obtidos pelo método americano Rice foram numericamente inferiores ao valor obtido pelo método da ponderação das massas específicas dos materiais. Tais resultados são coerentes com os trabalhos de Marques (2004) e Castelo Branco (2004), que estudaram os dois métodos de ensaio para determinação da densidade máxima das misturas asfálticas à quente.

Referente aos resultados dos parâmetros volumétricos usando a densidade Rice, observa-se que os valores ficaram dentro dos limites para camada de rolamento, especificados pela norma ES 031 (DNIT, 2006). Para o método da ponderação, pode-se notar que o Va ficou dentro dos limites de 3% a 5%. Quanto ao VFA, verifica-se, com base nas especificações do DNIT, o qual preconiza um VFA entre 75% a 82%, que o método da ponderação não se enquadraria para utilização em obras de pavimentação.

O motivo pelo qual o método da ponderação das densidades não se comportou de forma eficiente pode ser explicado por não levar em conta a interação que existe entre os agregados e o ligante asfáltico, o qual as densidades reais são contabilizadas individualmente (material por material), ou seja, o método Rice é mais realista, em virtude de considerar interação ligante-agregado.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com a análise dos dados levantados, foi possível observar que os resultados da densidade máxima obtida pelo procedimento por meio do vácuo se mostraram dentro dos parâmetros recomendados por normas técnicas, o mesmo não sendo observado para o procedimento por meio das densidades reais dos materiais constituintes da mistura. Este último apresentou resultados significativamente diferentes aos limites preconizados pelas normas de regulamentação.

Deste modo, conclui-se que o método Rice seria a melhor técnica a ser aplicada na prática, visto que além de apresentar os enquadramentos de todos os parâmetros volumétricos, também apresenta valores numericamente inferiores quando comparado ao método das ponderações.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM). ASTM D2041: Standard Test Method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures. USA, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM). ASTM D2726: Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Non-Absorptive Compacted Asphalt Mixtures. USA, 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM). ASTM D6926: Standard Practice for Preparation of Asphalt Mixture Specimens Using Marshall Apparatus. USA, 2016.

ASPHALT INSTITUTE. The Asphalt Handbook. MS-4. 7ª edição. Asphalt Intitute, 2007.

BERNUCCI, L.; MOTTA, L.; CERATTI, J.; SOARES, J. Pavimentação Asfáltica: formação básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: Abeda, 2010.

CASTELO BRANCO, V. T. F. Caracterização de misturas asfálticas com o uso de escória de aciaria como agregado. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (CNT). Pesquisa CNT de rodovias 2021. CNT: SEST SENAT, 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. ES 031/2006: Pavimentos flexíveis: concreto asfáltico: especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006.

MARQUES, G. L. O. Utilização do módulo de resiliência como critério de dosagem de mistura asfáltica; efeito da compactação por impacto e giratória. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

MOTTA, R. S. Estudo de misturas asfálticas mornas em revestimentos de pavimentos para redução de emissão de poluentes e de consumo energético. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2011.

NETO, A. M. C. Determinação da Densidade Máxima Teórica de Misturas Betuminosas. 30ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv, Salvador, v. 1, p. 35-60, 1996.

VASCONCELOS, K. L.; SOARES, J. B.; LEITE, L. M. Efeito da densidade máxima teórica na dosagem e no comportamento mecânico de mistura asfáltica tipo CBUQ. Transportes, v. 11, n. 2, 2003.

OLIVEIRA, A. G. B. Estudos preliminares de mistura asfáltica do tipo cbuq estocável pra uso em pavimentação no estado de Goiás. Dissertação de Goiás, 2008.

# Interação entre usuários e embalagens: percepções dos usuários no reúso de embalagens

---

***Tauana D'Ambrosi Silva do Nascimento***

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

***Fabiano de Vargas Scherer***

*Dr. Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

***Gabriela Zubaran de Azevedo Pizzato***

*Dr. Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

***Jocelise Jacques de Jacques***

*Dr. Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é identificar a percepção de usuários quanto a experiências e motivações na prática do reuso de embalagens de bens de consumo. A metodologia de pesquisa é composta por duas etapas: uma revisão de literatura, contemplando a temática abordada (embalagem, reuso e interação usuários/produtos); seguida por uma coleta e análise de dados com usuários, por meio de um questionário virtual. Entre os resultados obtidos, identificou-se que a maioria (90,4%) dos participantes costuma reutilizar suas embalagens e que, um dos fatores para esse comportamento, é a crescente preocupação com questões relacionadas à sustentabilidade. Entre as características que influenciam os usuários ao reuso, se destaca a praticidade e versatilidade na das embalagens.

**Palavras-chave:** design de embalagem. reuso. experiência do usuário.

## INTRODUÇÃO

A embalagem é um fator decisivo na hora da compra, e exerce impacto direto na performance do produto, influenciando diretamente na atenção, informação e experiência de compra e consumo (MESTRINER, 2007; NEGRÃO; CAMARGO, 2008, p. 29). De acordo com Cavalcanti e Chagas (2006), inicialmente a principal função das embalagens consistia em proteger produtos. Com o passar do tempo, elas se tornaram elementos de informação e comunicação para as empresas, agregando funções técnicas e comerciais (CAVALCANTI; CHAGAS, 2006).

A partir disso, a evolução das embalagens acompanha o avanço tecnológico e as transformações ocorridas na sociedade, sendo possível observar um aumento expressivo na diversidade de materiais disponíveis para serem utilizados (MESTRINER, 2002; NEGRÃO; CAMARGO, 2008), além da demanda por materiais virgens e de qualidade. Além disso, a embalagem pode vir a ter vida útil maior que o próprio produto ou conteúdo (STEENI *et al.*, 2017).

A alta frequência de compra e descarte gerada pelo mercado de embalagens contribui diretamente para problemas ambientais, como o acúmulo de resíduos sólidos, por exemplo (STEENI *et al.*, 2017). Entre os responsáveis pelo crescente aumento destes resíduos, está a mudança nos padrões de consumo, a diminuição do núcleo familiar e o desenvolvimento de embalagens menores.

Em virtude da decisão de descarte e/ou substituição do produto, ao final do ciclo de vida útil, ser determinada - sobretudo - pelo consumidor (MUGGE; SCHOORMANS; SCHIFFERSTEIN, 2005; van NES, CRAMER, 2005), compreender os motivos que levam as pessoas a substituir seus produtos precocemente tem grande relevância para formular estratégias de consumo mais “amigáveis” ao meio ambiente. Entre as estratégias já conhecidas, a longevidade do produto é considerada como um dos aspectos mais fortes para reduzir o desperdício e incentivar o consumo consciente (CHOI; STEVENS; BRASS, 2018).

O reuso apresenta-se como uma grande oportunidade para aumentar a longevidade de embalagens, além de reduzir o impacto ambiental da extração de matéria-prima, pois retém a funcionalidade do material e do produto produzido (REN; JONES; WANG, 2016). Este comportamento é visto durante a história, principalmente, em tempos de escassez de materiais ou

financeira. Devido aos seus benefícios, é possível constatar que a prática do reúso é uma solução primária que deve ser considerada antes de outras abordagens (como a reciclagem, por exemplo), já que seus resultados implicam em uma economia significativa no uso de materiais, manufatura e para operações de coleta e descarte (REN; JONES; WANG, 2016).

Sendo assim, este estudo tem como objetivo identificar a percepção de usuários quanto a experiências e motivações na prática do reúso de embalagens. A relevância da pesquisa se dá pelo fato do foco ser em embalagens de bens de consumo não duráveis, ou seja, embalagens de produtos de consumo imediato, ou de curta duração (como as embalagens de alimentos, remédios, etc). Esse tipo de produto é considerado de baixo envolvimento por parte dos consumidores (KUNAMANENI; JASSI; HOANG, 2019), que tendem a comprar produtos como esses de maneira automática buscando, na compra, a funcionalidade e a eficácia do produto, além do preço baixo. Considerando que as embalagens de bens de consumo não duráveis perduram mais tempo que os próprios produtos, como referem Mahmoudi e Parviziomran (2020), o tema torna-se relevante devido à quantidade de resíduos que a categoria gera de descarte diariamente.

A pesquisa, objeto deste artigo, foi desenvolvida em duas etapas: inicialmente, foi realizada uma revisão de literatura sobre os temas relevantes e, posteriormente, uma coleta de dados, utilizando um questionário estruturado com divulgação virtual. A ferramenta foi composta por 16 questões que buscaram reconhecer os principais hábitos e percepções dos usuários no reúso de embalagens. A análise dos questionários foi feita de forma descritiva por meio de percentuais, medianas e categorizações.

## REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura tem como intuito de compreender o entendimento de autores sobre os conceitos de embalagem (NEGRÃO; CAMARGO, 2008; MESTRINER, 2007), reúso (MAHMOUDI; PARVIZIOMRAN, 2020; COELHO *et al.*, 2020) e interação entre usuários e produtos (TING *et al.*, 2019; DESMET; HEKKERT, 2007; MUGGE; SCHIFFERSTEIN; SCHOORMANS, 2004; SCHIFFERSTEIN; MUGGE; HEKKERT, 2004).

### Embalagem e reúso

A etimologia da palavra “embalagem” apresenta sua associação ao verbo embalar, tanto no sentido de embalar um bebê em seu berço, por exemplo, quanto ao ato de acondicionar mercadorias em determinados locais (NEGRÃO; CAMARGO, 2008). Estes significados ilustram as funções básicas da embalagem: proteger e transportar. Sua origem, portanto, está datada nos primórdios da civilização, e sua evolução acompanha o aumento da complexidade da vida humana (NEGRÃO; CAMARGO, p. 23).

Para os autores Negrão e Camargo (2008, p. 29), a embalagem “possui função técnica e comercial e tem como objetivos acondicionar, proteger, informar, identificar, promover e vender o produto.” Formar e consolidar a imagem é a função que faz com que a embalagem tenha o poder de diferenciar uma marca das concorrentes, agregando personalidade ao produto. A funcionalidade adapta os produtos para o novo perfil da sociedade contemporânea, fazendo com que as embalagens sejam um elemento que auxilie na aplicabilidade e na individualização do produto. Por último, a embalagem deve economizar e valorizar, não levando em conta somente o custo

de produção, mas também a percepção que ela pode agregar na decisão de compra do cliente.

Novas tecnologias de produção proporcionam aos designers uma gama maior de possibilidades na criação de embalagens. O avanço da tecnologia com mudanças como a impressão em cores e os equipamentos de produção e envase, criados durante a revolução industrial “fizeram com que produtos, antes insuficientes para atender à demanda, se tornassem abundantes, dando início à competição de mercado entre os fabricantes” (MESTRINER, 2007, p. 3). Junto a esse avanço, não podemos ignorar que, atualmente, o consumo industrializado é responsável por grande parte do aumento de produção de lixo. Neste particular, a embalagem é um fator preponderante na acumulação de lixo no contexto mundial. Segundo dados do Manual de Educação – Consumo Sustentável – do Ministério do Meio Ambiente (2020), atualmente, um terço do lixo doméstico é composto por embalagens e 80% dessas embalagens são descartadas após o primeiro uso. Convertendo para números, apenas no Brasil, são mais de 25 toneladas de embalagens que são descartadas todos os dias.

O reuso tem como objetivo o uso de um produto mais de uma vez ou a atribuição de um novo uso a um produto descartado (BIRDGENS, *et al.* 2018), podendo até mesmo ser criado um novo produto de maior qualidade ou valor que o original, *upcycling*. São inúmeras as vantagens desse sistema. As embalagens terciárias<sup>1</sup> reutilizáveis podem melhorar a segurança e ergonomia dos trabalhadores, podendo reduzir lesões, padronizando o peso a ser carregado no momento do transporte e melhorando os procedimentos de pedidos e rastreamento do estoque. No caso de embalagens secundárias, elas podem reduzir o número de falhas durante o transporte e melhorar a qualidade do produto entregue ao consumidor final, já que recipientes ventilados aumentam o prazo de validade e o frescor. Em relação ao meio ambiente, esse tipo de embalagem pode reduzir as taxas de emissão de gases do efeito estufa, diminuir energia de todo o processo e atenuar a necessidade de criação de centros de reciclagem e descarte (MAHMOUDI; PARVIZIOMRAN, 2020).

Já a embalagem primária, em muitos casos, é produzida com materiais de valor relativamente baixo, se forem produzidas para reuso, podem ser desenvolvidas em materiais de qualidade maior ou até inovadores. O estudo sobre embalagens primárias reutilizáveis ainda é uma temática não completamente explorada, já que as leituras existentes têm se concentrado nas cadeias de suprimento e nas indústrias (MAHMOUDI; PARVIZIOMRAN, 2020).

As barreiras relacionadas ao reuso doméstico, e que afetam a aceitação do consumidor, estão relacionadas à inconveniência no uso, como transportar embalagens vazias para fazer a recarga e o custo alto na primeira compra, como em caso de embalagens com refil. Além do gerenciamento doméstico necessário para guardar as embalagens e as dificuldades no processo desde a comunicação com a empresa, entrega e a oportunidades de devolução (COELHO *et al.*, 2020).

## Interação entre usuários e produtos

Durante as primeiras produções industriais, a ênfase na produção de produtos se dava na usabilidade dos produtos, funções simbólicas ou até mesmo ergonômicas eram deixadas em segundo plano (CARDOSO, 2013). Atualmente, já é possível perceber o desenvolvimento de uma relação afetiva a partir da interação entre usuários e produtos (DESMET; HEKKERT, 2007).

*1 Embalagens primárias são aquelas que possuem contato direto com o produto, enquanto que embalagens secundárias embalam as primárias, ao passo que embalagens terciárias representam embalagens de transporte (MAHMOUDI; PARVIZIOMRAN, 2020).*

Assim como comprova-se que razão e emoção são inseparáveis e ambas têm importância no desenvolvimento de produtos. Peter e Olson (2010) acreditam que os atributos de produtos são os principais estímulos que influenciam o afeto ao consumidor, a cognição e o comportamento, disputando reações e percepções distintas conforme cada perfil de usuário (GUIMARÃES, 2017).

Ao desenvolver um vínculo com seus objetos, os usuários estão mais propensos a tratá-los com cuidado, realizando reparos quando preciso e até mesmo evitando a substituição desses produtos (TING *et al.*, 2019). Nestes casos, as emoções positivas são responsáveis por prolongar a vida útil desses produtos e estimular a redução do consumo, gerando menos desperdício de recursos limitados (MUGGE; SCHIFFERSTEIN; SCHOORMANS, 2004; SCHIFFERSTEIN; MUGGE; HEKKERT, 2004). Esses vínculos podem ser fomentados a partir de situações simples como em um toque no produto, na excitação pela espera ao comprá-lo ou, até mesmo, durante o envolvimento na construção de um objeto. Quando esses produtos são adquiridos em momentos marcantes da vida, o apego pode ser ainda maior, pois o produto acaba se associando à identidade do consumidor (TING *et al.*, 2019).

Ainda que os produtos possam gerar emoções, cada indivíduo as experimenta de maneira diferente, ou seja, diferentes pessoas podem experimentar diferentes emoções ao usar o mesmo produto (DESMET, 2002). Além das individualidades de cada um, é preciso levar em consideração as diferenças no contexto social e cultural, no ambiente em que ocorre a interação e como o produto é percebido (CARDOSO, 2013). Santos (2005, p. 30) ainda complementa que os significados atribuídos aos produtos podem ser múltiplos e são passíveis de transformação.

## **METODOLOGIA DE PESQUISA**

Este estudo exploratório foi desenvolvido sob uma abordagem qualitativa, utilizando como método a revisão bibliográfica e a coleta de dados por meio de questionário. Nesse sentido, considerando o contexto da pandemia causada pela COVID-19, optou-se pelo uso do ambiente virtual para coleta de dados. O objetivo do experimento foi coletar dados para reconhecimento preliminar sobre as experiências e motivações dos usuários que desencadeiam a prática do reuso. Neste caso, o meio virtual auxilia na troca e disseminação de informações, possibilitando maior agilidade no processo de pesquisa e contato rápido entre o pesquisador e os participantes (FALEIROS *et al.*, 2016).

Após o questionário ser previamente validado, ele foi transferido para uma plataforma on-line (Google Forms) e realizado um teste piloto com cinco participantes. Este último teve como objetivo entender a adequação do questionário e, após aprovado, foi divulgado à amostra de usuários. O instrumento de coleta de dados, como mostra o Quadro 1, é um questionário virtual composto por 16 questões - sendo 7 perguntas abertas e 9 perguntas fechadas. Mesmo demandando maior esforço do pesquisador para analisar os dados obtidos (HAIR *et al.*, 2004, p. 218), perguntas abertas podem contribuir para a identificação da percepção dos usuários sem induzir ou direcionar a determinadas respostas.

**Quadro 1 - Estrutura questionário**

Tema questão	Questões
1. Identificar a amostra de participantes.	1. Qual a sua faixa etária? Até 18 anos / 18 a 30 anos/ 31 a 40 anos/ 41 a 50 anos/ 51 a 60 anos / 61 a 70 anos / Acima de 71 2. Qual gênero você se identifica? Feminino / Masculino / Outro-----
2. Conhecer os principais hábitos e percepções dos participantes	3. Você costuma reutilizar embalagens? Sim/ Não 4. Para qual uso você costuma reutilizar suas embalagens? 5. Por quanto tempo você reutiliza suas embalagens? 6. Em uma escala de 1 a 5, o quanto você guarda embalagens para reutilizar? 0 - Evito guardar embalagens para reutilização / 5 - Procuo guardar embalagens para reutilização 7. Você tem alguma preferência de material na hora de reutilizar embalagens? Isopor/ Madeira/ Metal/ Papel/ Plástico/ Vidro/ Outros----- 8. Na sua opinião, o que mais influencia na sua decisão de guardar ou descartar uma embalagem? Praticidade (facilidade de uso)/ Versatilidade ( possui funções variadas)/ Estética (forma, cor, material, textura, rótulo e etc)/ Simbólico (significado atribuído: pela marca do produto; por remeter a alguma lembrança, por representar algo especial, etc) / Valor (preço pago pelo produto) / Outros----- 9. Você guarda alguma embalagem que não utiliza? Sim/ Não 10. Se a sua resposta anterior for sim, qual embalagem e por qual motivo? 11. Você coleciona algum tipo de embalagem? Sim/ Não 12. Se a sua resposta anterior for sim, qual tipo de embalagem e por qual motivo? 13. Você possui vínculo afetivo com algum tipo de embalagem, em especial? Sim/ Não 14. Por favor, justifique sua resposta anterior. seu e-mail para contato.
3. Reunir participantes para uma possível próxima etapa	15. Se possível, pode me encaminhar uma imagem da embalagem que você considera especial e/ou reutilize mais? (Caso você não consiga fazer upload da imagem aqui, pode me encaminhar por e-mail) 16. Tendo disponibilidade para perguntas posteriores sobre o tema, deixe seu e-mail para contato.

**Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.**

A escolha da plataforma Google Forms se deu pelo fato de permitir o uso de recursos que facilitam, aos participantes, compartilhar imagens com a pesquisadora – conforme solicitado na pergunta 15 do questionário (QUADRO 1). O período de coleta de dados foi entre 10 de novembro de 2020 e 15 de dezembro de 2020. Para a divulgação do instrumento, foram publicados links do questionário nas redes sociais (Facebook e Instagram) da pesquisadora e divulgação pelo e-mail da secretaria do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Devido ao caráter exploratório da pesquisa, foi utilizada uma amostragem não probabilística por conveniência. Esta escolha se justifica em função de limitações de tempo e recursos

Após o levantamento dos dados, foram realizadas as comparações e análises dos dados registrados. Posteriormente, eles foram transformados em dados estatísticos simples (percentuais), cuja interpretação subsidiou a formulação de reflexões e conclusões desta pesquisa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidas 104 respostas para o questionário, aplicado entre os meses de novembro e dezembro de 2020. As questões iniciais foram elaboradas a fim de conhecer o perfil dos participantes, mas ainda mantendo o sigilo da identidade de cada um. Os resultados mostram

que a pesquisa teve maior aderência entre as mulheres, com 75% do público (78 mulheres), e os outros 25% respondidos por homens (26 participantes). A maior faixa etária dos participantes é composta por pessoas entre 18 e 30 anos, mesma faixa etária da pesquisadora responsável por divulgar a pesquisa em suas redes sociais. É possível verificar que a faixa etária acima de 71 anos foi a que menos participou da pesquisa. Acredita-se que isso seja reflexo de o fato do questionário ser on-line, assim como o entendimento de que pessoas dessa faixa etária podem ter um pouco mais de dificuldade no acesso da plataforma.

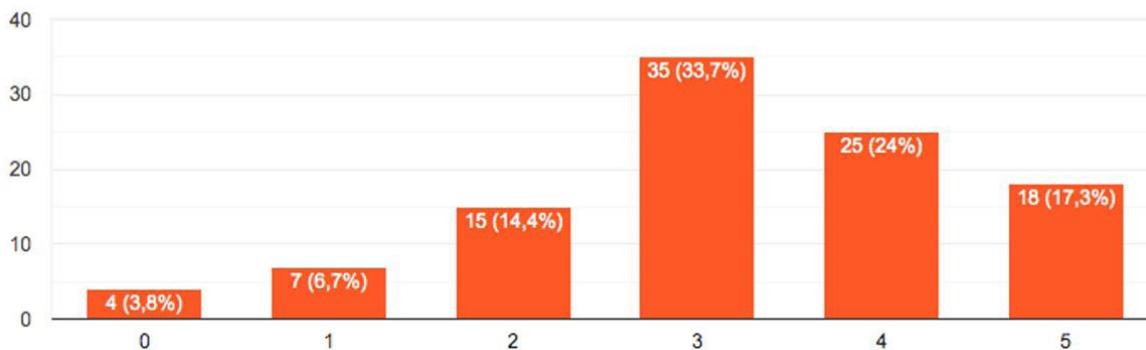
Entre os participantes, 94 pessoas responderam que reutilizam suas embalagens, totalizando 90,4%, e, apenas 10 (9,6%) participantes não reutilizam suas embalagens. Proporcionalmente, os homens são os que menos reutilizam, já que entre os 24 participantes, 4 responderam que não. Entre as mulheres, apenas 6, das 78, responderam que não reutilizam embalagens.

Em relação ao uso dado pelos participantes à reutilização de suas embalagens, 86 mencionaram que as utilizavam para armazenamento de outros produtos, sendo que 56 pessoas afirmaram utilizá-las para guardar alimentos, e 36 para guardar outros objetos, como maquiagens e pequenos itens. As sacolas para armazenamento do lixo foram mencionadas por 12 respondentes, e 5 utilizam embalagens como vasos para plantas. Apenas oito mencionaram que guardam suas embalagens por razões estéticas, utilizando como objeto de decoração. Estes resultados evidenciam uma predisposição a um reuso orientado por critérios mais práticos que estético, por parte dos respondentes.

Consolidando a percepção anterior, 25 pessoas mencionaram que reutilizam suas embalagens por tempo indeterminado, o que varia de acordo com a durabilidade do material e, enquanto estiver ele em boas condições de uso. Entre os participantes que citaram datas, as respostas foram mais amplas, como: meses (2 participantes) e anos (3 participantes). Há, ainda, respostas mais exatas, como 7 dias, 1 mês e 2 anos, cada uma com 1 resposta.

A pergunta de número 6 pedia para os participantes escalonarem, de zero a cinco, o quanto eles guardam embalagens para reutilizar. Sendo o zero “Evito guardar embalagens para reutilização” e o cinco “Procuro guardar embalagens para reutilização”. Conforme a Figura 1, verifica-se que 35 pessoas (33,7%) marcaram o item 3, seguido por 25 respostas (24%) na escala 2 e 18 (17,3%) na escala 1. Na parte mais baixa da escala, 15 pessoas (14,4%) marcaram o número 2, 7 participantes (6,7%) marcaram o 1 e 4 participantes (3,8%), marcaram que evitam guardar embalagens para reuso. Mesmo que a maioria dos respondentes esteja na escala de 3 a 5, mais para o lado de quem procura guardar embalagens, este resultado pode indicar que as embalagens ainda são vistas como resíduos, que devem ser descartados, e não como recursos que podem e devem ser reutilizados.

**Figura 1 - Escala de quanto os participantes guardam embalagens para reutilizar - Questão 6**

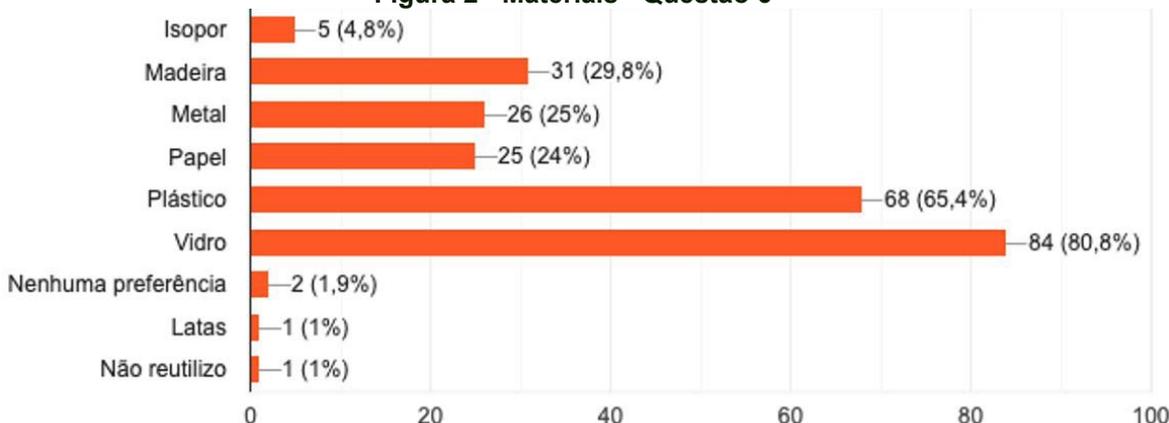


Fonte: Google Forms

Entre os materiais preferidos pelos respondentes, no momento de reuso de embalagens, o vidro foi o mais lembrado em votos - 80,8 % (84 participantes) das respostas (FIGURA 2). Este tipo de material é mais fácil de ser esterilizado para ser reutilizado, além de compartilhar uma percepção de valor mais elevada e, também, de sustentabilidade. Por outro lado, é um material de baixa resistência, que pode quebrar com qualquer batida.

O segundo mais votado foi o plástico, com 65,4 % dos votos, totalizando 68 respostas. Seguindo, 29,8% (31 participantes) marcaram a madeira, seguido por 25% dos votos (26 participantes) para o metal, e 24% (25 participantes) papel, respectivamente. Importante lembrar, que esta pergunta não leva em consideração demandas relacionadas à sustentabilidade, mas sim a opinião e gosto pessoal de cada participante. Conforme mostra a Figura 2, Apenas quatro participantes marcaram a opção “Outros”, dois escrevem que não têm nenhuma preferência, outro escreve que não reutiliza embalagens e o quarto colocou a opção “Lata”, na qual percebe-se que ele não considerou as latas na opção “Metal”.

**Figura 2 - Materiais - Questão 6**



Fonte: Google Forms

Questionados sobre o que mais influencia na decisão de guardar ou não uma embalagem, a opção mais escolhida foi “Praticidade”, que está relacionada à facilidade de uso - 74 votos (71,2%), como pode ser visto na Figura 3. Em seguida, a versatilidade da embalagem, quando possui funções variadas - 63 votos (60,6%). A estética da embalagem (forma, cor, material, textura, rótulo, e etc.) foi a terceira mais votada, com 58 votos (55,8%), logo após, com 25 votos (24%) ficou o simbólico, que está atrelado ao significado atribuído, seja pela marca do produto, por remeter a alguma lembrança ou por representar algo especial. O preço pago pelo produto

(valor) teve 19 votos (18,3%) e por final, a opção outros obteve respostas relacionadas ao reúso, gerar menos lixo e um participante escreveu que não reutiliza embalagens.



Fonte: Google Forms

Ao serem questionados se guardavam alguma embalagem que não reutilizavam, as respostas foram próximas. De um lado, 51,9% (54 pessoas) dos participantes responderam que não guardam embalagens sem reutilizar e, 48,1% (50 pessoas) disseram que guardam. No grupo que escolheu a opção “Não”, 12 respondentes eram homens e 42 eram mulheres, já no grupo que escolheu a opção “Sim” 14 eram de homens e 36 de mulheres.

Para complementar a questão anterior, também foi perguntado por qual motivo as pessoas guardavam embalagens sem reutilizá-las. Das 52 respostas obtidas, destaca-se caixa de eletrônicos (como celular, por exemplo), lembranças de viagens, sacolas e embalagens de vidro. Quanto aos motivos para guardá-las, 12 participantes responderam que mantêm as embalagens considerando que podem usar posteriormente, mesmo que não tenham uma usabilidade para elas no momento. Onze pessoas guardam por motivos emocionais, normalmente, ligados à memória afetiva, como as lembranças de viagens ou marcas que gostam. A estética do produto aparece como motivo para 7 pessoas, que gostam do design e guardam a embalagem até mesmo como referência. Os motivos simbólicos aparecem, frequentemente, ligados às caixas de celulares e eletrônicos, um dos participantes comentou que elas são importantes pois são como um troféu de algo conquistado.

Entre os participantes, 15 (14,4%) declararam que colecionam embalagens. Quatro deles colecionam embalagens de bebidas, sendo que três mencionaram uma marca de refrigerantes específica e outro falou em rótulos de cerveja. Neste caso, embalagens plásticas são referidas, como pote de sorvetes e aparecem em 3 respostas. Assim, é possível perceber que as embalagens, principalmente, quando associadas a marcas famosas, podem adquirir valor sentimental, mesmo quando não estão associadas à sua função primária.

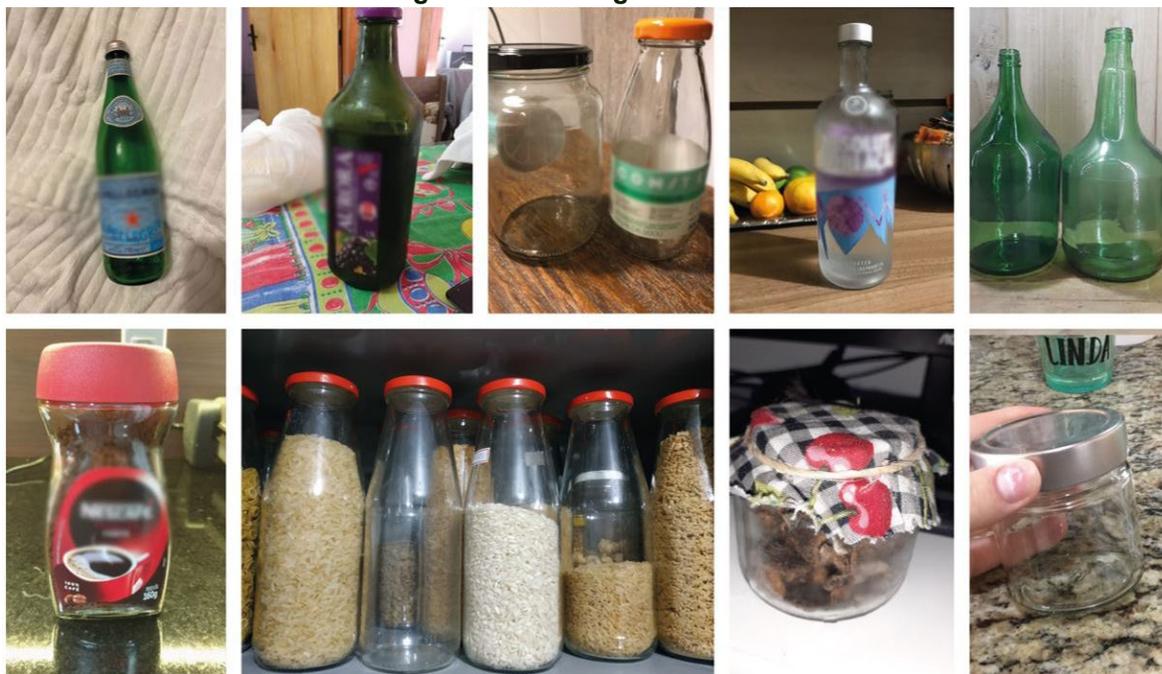
Buscando compreender um pouco mais a fundo se os participantes possuem vínculos com suas embalagens, conforme o gráfico apresentado na Figura 4, é possível verificar que 61,5% responderam que não possuem nenhum vínculo (64 pessoas) e 38,5% responderam que possuem vínculo (40 pessoas). A partir de uma questão de resposta aberta, a pergunta 14 dava a possibilidade para os respondentes justificarem sua escolha sobre ter ou não algum vínculo. Entre as 64 pessoas que responderam não possuir vínculo afetivo com as embalagens, 11 delas fizeram comentários sobre apenas utilizar a embalagem devido a sua funcionalidade e praticidade de reutilização. Entre as respostas, destacam-se: “não considero embalagens como itens

especiais”, “Viso sempre a funcionalidade, então sem apegos. Procuo cuidar para que o item seja reaproveitado e cuidado para maior durabilidade” e “São só embalagens. Às vezes dá raiva ver a quantidade de plástico que usam para algo que vai ser consumido tão rápido.”

Cinco participantes mencionaram guardar embalagens devido ao seu visual, por serem bonitas, mas mencionam que não sentem apego a elas. Já entre as respostas positivas na questão anterior, 17 pessoas justificaram com questões relacionadas à memória afetiva, seja por ser um item antigo, que pertenceu à avó, ou um item comprado durante uma viagem, remetendo a lembranças dessas experiências. Um dos respondentes comentou que guarda as embalagens de viagem como decoração. Outro ponto levantado foi a estética dos produtos, que apareceu em 8 respostas. Devido à quantidade de detalhes, design da embalagem e também apreço a algumas marcas (por exemplo, lojas de grife, de cosméticos e de eletrônicos). Materiais como o metal e o vidro, citado 7 vezes, merecem destaque, pois são mencionados nas respostas devido à praticidade, usabilidade e higiene.

A penúltima questão foi um espaço para que as pessoas pudessem enviar imagens da embalagem que considerassem especial ou que mais reutilizasse. Essa não era uma questão obrigatória, por isso, obtiveram-se apenas 29 respostas diretamente no questionário e 7 fotos<sup>2</sup> enviadas diretamente à pesquisadora. Abaixo será apresentado um compilado com as fotos agrupadas por funcionalidade e simbologia. Na Figura 4 estão as imagens de garrafas e potes de vidros.

**Figura 4 - Embalagens de vidro**



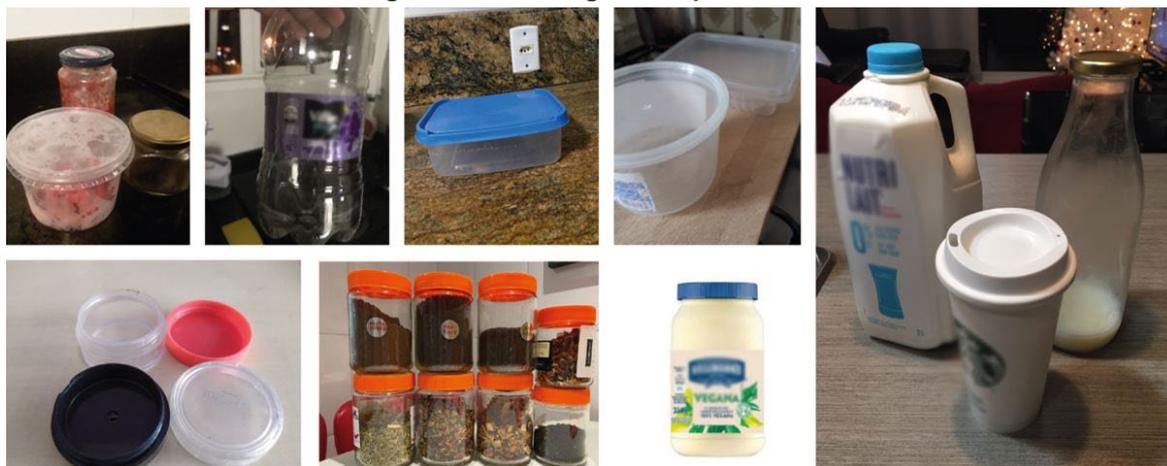
**Fonte: Elaborado pelos autores**

Na Figura 5 estão as embalagens de plástico, predominantes potes. Percebe-se que as embalagens mantêm o seu uso inicial, para guardar alimentos, mudando apenas o tipo de alimento que é guardado. Alguns são reutilizados em conjunto, como as embalagens de Ovomaltine e as de Hellman's. Salienta-se que, em muitos casos, os rótulos são retirados das embalagens e, mesmo assim, ainda sim é possível identificar as marcas de algumas embalagens devido

<sup>2</sup> Salienta-se que as fotos foram enviadas através do questionário respondido pelos participantes, em um campo destinado ao envio de arquivos.

ao formato da embalagem e a cor da tampa.

**Figura 5 - Embalagens de plástico**



Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 6 consiste nas embalagens de papel, principalmente as de eletrônicos. Alguns participantes colocaram nas respostas que utilizam essas embalagens para deixar os manuais e acessórios do dispositivo dentro. Nesses casos, essas embalagens acabam sendo guardadas nos armários e perdem suas funcionalidades e a oportunidade novos usos.

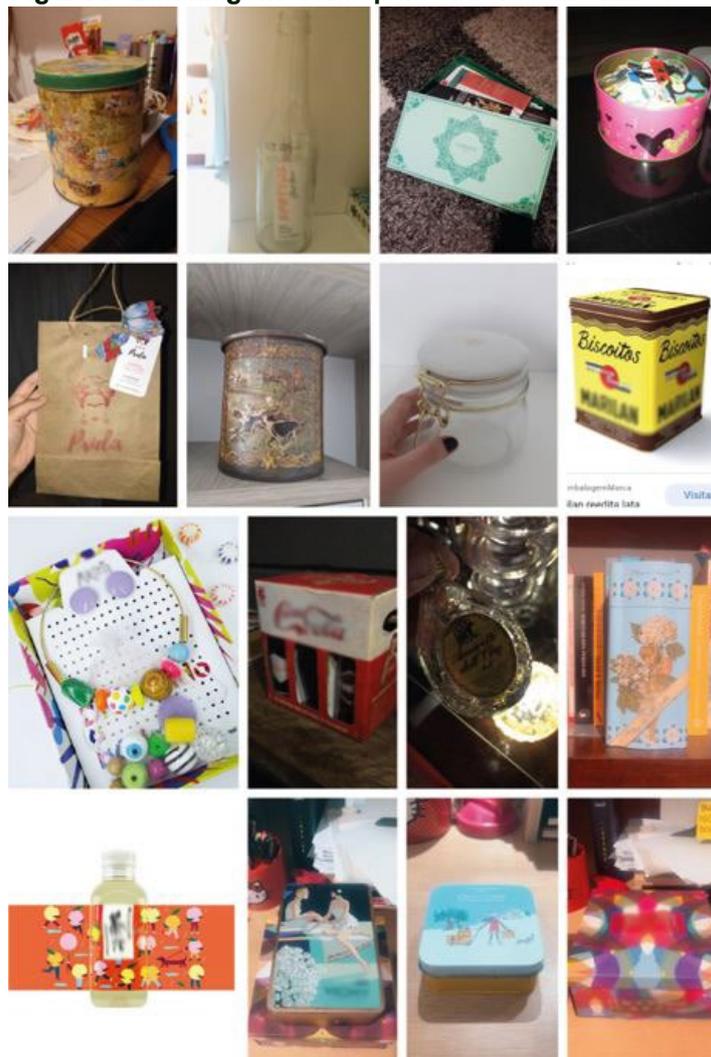
**Figura 6 - Embalagens de papel**



Fonte: Elaborado pelos autores

Por último, a Figura 7 apresenta um compilado com as embalagens consideradas especiais para os participantes, sendo elas de marcas importantes, presentes de alguma pessoa querida ou lembrança de momentos marcantes, como viagens. Percebe-se a presença de materiais como metais, vidros e papel, em versões mais coloridas, com uso de ilustrações, elementos estéticos e destaque para as marcas.

**Figura 7- Embalagens com apelo estético ou simbólico**



**Fonte: Elaborado pelos autores**

Atributos de forma e material foram identificados como a principal motivação dos usuários para o reúso de embalagens. Já os atributos estéticos, como a identidade visual, influenciam no estilo das embalagens escolhidas de acordo com a personalidade do usuário. Mesmo que as embalagens sejam usadas para a mesma função (guardar mantimentos, por exemplo), cada perfil de usuário escolhe um modelo de acordo com os seus gostos pessoais e percepções. Isto reforça a ideia de Guimarães (2017), de que os atributos de produtos são os principais estímulos que influenciam o afeto e o comportamento do consumidor.

Conforme apontam Ting *et al.* (2019), foi possível verificar que, quando os usuários possuem maior vínculo com as embalagens, seja pela estética ou pela memória afetiva, as embalagens são guardadas em locais de destaque, que podem ser vistos por mais pessoas. Seja sobre o guarda roupa, ou em prateleiras expostas, essas embalagens acabam sendo usadas com mais cuidado e guardam objetos que têm menos chance de danificá-las, como papéis, por exemplo. Em outros casos, essas embalagens podem, até mesmo, não adquirir uma nova função prática, e acabam sendo usadas como decoração.

Quanto a barreiras ou empecilhos ao reúso (COELHO *et al.*, 2022), foram relatadas dificuldades no gerenciamento do espaço doméstico para o armazenamento de embalagens. Já que, por mais que os usuários queiram reutilizar suas embalagens, conforme eles vão compran-

do novos produtos, mais embalagens vão sendo acumuladas, até o momento em que se torna inviável não as descartar.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de coletar dados para reconhecimento preliminar sobre as experiências e motivações de usuários que contribuem para a prática do reuso de embalagens, o presente estudo buscou apresentar subsídios para ampliar a discussão sobre o reuso de embalagens de bens de consumo. A partir das respostas obtidas por meio de questionário online, identificou-se que a maioria (90,4%) dos participantes costuma reutilizar suas embalagens e que, um dos fatores para esse comportamento, é a crescente preocupação com questões relacionadas à sustentabilidade.

Entre as características relevantes para o consumidor, é importante frisar a importância do material na hora de descartar ou não uma embalagem. O vidro foi o material preferido entre os participantes da pesquisa, devido à praticidade e à fácil higienização do material.

A partir das imagens das embalagens enviadas, nota-se também que, em alguns casos, como os potes em reuso para guardar mantimentos, é feita uma customização por parte dos usuários, que, por exemplo, retiram o rótulo para contribuir com a harmonia do conjunto das embalagens em reuso. Alinhado à essa característica de customização, é possível considerar que, ao agregar utilidade adicional à embalagem - após o consumo do produto embalado, aumentam as chances de ela ser reutilizada.

Identifica-se que a maioria dos participantes é influenciada por características que envolvem praticidade e versatilidade na reutilização de embalagens, principalmente, baseiam-se nas funcionalidades apresentadas por cada embalagem, seja na conservação de alimentos, fácil limpeza ou resistência do material. Em menor número, foi possível encontrar pessoas que possuem um vínculo emocional com as suas embalagens, que fazem coleções e até mesmo guardam embalagens sem ter uma utilidade. Ao focar nesse grupo, é possível perceber o quanto os objetos podem adquirir valor afetivo e que, a conexão entre objeto e usuário, confirma que o valor atribuído a bens materiais não está, necessariamente, ligado à sua função primária, mas sim pelo sentimento atribuído, pelo fato dele ser algo único ou até mesmo pelas lembranças despertadas por meio de objetos, tornando-os a materialização do afeto e da emoção.

Entre as limitações do estudo, destaca-se o impedimento do pesquisador em poder responder as dúvidas dos participantes, por não ter sido realizada uma survey presencial, visto que foi possível identificar que alguns participantes fizeram algumas confusões na hora de responder corretamente, como por exemplo, pessoas que responderam que não reutilizam embalagens, mas logo em seguida citaram os tipos de embalagens que reutilizam.

Para trabalhos futuros, é sugerida a continuidade do estudo com foco na identificação dos atributos das embalagens que estimulam o reuso, além de abordar com maior profundidade as percepções dos usuários quanto às suas conexões e interações com embalagens, por meio entrevista em profundidade com os participantes demonstraram maior interesse e disponibilidade com a temática da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- BERGEL, Renske van den; MAGNIER, LISE; MUGGE, Ruth. Too good to go? Consumers' replacement behaviour and potential strategies for stimulating product retention. *Current Opinion in Psychology*, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2020.07.014>>. Acesso em out. 2020.
- BIRDGENS *et al.* Creative upcycling: Reconnecting people, materials and place through making. *Journal of Cleaner Production*, volume 189, p. 145-154, julho, 2018.
- CALVER, Giles. O que é design de embalagens? Porto Alegre: Bookman, 2009.
- CAMILO, Assunta Napolitano. Embalagens de papelcartão, papel e microondulado. Barueri: Instituto da embalagem, 2009.
- CARDOSO, Cristina Luz. Vínculos afetivos entre as pessoas e seus artefatos domésticos [tese]: um estudo sobre suas influências na extensão de vida do produto / Cristina Luz Cardoso; orientadora, Leila Amaral Gontijo; coorientadora, Maristela Mitsuko Ono. Florianópolis, SC, 2013. 248 p.; 21cm Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.
- CAVALCANTI, Pedro; CHAGAS, Carmo. História da Embalagem no Brasil. São Paulo: Grifo Projetos Históricos e Editoriais, 2006.
- CHOI, Yoon Jung; STEVENS, John; BRASS, Clare. Carative Factors in the Design Development Process: Towards Understanding Owner–Object Detachment and Promoting Object Longevity. *The Design Journal*, 2018.
- COELHO *et al.* Sustainability of reusable packaging – Current situation and trends. *Resources, Conservation & Recycling: X*, volume 6, maio, 2020.
- DESMET, Pieter; HEKKERT, Paul. Framework of product experience. *International journal of design*, v. 1, n. 1, p. 57-66, 2007.
- FALEIRO, *et al.* USE OF VIRTUAL QUESTIONNAIRE AND DISSEMINATION AS A DATA COLLECTION STRATEGY IN SCIENTIFIC STUDIES. *Texto contexto - enferm.* vol.25 no.4 , 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0104-07072016003880014> > Acesso em: nov. 2020.
- GIL, Antônio Carlos. Como elaborar Projetos de Pesquisa. 4 ed. São Paulo, Editora Atlas, 2002.
- GREEN, W. S.; JORDAN, P. W. *Pleasure with products: beyond usability*. London: Taylor & Francis, 2002.
- GURGEL, Floriano do Amaral. *Administração da Embalagem*. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- HAIR, J. F.; BABIN, B.; MONEY, A.H.; SAMUEL, P. *Fundamentos métodos de pesquisa em administração*. Porto Alegre: Bookman, 2005(a)
- Hekkert, P. Design Aesthetics: Principles of Pleasure in Product Design. *Psychology Science*, 48, 2006, p.157-172
- KUNAMANEN; JASSI; HOANG. Promoting reuse behaviour: Challenges and strategies for repeat purchase, low-involvement products. *Sustainable Production and Consumption*, volume 20, p. 253-272,

outubro, 2019.

LÖBACH, Bernd. Design industrial. Bases para a configuração dos produtos industriais. 1ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MAHMOUDI; PARVIZIOMRAN. Reusable packaging in supply chains: A review of environmental and economic impacts, logistics system designs, and operations management. *International Journal of Production Economics*, volume 228, outubro, 2020.

MARCONI. M. A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1999

MESTRINER, Fábio. Design de Embalagem – Curso Básico. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Impacto das embalagens no meio ambiente. Disponível em: <encurtador.com.br/ryJXZ>. Acesso em: 02 fev. 2020.

MUGGE, Ruth.; SCHOORMANS, Jan P. L.; SCHIFFERSTEIN, Hendrik N. J. Design strategies to postpone consumers' product replacement: The value of a strong person-product relationship. *The Design Journal*, v.8, n.2, p. 38-48, 2005.

NEGRÃO, Celso; CAMARGO, Eleida. Design de embalagem: do marketing à produção. São Paulo: Novatec, 2008.

NORMAN, Donald. Design Emocional: Porque adoramos (ou detestamos) os objetos do dia a dia. Tradução de Ana Deiró. Rio de Janeiro: Rocco, 2008.

PETER, P., J.; OLSON, J. Comportamento do Usuário e Estratégia de Marketing. Porto Alegre: AMGH, 2010.

REN; JONES; WANG. A system dynamics approach for enhancing social behaviours regarding the reuse of packaging. *Expert Systems with Applications*, volume 46, p. 417-425, março, 2016.

RUSSO, Beatriz; HEKKERT, Paul. Sobre amar um Produto: Os princípios fundamentais. In: Claudia Mont'Alvao & Vera Damazio. (Org.). *Design, Ergonomia, Emoção*. 1ed. Rio de Janeiro: Mauad, 2008.

SCHIFFERSTEIN, Hendrik N.J.; MUGGE, Ruth; HEKKERT, Paul. Designing consumer-product attachment. In: McDONAGH, D., *et al* (Ed.). *Design and emotion: the experience of everyday things*. London: Taylor & Francis, 2004. p. 327-331.

STEENI *et al*. Consumer response to packaging design: The role of packaging materials and graphics in sustainability perceptions and product evaluations. *Journal of Cleaner Production*, volume 162, p. 286-298, setembro, 2017.

TING, Hiram *et al*. Consumer behaviour and disposition decisions: The why and how of smartphone disposition. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 2019.

van NES, Nicole.; CRAMER, Jacqueline. Influencing product lifetime through product design. *Business Strategy and the Environment*, v. 14, n. 5, p. 286-299, 2005.

WINTERICH, Karen Page; RECZEK, Rebecca Walker; IRWIN, Julie R. Keeping the Memory but Not the Possession: Memory Preservation Mitigates Identity Loss from Product Disposition. *Sage Journals*, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1509/jm.16.0311>>. Acesso em: out, 2020.

Capítulo

09

# Hidrogênio verde e o nordeste brasileiro: uma relação de sustentabilidade muito além do desenvolvimento dessa tecnologia

---

**Alexandre Contar Fernandes**

*Mestrando em Energias Renováveis pela Universidad Europea del Atlántico. Bacharel em Administração e Física*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.9

## RESUMO

Este trabalho busca demonstrar que práticas que buscam a melhoria socioambiental e econômica, podem, caso não sejam devidamente previstas e pensadas, causar danos secundários iguais ou maiores aos que buscam minimizar em sua origem. Energias Renováveis é um assunto que está em alta no momento, principalmente no Nordeste Brasileiro, onde parques eólicos, sítios fotovoltaicos e, principalmente, os novos empreendimentos de Hidrogênio Verde, estão em alta e recebendo muita atenção mundial, seja pelos altos investimentos externos que estão sendo injetados na região, seja pela alta capacidade produtiva que a região possui nesse segmento. Mas o simples fato de o resultado principal ser uma fonte energética limpa e o desenvolvimento econômico da região, não podemos negligenciar os impactos “secundários” e “menores” que estão causando na vida de muitas pessoas, bem como ao próprio meio ambiente que se busca salvar com essas tecnologias. Problemas como desmatamento de grandes áreas, impactos na fauna e flora, aumento da desigualdade social devido a mudança de muitos moradores de zonas rurais para os grandes centros urbanos, podem ser fatores importantes que nos fazem pensar e reavaliar todo o modo como estamos lidando com essas novas frentes sustentáveis que vieram para salvar o planeta ou simplesmente para darem um final diferente.

**Palavras-chave:** energias renováveis. hidrogênio verde. impactos ambientais. impactos sociais.

## ABSTRACT

This work aims to demonstrate that practices aimed at improving social, environmental, and economic well-being can, if not properly planned and implemented, result in secondary effects equal to or greater than those sought. The demand for renewable energy is currently high, especially in the northern part of Brazil, where solar parks, photovoltaic installations, and, most significantly, new projects utilizing green energy are attracting significant international attention due to the high levels of foreign investment being made there as well as the region's high production capacity. But despite the fact that the region's final and primary outcome is a clean energy source and its economic development, we cannot ignore the “secondary” and “lesser” effects that these technologies are having on the lives of numerous people as well as the environment that they are intended to protect. Large-scale issues like deforestation, effects on fauna and flora, and a rise in social inequality as a result of many people moving from rural areas to major urban centers may be significant factors that force us to reevaluate how we are dealing with these new sustainable approaches that aim to save the planet or simply produce a different outcome.

**Keywords:** renewable energy. hydrogen green. environmental impacts. social effects.

## INTRODUÇÃO

O Nordeste Brasileiro vem se mostrando ao longo dos anos como a região do país que mais cresce e com maior potencial de crescimento industrial, econômico e, principalmente, humano.

Atualmente ainda percebemos as desigualdades entre regiões e entre a própria população de cada estado, vemos as grandes diferenças de poder aquisitivo entre áreas mais próximas

ao litoral e, conseqüentemente, mais próximas ao desenvolvimento turístico em detrimento de regiões mais distantes onde o abismo entre o poder aquisitivo é gigante.

Por outro lado, em regiões mais afastadas e mais para o interior, percebemos o crescimento de um seguimento da economia que, além da importância no país, está em alta no mundo e trazendo olhos e dinheiros externos para investimentos: Energias Renováveis.

A região tem perspectiva de crescimento em várias frentes: Fotovoltaica, Eólica, Biomassa, Mar e Hidrogênio Verde.

Devido ao fato de grande incidência solar, forte atuação dos ventos, desenvolvimento de biocombustível, as altas marés de seus litorais e, unido a tudo isso, a capacidade de desenvolvimento e geração de combustíveis químicos, como o caso do Hidrogênio Verde.

**Imagem 1- Empreendimento modelo de Hidrogênio Verde com utilização de energia eólica e fotovoltaica para a eletrólise**



Especificamente sobre essa tecnologia que cresce ao redor do mundo, o Hidrogênio Verde aparece como o grande combustível do futuro, no qual sua geração está diretamente ligada a fontes sustentáveis, sem nenhum tipo de emissão de gases nocivos ao meio ambiente.

A sua geração está ligada ao processo de eletrólise<sup>1</sup> da água através de uma grande quantidade de energia, que no caso do Nordeste pode ser utilizada a Eólica quanto a Fotovoltaica.

Mas o que torna esse combustível / energia o que possui mais perspectivas do futuro?

Além do seu teor energético e econômico, o seu entorno sustentável que ele propicia é um dos fatores mais importantes. Se bem planejado e adequado de maneira correta, o desenvolvimento sustentável que essas novas tecnologias sustentáveis podem trazer para a região nordeste podem mudar completamente a região, tanto economicamente quanto socialmente.

## TEORIA

Primeiramente é preciso entender o significado de energias renováveis e porque algumas podem ser consideradas totalmente limpas e outras não se enquadram nessa classificação.

Especificamente sobre o Hidrogênio Verde precisamos fazer algumas considerações e saber diferenciar os tipos mais utilizados: Cinza, Azul e Verde.

*1 processo o qual se aplica grandes quantidades de energia para se separar as células de Hidrogênio-H das de Oxigênio-O*

Hidrogênio Verde é o combustível gerado através do processo de eletrólise na qual grandes quantidades de energia elétrica são aplicadas à água (H<sub>2</sub>O), possibilitando assim a separação das moléculas de Oxigênio e Hidrogênio, gerando assim o H<sub>2</sub>, que é o resultado obtido e utilizado como energia, mas para ser considerado “Verde”, a geração de energia elétrica deve ser através de fontes renováveis, sendo as mais utilizadas nesse processo a Energia Eólica (Vento) e Energia Fotovoltaica (Sol). Além do fator positivo de toda a sua produção se dar através de fontes renováveis, o Oxigênio que é gerado pode ser utilizado em outras frentes, principalmente em Hospitais.

O Hidrogênio Cinza é gerado através do processo de queima de combustíveis fósseis (o gás natural-CH<sub>4</sub> é mais utilizado). Através da Reforma a Vapor (método utilizado para a transformação do gás juntamente com água), separa-se as moléculas de Carbono e de Hidrogênio, gerando o Hidrogênio combustível, mas esse resultado não pode ser considerado renovável pois como consequência, se expelle na atmosfera muito gás carbono pois as moléculas de Carbono (do gás natural) e Oxigênio (da água) se combinam, gerando assim o CO<sub>2</sub> tão nocivo ao nosso meio ambiente e saúde.

No caso do Hidrogênio azul, o processo é bem similar ao do Hidrogênio Cinza no que se refere ao processo de geração do combustível, porém, no ato da geração do CO<sub>2</sub>, esse gás é capturado, evitando assim ser expelido para a natureza. Esse combustível não pode ser considerado 100% limpo pois ainda não existe tecnologia totalmente eficiente no armazenamento do CO<sub>2</sub> gerado, podendo assim esse gás entrar em contato com a atmosfera no decorrer dos anos.

Muitos consideram energias limpas aquelas que não poluem o ambiente por meio do seu processo de geração de energia, como Eólica e Fotovoltaica, mas ao mesmo tempo, caso não sejam feitos projetos corretos e atendendo as devidas particularidades da região, parques Eólicos e sítios Fotovoltaicos podem ocupar muitos m<sup>2</sup> de terras que poderiam ser produtivas de alguma cultura agrícola, sem contar que no caso da energia Eólica, suas torres e hélices podem afetar o habitat de pássaros, que podem ter a necessidade de mudarem seus movimentos ou de até se chocarem com as torres.

Imagem 2 - Energia Eólica<sup>2</sup>



Outros fatores a serem considerados, especificamente em parques Eólicos que são normalmente instalados próximos a regiões litorâneas, são os problemas com turismo e o impacto

<sup>2</sup> Processo pelo qual o vento é transformado em energia cinética e a partir dela em eletricidade com o uso de equipamentos específicos.

com os moradores de comunidades pesqueiras locais, que normalmente são afetados tanto pelo espaço instalado das torres quanto pela necessidade de áreas ao redor para equipes de manutenção e suporte aos parques.

No caso de sítios Fotovoltaicos, eles precisam de áreas gigantes para que possam se instalar as placas captadoras da irradiação solar, mas em muitos casos essas áreas poderiam ser utilizadas por moradores locais visando a produção e alguma cultura agrícola ou até para a manutenção de comunidades locais.

**Imagem - Energia Fotovoltaica<sup>3</sup>**



Outra fonte de energia renovável conhecida é a Hidrelétrica, porém em muitos casos se faz necessário a mudança de rios e desmatamento ao redor dessas instalações, o que acaba impactando a fauna e a flora locais de maneira a não se recuperar em curto espaço de tempo.

**Imagem 4 - Energia Hidrelétrica**



Portanto uma energia limpa e sustentável precisa ser analisada por várias frentes possíveis, e não exclusivamente ao seu processo de geração.

Adicionalmente, existe o impacto econômico na região, seja pela criação de novos empregos e a cadeia de suprimentos que envolve esses novos empreendimentos, algumas empresas da cadeia acabam não adotando práticas sustentáveis o que pode impactar no ganho que o produto pode trazer.

A região já sofre com descasos políticos de muitos anos, e se olharmos somente ao lado econômico e de desenvolvimento tecnológico que a região pode sofrer com os investimentos elevados em energia sustentável, podemos acabar deixando de lado o verdadeiro desenvolvimento que a região precisa, que é o desenvolvimento humano.

<sup>3</sup> Energia elétrica produzida a partir de luz solar.

## METODOLOGIA

Analisando o entorno dos projetos em desenvolvimento e funcionamento no Nordeste, principalmente eólicos e Fotovoltaicos, podemos avaliar os impactos sociais e econômicos que estão causando na região.

Muito se fala sobre os benefícios diretos que o combustível causa no impacto ambiental em relação as emissões de gases na atmosfera, consequência direta que é vista e sentida diariamente com os resultados obtidos das medições.

Alguns empreendimentos estão em funcionamento em portos, como exemplo o que vemos no Ceará no Porto de Pecem, nesse caso é utilizada uma região na qual já está adaptada e desenvolvida para fins industriais, o que não se pode dizer dos grandes parques eólicos e sítios solares que devastam grandes áreas habitadas ou possivelmente produtivas.

Muitos estudos já trouxeram a triste realidade que esses empreendimentos causam na vida de várias sociedades, sejam elas pesqueiras, empreendimentos nas costas, sejam elas de zonas rurais, onde muitos projetos são instalados com a falha premissa de desenvolvimento da região explorada.

Existem mais de 8 mil torres eólicas instaladas no Nordeste e os impactos individuais que cada torre e parques causam, por menores ou controlados que sejam, estão causando danos ambientais e sociais combinados que estão começando a serem percebidos, mas não enfrentados e em busca de soluções.

## DISCUSSÕES

Desenvolvimento tecnológico e grandes indústrias e empreendimentos sempre trazem, ao seu entorno, crescimento e desenvolvimento, seja ela econômico ou estrutural, mas nem sempre o crescimento e desenvolvimento social caminha junto, causando grandes desequilíbrios e desigualdades, e em muitos casos essas desigualdades acontecem em locais que já sofrem com esse mal, potencializando esse problema.

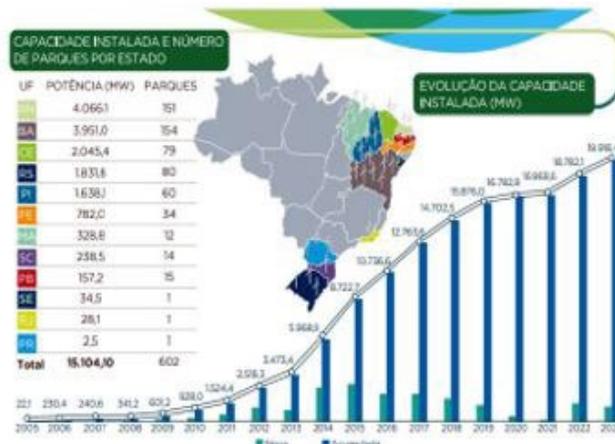
Acontece isso na região Nordeste do país, vemos sim algumas empresas investindo em escolas, treinamentos, e outros aportes com fins sociais, mas no final de tudo, o saldo nem sempre é positivo para o quesito social.

A tecnologia de Hidrogênio Verde é algo que veio para ficar e realmente tem um retorno ao meio ambiente considerável que não podemos negar e nem deixar de aprimorar seu desenvolvimento, mas se deixarmos um pouco de lado o fator econômico como primeiro ponto a ser analisado, podemos sim desenvolver projetos com cunho social mais preponderante e trazer retornos econômicos a longo prazo muito maiores, pois quanto maior é o desenvolvimento humano de uma sociedade, maior é seu potencial econômico e intelectual.

A grande preocupação que se precisa tomar não é especificamente sobre a geração e produção do hidrogênio Verde e sim das suas fontes de energias, pois para o processo de eletrólise da água é preciso uma grande quantidade de energia elétrica que, para ser configurado como Hidrogênio Verde, precisa ser oriunda de fontes renováveis, como Fotovoltaica, Eólica,

Biomassa, Mar, entre outras.

Imagem 5 - Capacidade instalada de parques eólicos no Brasil



Como o desenvolvimento de energia Fotovoltaica e Eólica estão em franco crescimento na região, corre-se o risco da instalação desenfreada de parques e sítios os quais provocam muitos problemas a sua volta.

Alguns pesquisadores alertam para os danos cumulativos que essas instalações irão causar no futuro pois, no momento, o planejamento e o levantamento de possíveis danos são pensados em âmbitos isolados.

Embora o principal ponto a ser discutido seja o desmatamento, impacto visual e de possíveis problemas com pássaros mudando suas rotas ou colidindo com as torres eólicas, é preciso se levar em conta a construção de estradas para passagens de caminhões, o que causa acúmulo de calor devido ao asfalto em contrapartida a areia e argila anteriores.

Outra preocupação é com os moradores que estão saindo das zonas rurais, onde moraram a vida toda, e se deslocando para centros urbanos, fugindo dos problemas visuais e do entrono que os parques estão causando em suas regiões, aumentando assim a desigualdade que já existe em grandes centros urbanos.

Imagem 6 - Exemplo de parques eólicos instalados em regiões desmatadas



Outro ponto a se destacar é que as estradas criadas ou a mudança drástica do solo, pode causar impermeabilização do solo, prejudicando assim o reabastecimento de aquíferos, em áreas secas esses lençóis freáticos são primordiais para o abastecimento de água para a população.

**Imagem 7 - Exemplo de parque solar off-shore**



Alternativas a mitigação de possíveis danos sociais e ambientais é o desenvolvimento dos parques eólicos e solares off-shore<sup>4</sup> os quais podem ser instalados próximos as zonas costeiras ou mar adentro.

Mesmo que os danos ambientais e sociais sejam menores que aqueles causados nos parques tradicionais, é preciso alguns cuidados, principalmente no que diz respeito a vida marinha, pois essas instalações causam muitas mudanças no mundo aquático, por isso que nesses projetos, existem equipes que cuidam do planejamento Espacial Marinho, visando mitigar esses impactos na vida subaquática.

**Imagem 8 - Exemplo de parque eólico off-shore**



Outra preocupação, em particular no Nordeste, refere-se ao quesito social no qual muitos moradores vivem da pesca e mesmo que as instalações não sejam próximas a costa, podem causar mudanças de comportamentos da vida aquática bem como a extinção ou redução de alguma espécie que ali vivem.

Falando especificamente sobre os sítios solares, os impactos sobre o solo são maiores que os dos parques eólicos pois a área total ocupada, por mais que possa ser a mesma em ambos os casos, no caso do fotovoltaico a obstrução do solo é maior devido ao bloqueio que as placas solares causam na absorção de raios solares pelo solo.

Particularmente acredito que a energia ser um investimento focado e incentivado para residências, propriedades rurais, pequenas e médias empresas onde pode-se utilizar os telha-

*4 Termo geralmente utilizado para descrever parques eólicos e/ou solares no mar, mas também podem estar localizados perto da costa. Não existe um limite técnico para a profundidade da água em que esses parques podem ser construídos.*

dos das propriedades e instalarem as placas solares, nesse caso o impacto social é zero e o impacto ambiental é praticamente nulo pois se utiliza de locais que não causam mais impactos substanciais a mais no solo, sem contar que o consumidor possui o ganho financeiro da redução de conta, e isso sim é um incentivo econômico pois o consumidor se utilizará desse excedente financeiro em outros investimentos ou despesas na região.

**Imagem 9 - Exemplo de sistemas fotovoltaicos em telhados**



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo verificou-se que as novas fontes de energia que estão sendo desenvolvidas e incentivadas, como Eólica, Fotovoltaica e, principalmente, Hidrogênio Verde, por mais que são as respostas que buscamos para solucionar ou mitigar a emissão de gases na atmosfera e, conseqüentemente, ajudarmos a termos um ambiente e um planeta mais saudáveis, podem causar danos importantes, sejam eles ao próprio planeta ou a comunidades que vivem próximas aos empreendimentos.

O Hidrogênio Verde veio para causar um grande impacto positivo em nossas vidas, com mais empregos e desenvolvimento econômico, bem como grande capacidade de emissões próximas a zero de gases na atmosfera, e ao mesmo tempo reduzindo a utilização de outras fontes poluidoras, o que podemos dizer que o impacto é dobrado de benefícios ao meio ambiente.

Porém existem fatores que alguns podem dizer que não está diretamente ligado a produção e geração de Hidrogênio Verde, mas que isso é somente discurso para que projetos sejam aprovados com mais celeridade e redução burocracia no sentido de desenvolvimento e preocupações mais pesadas com os impactos ao entorno, sejam eles ambientais ou sociais.

A falta de planejamento e a devida atenção que alguns projetos podem estar sendo instalados, devido ao teor econômico, desenvolvimentista e, principalmente, por se tratar de um combustível limpo, podem causar danos muito maiores no futuro, esses danos podem ser comparados com que causam atualmente as emissões de gases na atmosfera?

Essa resposta não temos no momento, mas para que o futuro não seja uma triste realidade e sim uma grata surpresa, precisamos desde já nos preocuparmos com o que realmente causa danos ao planeta e a sociedade, que é a falta de preocupação e o excesso de interesses econômicos que todos nós como sociedade temos uns com os outros, e o que dizer do meio ambiente o qual não tem como argumentar com o ser humano e somente pode nos dizer questão em modo de extinção quando o mesmo não consegue mais nos proporcionar as riquezas que sempre proporcionou, e isso no final nada mais é do que a não preocupação nos dias atuais com

nossas gerações futuras.

## REFERÊNCIAS

MCKINSEY & COMPANY. Global Energy Perspective 2022. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, Empresa de Pesquisa Energética. 2031 Plano Decenal de Expansão de Energia. Brasília: MME/EPE, 2022. Disponível em [http://antigo.mme.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=4a436146-bf03-c294-aa80-2eb13ea6d3cb&groupId=36208](http://antigo.mme.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=4a436146-bf03-c294-aa80-2eb13ea6d3cb&groupId=36208).

GORAYEB, A., BRANNSTROM, C., MEIRELES, A. J. A.. Impactos Socioambientais da Implantação dos Parques de energia Eólica no Brasil. Coleção Estudos Geográficos da UFC. 2018.

DIÁRIO DO NORDESTE. <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/opiniao/colaboradores/energia-eolica-no-mar-desafios-sociais-e-ambientais-1.3069497>

# Governança dos recursos hídricos: as lacunas na gestão dos recursos hídricos sob a perspectiva da OCDE

---

**Alexandre Rodrigues de Moraes**

*mestrandos do Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos  
(ProfÁgua) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ*

**Ana Eloisa Sorrilha**

*mestrandos do Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos  
(ProfÁgua) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ*

**Andréia Schypula**

*mestrandos do Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos  
(ProfÁgua) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ*

**Friedrich Herms**

*Departamento de Oceanografia Química, Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ*

## RESUMO

O presente estudo é uma revisão bibliográfica que parte da compreensão de que a gestão dos recursos hídricos aponta questões que extravasam a competência política em que se baseiam as práticas atuais, levando ao apontamento de diretrizes que favorecem a uma gestão eficiente dos recursos hídricos. Consequência do movimento para a autonomia energética do país, o Brasil iniciou sua Gestão dos Recursos Hídricos fortemente influenciado pelo setor hidrelétrico, solução encontrada na década de 1970 para vencer a crise do petróleo, sendo até hoje um conceito estruturado da política de Gestão dos Recursos Hídricos. Paralelamente, resultado da concepção equivocada de que o Brasil tem infinitos recursos hídricos, a sociedade estabelece uma relação de consumo exacerbado que canaliza energias contraditórias ao conceito de que água é um insumo das mais diversas atividades produtivas, tendo assim, valor econômico. Esse paradoxo entre insumo produtivo e desvalor econômico vem ao câmputo de um conjunto de ações ineficientes na regulação e na redução do consumo dos recursos hídricos. Partindo de uma análise histórico-política sobre a gestão dos recursos hídricos no Brasil, o Relatório sobre Governança dos Recursos Hídricos, publicado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em 2015, vem contribuir para um análise macro da problematização da Gestão dos Recursos Hídricos, onde tratam como “lacunas de gestão”, um conjunto de dimensões que se inter-relacionam e justificam a situação atual de ineficiência dos instrumentos elencados em legislações. Por fim, o relatório da OCDE sinaliza para ações de mitigação da problemática para cumprimento da legislação em vigor que protege os Recursos Hídricos, tendo por base princípios como a descentralização da gestão, criação de uma agenda de discussão no âmbito de ministérios e a mobilização da sociedade em prol da preservação e conservação das águas.

**Palavras-chave:** gestão. recursos hídricos. organização para cooperação e desenvolvimento econômico- OCDE.

## INTRODUÇÃO

O relatório “Governança dos Recursos Hídricos no Brasil” levanta uma série de questões pertinentes a gestão hídrica eficiente e eficaz, no âmbito da mitigação dos conflitos por água nas diversas faces que se apresenta, fruto da diversidade de condições hídricas de um país com dimensões continentais e “rico em água, haja vista que o Brasil detêm 12% de toda água doce do mundo (OCDE, 2015).

O estudo que apresentamos é fruto da análise, principalmente das questões diagnosticadas como as principais causas da ineficiência na gestão dos recursos hídricos no Brasil pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE, que utilizou uma metodologia participativa na construção do documento, onde poder público, sociedade civil, usuários e demais interessados contribuíssem na construção de um diagnóstico, e que passou a ser utilizado por muitos Comitês de Bacia como referência no direcionamento de suas ações.

O Relatório Governança dos Recursos Hídricos no Brasil tem servido como fomento ao contemporâneo debate, seja do ponto de vista científico, cultural ou político, em relação a possibilidade de trabalhar o conceito de gestão hídrica, no campo do planejamento sustentável.

## MATERIAL E MÉTODO

A fonte utilizada para a construção desse artigo foi o Relatório Governança dos Recursos Hídricos no Brasil, publicado pela OCDE em 2015. O artigo é fruto dos estudos realizados no Mestrado Profissional, em rede nacional, em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, na disciplina Governança e Regulação das Águas, onde a atividade em sala possibilitou uma análise crítica, apresentada por representantes desses comitês, discentes integrantes da mesma turma, e vivenciada pelos Comitês de Bacia Hidrográfica do Brasil, às constatações apresentadas pelo relatório que culminou em explicações científicas aos fenômenos vivenciados e não compreendidos por esses Comitês.

Sendo assim, o método utilizado foi o da contraposição conforme a figura 1 abaixo:

Figura 1 - Método da contraposição.



A escolha do método utilizado, foi baseado na constatação que tínhamos todas as informações, resultante dos comitês estudados, que possibilitaria a verificação na prática do que teoriza o Relatório da OCDE, revelando as distintas interpretações dos comitês através dos relatos dos demais alunos e integrantes dos comitês, trazendo valor contemporâneo ao relatório e tonando o estudo como referencial teórico para a Governança das Águas.

As Lacunas Na Gestão Dos Recursos Hídricos - Os multiníveis na Governança dos Recursos Hídricos

A OCDE ao longo do segundo capítulo do “Relatórios de Gestão de Recursos Hídricos no Brasil” (OCDE, 2015)., traz uma análise do governo a partir do conceito de gestão multinível sendo:

- 1) entre diferentes ministérios e/ou órgãos públicos em nível de governo central (superior horizontalmente);
- 2) entre as diferentes camadas de governo nos níveis local, regional, provincial/estadual, nacional e supranacional (verticalmente), e;

3) entre diferentes atores em nível subnacional (inferior horizontalmente)”.

Figura 2 - Quadro de Governança Multinível da OCDE.



Fonte: OCDE (2011).

Além da característica estrutural da gestão, o relatório defende que independentemente da estrutura, os governos enfrentam questões de gestão, onde definem como “lacunas” na governação dos recursos hídricos. Estas lacunas estão divididas em sete grupos, possibilitando um diagnóstico interligado a cada nível de governo, pelas áreas de políticas e entre os atores locais e regionais. Esses atores são interdependentes e devem ser analisados sob a dinâmica sistêmica, onde um potencializa a ações do outro.

## AS MULTIFACE DO BRASIL

Detentor de 12% das reservas de água doce do Planeta, sendo o que corresponde a 53% dos recursos hídricos da América do Sul, o Brasil ainda apresenta dimensões continentais e parte de suas fronteiras é definida por corpos d’água – são 83 rios fronteiriços e transfronteiriços, além de bacias hidrográficas e aquíferos.

Num contexto tão diversificado hidrograficamente como o do Brasil, ainda é necessário considerar a diversidade institucional, capacidade de desempenho e o nível de desenvolvimento econômico de cada região na construção de um diagnóstico que seja instrumento na Gestão dos Recursos Hídricos.

Nessa perspectiva a OCDE em seu relatório constatou-se uma serie de “lacunas” no processo de gestão:

Tabela 1- Lacunas e seus conceitos. Fonte: OCDE 2015.

LACUNAS IDENTIFICADAS NO RELATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DA OCDE		
N	LACUNA	CONCEITO
1	Lacuna administrativa	“... limites administrativos dos municípios, regiões e estados raramente correspondem às fronteiras hidrológicas. Isso resulta em uma incompatibilidade no nível subnacional que frequentemente obstrui as políticas de água e complica as relações entre os representantes eleitos, autoridades locais, agências de água, gestores de recursos e usuários finais.”
2	Lacuna Política	“...refere-se à fragmentação das tarefas relacionadas à água entre os ministérios e órgãos públicos em nível nacional e entre autoridades locais e regionais do nível subnacional. Essas abordagens isoladas resultam em incoerência entre as necessidades políticas subnacionais e as iniciativas de políticas nacionais, bem como em resultados de qualidade inferior em todas as áreas de política relacionadas aos recursos hídricos.”
3	Lacuna de Financiamento	“...refere-se à diferença entre as receitas subnacionais e os dispêndios das autoridades subnacionais para cumprir as suas responsabilidades no setor de recursos hídricos. As autoridades subnacionais geralmente dependem de escalões mais elevados do governo para o financiamento das políticas de recursos hídricos, enquanto o governo central depende das autoridades subnacionais para repassá-las e cumprir as prioridades nacionais e subnacionais.”
4	Lacuna de Capacitação	“...é gerada pela insuficiência de especialização técnica e científica e de infraestrutura para formular e implementar políticas de recursos hídricos. Se houver diferença entre a capacidade necessária para assumir as responsabilidades pela água e a capacidade da autoridade local em termos de organização, técnica, procedimentos, rede e infraestrutura, as consequências para a implementação das políticas de recursos hídricos nacionais são inevitáveis.”
5	Lacuna do Objetivo	“...ocorre quando objetivos divergentes ou contraditórios entre os níveis de governo, ministérios e órgãos públicos comprometem os objetivos de longo prazo da política integrada de recursos hídricos. As políticas de recursos hídricos são, muitas vezes, esforços de longo prazo, que envolvem o planejamento, a avaliação ex ante, consultas, diversas fases de execução e avaliação ex post.”
6	Lacuna da Responsabilidade	“...refere-se à falta de transparência e abrangência na elaboração das políticas de recursos hídricos. Muitas vezes, o encurtamento do processo decisório introduz riscos de captura e corrupção, em especial quando os governos locais não tiverem a capacidade de monitorar os investimentos e a sociedade civil não estiver plenamente engajada.”
7	Lacuna da Informação	“...ocorre quando há uma assimetria ou falta de informação entre ministérios, entre os níveis de governo e entre atores locais envolvidos na política de recursos hídricos. Em muitos casos, as melhorias nas políticas da área são difíceis de pôr em prática porque há poucos dados e informações disponíveis, particularmente sobre as implicações econômicas, financeiras e institucionais.”

O Relatório de Gestão de Recursos Hídricos no Brasil, demonstra que essas “lacunas”, interferem diretamente no planejamento, haja vista que no território nacional há a produção de diversos Planos de Bacia, fracos na prática, que refletem a ineficiência do processo estabelecido na construção desses instrumentos, onde se determina que seja seguido o princípio da subsidiariedade, trazendo para cada nível (nacional, estadual e de bacia hidrográfica) suas obrigações. Mas as características do país, citadas anteriormente, junto as lacunas resultam em instrumentos muito amplos, como no caso do Plano Nacional onde não se consegue estabelecer prioridades específicas, e no caso dos Planos Estaduais e de Bacia onde a OCDE diz:

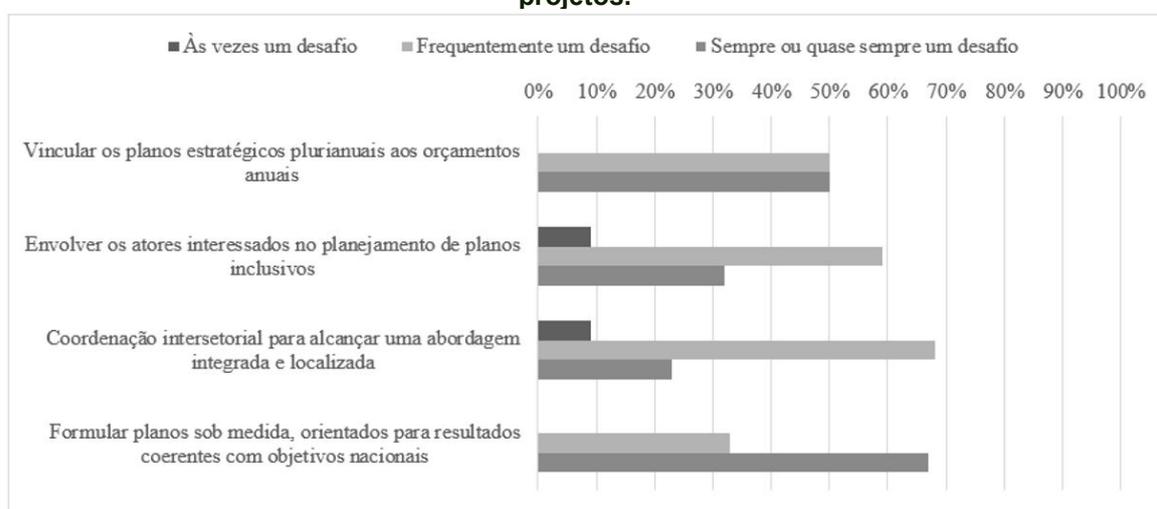
“... são, muitas vezes, “tigres de papel”, que não são implementados devido à falta de convencimento dos atores interessados e tomadores de decisão em cuja competência as medidas deveriam ser tomadas e os recursos alocados. Os planos são, então, muitas vezes “um exercício do tipo pensamento positivo”, pelo qual promessas são feitas para os outros cumprirem.” (OCDE, 2015).

Além das questões relacionadas ao planejamento, constatou-se uma desarticulação com demais setores de interface. Há um isolamento, fruto da ausência de planejamentos como: usos e ocupação do solo, agricultura, ordenação territorial, infraestrutura e biodiversidade. E ainda, uma ação movida pela emergência, já que não há um planejamento cíclico na maioria dos Ministérios.

Conseqüentemente os Planos de Bacia acabam por não definirem os requisitos para uso da água como proposto pela Resolução CNRH 145/2012, que estabelece diretrizes para a elaboração de planos de bacias hidrográficas, e a Resolução CNRH 16/2001, que estabelece os critérios gerais para a outorga de direito de uso dos recursos hídricos.

A OCDE defende que “os planos poderiam definir metas de qualidade da água, limites de consumo da água e lançamento de cargas poluidoras, e padrões de eficiência para o uso da água. Essas metas podem ser facilmente incorporadas aos sistemas de outorga de direito de uso da água, e que sanções poderiam ser impostas em caso de descumprimento.” (OCDE, 2015).

**Figura 3 - Desafios percebidos pelos estados relacionado ao planejamento e a elaboração de projetos.**



Fonte: OCDE (2015).

Entender a devida participação de cada esfera que compõem o sistema de gerenciamento de recursos hídricos, traz uma complexa divisão quanto ao entendimento nos comitês de bacia.

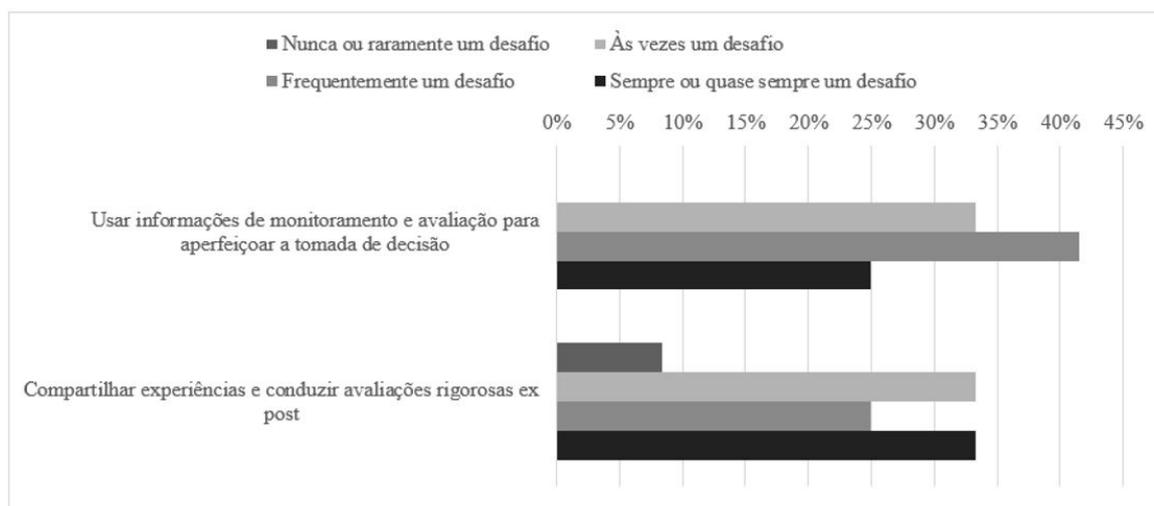
Os Comitês de Bacia têm em sua área de atuação à gestão descentralizada e participativa entre o poder público, os usuários e a sociedade civil (Brasil, 1997). Em seu relatório, a OCDE diz que “os comitês de bacias hidrográficas deveriam atuar como mecanismos de coordenação, para preencher a “lacuna administrativa” e ajustar as políticas de recursos hídricos locais”, dessa forma a participações no Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH e nos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos - CERH's, traria uma integração entre os entes, melhorando a comunicação.

Segundo o relatório “uma lacuna de capacitação é gerada pela insuficiência de especialização técnica e científica e de infraestrutura para formular e implementar políticas de recursos hídricos”.

A responsabilidade dos membros que compõem o plenário nos comitês, se deparam

com a falta de conhecimento para sustentar as discussões e aprovações para a implementação das políticas de recursos hídricos. Entender o que é gestão, como organizar as estruturas internas para validar as decisões, mediar os conflitos, como conseguir olhar a bacia como uma unidade de gestão e a própria mudança no contexto da importância dos múltiplos uso da água.

**Figura 4 - Auto avaliação da capacidade dos Estados.**



Fonte: OCDE (2015).

Dada as constatações, a OCDE prossegue em seu relatório dando diretrizes para sanar as lacunas de gestão, onde defende que é fundamental elevar a questão da água como prioridade estratégica com benefícios econômicos mais amplos para a agenda política nacional, já que fortalecer o poder, influencia na efetividade dos conselhos nacional e estaduais de recursos hídricos para orientar as decisões estratégicas no nível mais alto.

O fortalecimento das instituições de bacia através da efetividade no engajamento dos atores envolvidos orientado para resultados, assim como, aperfeiçoar a coordenação intersectorial para promover maior coerência e consistência da política, também é citado no relatório como diretrizes para resolver as lacunas em níveis vertical e horizontal

Finalizando as propostas de diretrizes, o relatório da OCDE (2015) propõe a descentralização, tendo o estado como elo do processo, a fim de fortalecer a capacidade e a sustentabilidade financeira das instituições estaduais, promovendo a continuidade e a imparcialidade das políticas públicas para uma visão de longo prazo.

E ainda, conclui que a troca de experiências em todos os níveis para extrair lições das histórias de sucesso e dos desafios comuns é fundamental. E para tal é necessário destacar o papel da Agência Nacional das Águas - ANA na eliminação do “duplo domínio” onde há gestão de mais de um ator, gera problemas na concessão de outorgas para a captação de água ou para a descarga de efluentes.

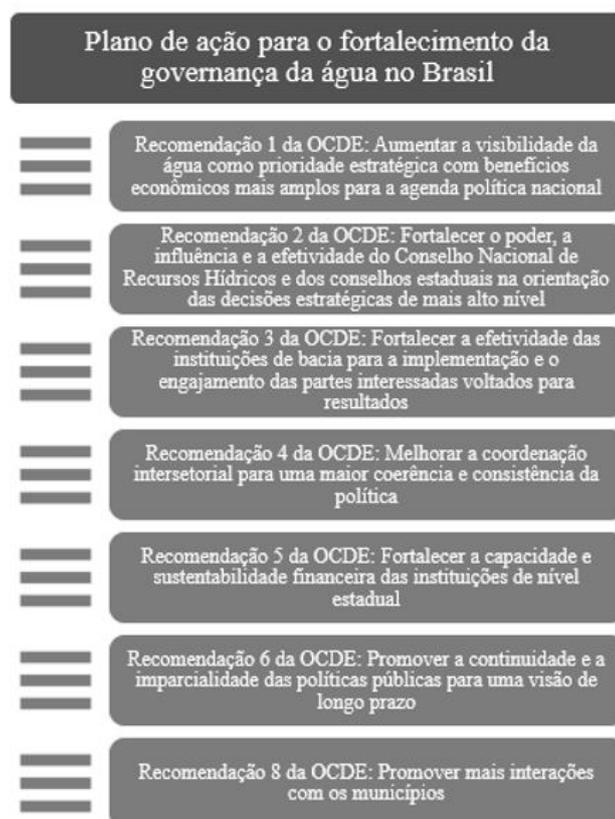
## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ser um relatório construído anteriormente a grandes eventos políticos como o Impeachment de 2016, troca de governo, que alterou o cenário político considerado nas diretrizes, e o start de profundas reformar como a fiscal, a previdenciária e as ambientais , fruto das

mudanças no cenário político, o relatório traz diretrizes que fundamentam fenômenos atuais da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil. Podemos considerar que, apesar da grande mudança ideológica e econômica que os fenômenos acima sintetizam, conclui-se que apenas houve o agravamento das lacunas de gestão dos recursos hídricos conforme apresenta o relatório.

O relatório, apesar de ter sido publicado em 2015 e após importantes alterações políticas administrativas no país o diagnóstico e recomendações permanecem válidas e atuais na perspectiva da Gestão dos Recursos Hídricos, aprontando diretrizes fundamentais para uma gestão eficiente. Analisadas de maneira profunda, os problemas na gestão são apresentados numa perspectiva contemporânea, garantindo que cada componente (Governo, órgãos públicos e sociedade) tenha clareza do seu papel, assim como, dos desafios a serem vencidos.

**Figura 5 - Plano de ação para o fortalecimento da Gestão das Águas no Brasil. Informações do Relatório de Gestão de Recursos Hídricos OCDE 2015.**



Por fim o relatório deixa claro a necessidade de uma agenda que discuta de maneira estratégica e no alto escalão do governo a Gestão dos Recursos Hídricos no país, considerando todo o processo histórico na construção dos instrumentos de gestão existentes, mas que também considere a perspectiva de que tratamos de um recursos finito, econômico e fundamental à vida humana e de todo o ecossistemas. Para isso, defende ainda um Pacto Operacional e outro de Alocação das Águas.

Figura 6 - Plano de ação para o Pacto Operacional. Informações do Relatório de Gestão de Recursos Hídricos OCDE 2015.

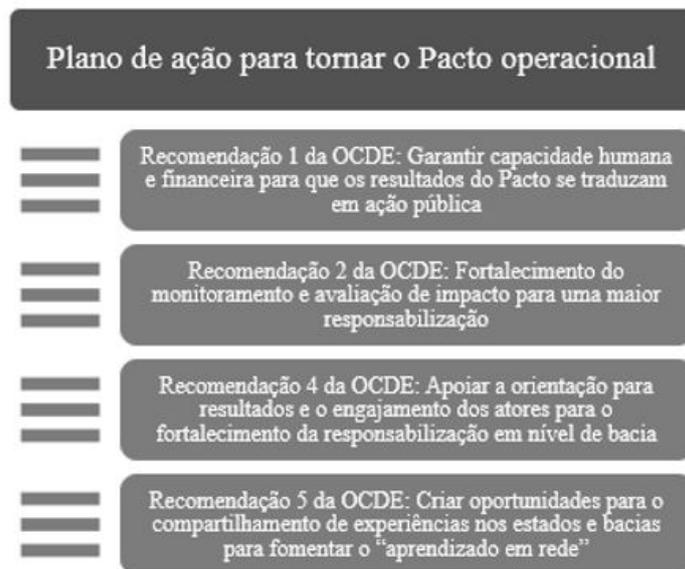
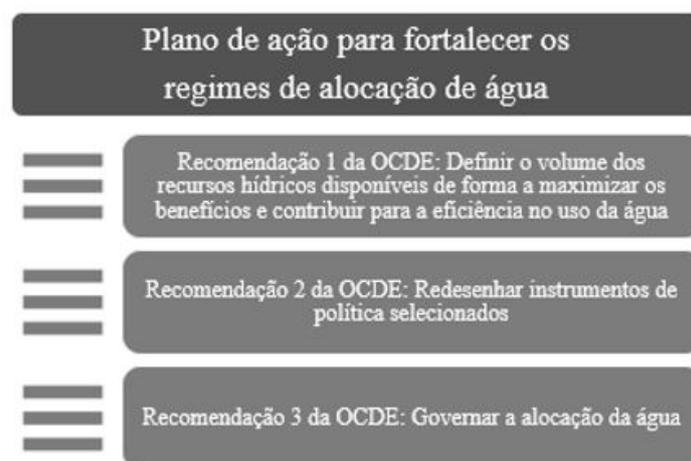


Figura 7 - Plano de ação para fortalecer os regimes de alocação de água. Informações do Relatório de Gestão de Recursos Hídricos OCDE 2015.



## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado no âmbito do Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional de Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua que tem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas (ANA) através do Projeto CAPES/ANA AUPEX Nº. 2717/2015. Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) pelo apoio técnico científico oferecido, e a ANA e a CAPES pelo apoio ao ProfÁgua aportado até o momento.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Governo Federal - Ministério do Meio Ambiente/Conselho Nacional de Meio Ambiente, Resolução CONAMA 145/2012, Resolução CONAMA 16/2001

BRASIL, Lei Federal nº 9.433/97, de 8 de janeiro de 1997, Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União - Seção 1 - 9/1/1997, Página 470; Coleção de Leis do Brasil - 1997, Página 18 Vol. Brasília, 1997.

OCDE (2011), Water Governance in OECD Countries: A Multi-level Approach, OECD Studies on Water, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264119284-en>.

OCDE (2015), Governança dos Recursos Hídricos no Brasil, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264238169-pt>.

# Estudo comparativo entre orçamento e custo real de obras de pavimentação em Porto Velho/RO

---

*Carolina da Silva Gualbano*

*Hugo Luís de Sousa Oliveira*

*Weslon Brito Reis*

*Wlademir da Silva Pontalt Pereira*

*Leonardo de Macedo Vitorino Pereira*

*Bruno Yan Medeiros Soares*

*Alex Gomes Pereira*

## RESUMO

O presente trabalho busca analisar os preços unitários e compostos para o desenvolvimento de obras de pavimentação no município de Porto Velho, capital do estado de Rondônia (RO). Para o alcance do objetivo, foram desenvolvidas planilhas orçamentárias de três projetos de pavimentação (Avenida Farquar e Avenida Amazonas e da Rua Tenreiro Aranha da capital rondoniense, a fim de comparar os preços designados por orçamento do município de Porto Velho e os preços praticados pelo comércio. Como resultado foi possível verificar diferenças entre os valores das licitações públicas e os preços de mercado.

**Palavras-chave:** pavimentação asfáltica. orçamento. custos.

## ABSTRACT

The present work seeks to analyze unit and compound prices for the development of paving works in the municipality of Porto Velho, capital of the state of Rondônia (RO). In order to reach the objective, budget worksheets were developed for three paving projects (Avenida Farquar and Avenida Amazonas and Rua Tenreiro Aranha in the capital of Rondônia, in order to compare the prices designated by the budget of the municipality of Porto Velho and the prices charged by the commerce. As a result, it was possible to verify differences between the values of public bids and market prices.

**Keywords:** asphalt paving. budget. costs.

## INTRODUÇÃO

De acordo com Vieira e Nogueira (2018) o crescimento econômico de um país está diretamente relacionado ao crescimento de diversos ramos, em particular ao setor industrial, no qual se destaca o segmento da construção civil. Todavia, nos últimos anos, tem-se verificado modificações consideráveis, tornando-se o setor cada vez mais competitivo.

Para lidar com esses novos desafios é fundamental que as empresas do setor possuam um método de orçamentação capaz de avaliar os custos dos empreendimentos de forma adequada. Para Xavier (2008) o orçamento é um produto definido, informando o valor para a realização de um determinado produto ou serviço, as condições necessárias para a sua realização, o objeto a ser realizado e o prazo para que este produto ou serviço se realize. Limmer (1997) diz que orçamento se define por compor os custos importantes para a realização de um projeto, seguindo um plano executivo previamente estabelecido ou planejamento anteriormente elaborado.

Rocha (2010) explica que o orçamento de obras de engenharia civil é um dos procedimentos mais importantes da construção civil, visto que é a partir deste que se inicia o estudo de disponibilidade financeira e composição dos valores estimados que irão estabelecer o fluxo de caixa que afeta a situação econômica da empresa.

Entre os diversos tipos de métodos orçamentários, destacam-se 3 bancos de dados mais utilizados no âmbito nacional, sendo eles o Custo Unitário Brasileiro (CUB), o Sistema Nacional

de Pesquisa de Custo e Índices (SINAPI) e a Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO).

Deste modo, o presente trabalho tem por objetivo enumerar a importância do estudo apresentado a seguir, e desenvolver uma análise orçamentária, compreendendo três obras de pavimentação e qualificação na cidade de Porto Velho/RO, conferindo as divergências entre estas e apontando possíveis causas de diferenças entre si.

## **METODOLOGIA**

### **Características do empreendimento**

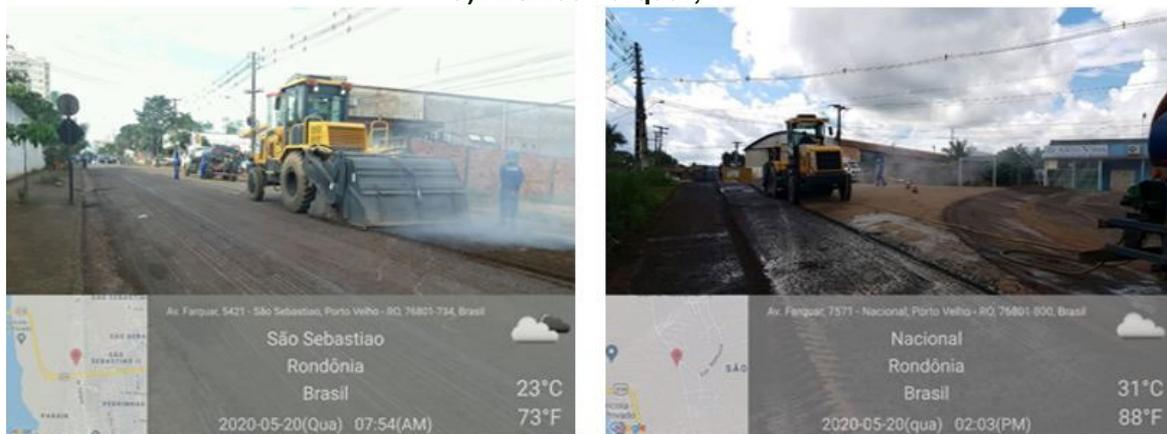
A obra em estudo consiste na construção de pavimentação em vias públicas da cidade de Porto Velho/RO, com área total de 616.408,41m<sup>2</sup> e extensão de 62.659,08m, com as seguintes características principais: serviço preliminares contemplando (placa da obra, execução de depósito, mobilização e desmobilização); encargos complementares (Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional - PCMSO, Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção - PCMAT, Programa de Prevenção de Risco Ambiental - PPRA e Administração local da obra); serviços de recapeamento em concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) (incluindo fresagem, transporte de material fresado, pintura de ligação com emulsão RR-2C, fabricação e aplicação de concreto betuminoso usinado a quente, transporte comercial com basculante brita para CBUQ; sinalização horizontal (pintura de faixas com termoplástico - 3 anos (p/aspersão) – contínua, pintura de faixas com termoplástico - 3 anos (para aspersão) – tracejada, forn., e colocação de tacha refletiva bidirecional); transporte de material betuminoso (transporte de material asfáltico a frio RR-2C e transporte de material asfáltico - ligantes).

No total, 34 ruas receberão as obras de pavimentação e qualificação na cidade, totalizando um investimento de R\$ 37.213.401,95. O prazo para execução dos serviços é de 540 dias, vinculados ao cronograma físico-financeiro, incluído neste mesmo prazo a mobilização e desmobilização e a execução das obras e serviços propriamente ditos, contados a partir da emissão da Ordem de Serviço pela Administração.

### **Trechos estudados**

Para a elaboração do orçamento deste trabalho, foram utilizados os projetos das avenidas Farquar e Amazonas e da rua Tenreiro Aranha. A Figura 2 apresenta os serviços de pavimentação asfáltica dos trechos em estudo.

**Figura 2 - Obras de Pavimentação:  
a) Avenida Farquar;**



**b) Avenida Amazonas;**



**c) Rua Tenreiro Aranha**



Fonte: Autores (2022).

## Programas computacionais de auxílio

Para elaboração das planilhas orçamentárias será utilizado o Microsoft Excel. Também será usado o programa computacional AutoCAD como ferramenta para manuseio dos projetos arquitetônicos e contabilização de quantitativos.

## Obtenção dos dados

Para atingir os objetivos propostos no item 1.1, as planilhas orçamentárias para comparação foram recolhidas junto ao site da transparência do município de Porto Velho/RO, utilizando-se das seguintes especificações de serviços: recapeamento em CBUQ e sinalização horizontal. Os preços de mercado serão coletados no âmbito nacional com finalidade de comparar com os valores obtidos no referencial adotado.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas Tabelas 1 a 12 são apresentadas as planilhas orçamentárias do valor licitado pelo município.

**Tabela 1- Planilha orçamentária do município referente ao trecho 1 da Avenida Farquar**

Item	Composição	Serviço	Unid	Qtde	Unit	Total
<b>2.0</b>	<b>Avenida Farquar (Parte 1)</b>					
<b>2.1</b>	<b>Recapeamento em CBUQ</b>					
2.1.2001	4011479	Fresagem contínua de revestimento betuminoso (espessura de 0,02m).	m³	702,02	35,49	24.914,68
2.1.2002	95875	Transp. (trecho/SEMOB) de material fresado, (caminhão basculante de 10 m³), em via urbana pavimentada, DMT até 30 km.	m³xkm	8.985,85	1,2	10.783,02
2.1.2003	72943	Pintura de ligação com emulsão RR-2C.	m²	35.100,99	1,92	67.393,90
2.1.2004	2.1.2004	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento com espessura de 5,0 cm - Exclusive Transporte. AF_03/2017	m³	1.755,05	142,12	249.427,70
2.1.2005	72962	Usinagem de CBUQ com CAP 50/70, para capa de rolamento.	ton	4.212,12	290,41	1.223.241,76
2.1.2006	95303	Transp. (usina/local de aplicação) com caminhão basculante 10 m³ de massa asf. a quente para pavimentação urbana.	m³xkm	22.464,63	1,08	24.261,80
2.1.2007	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia pavimentada (Brita p/ CBUQ).	txkm	108.850,73	0,33	35.920,74
					<b>Sub Total</b>	<b>1.635.943,60</b>
<b>2.2</b>	<b>Sinalização Horizontal</b>					
2.2.2001	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa contínua).	m²	533,27	12,92	6.889,84
2.2.2002	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa tracejada).	m²	251,4	12,92	3.248,08
2.2.2003	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação.	und	2.285,00	16,5	37.702,50
					<b>Sub Total</b>	<b>47.840,42</b>
					<b>Total Trecho 1</b>	<b>1.683.784,02</b>

Fonte: Autores (2022).

**Tabela 2 - Planilha orçamentária do município referente ao trecho 2 da Avenida Farquar**

Item	Composição	Serviço	Unid	Qtde	Unit	Total
<b>3.0</b>	<b>Avenida Farquar (Parte 2)</b>					
<b>3.1</b>	<b>Recapeamento em CBUQ</b>					
3.1.2001	4011479	Fresagem contínua de revestimento betuminoso (espessura de 0,02m).	m³	201,55	35,49	7.153,00
3.1.2002	95875	Transp. (Trecho/SEMOB) de material fresado, (caminhão basculante de 10 m³), em via urbana pavimentada, DMT até 30 km.	m³xkm	3.103,80	1,2	3.724,56
3.1.2003	72943	Pintura de ligação com emulsão RR-2C.	m²	10.077,28	1,92	19.348,37
3.1.2004	2.1.2004	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento com espessura de 5,0 cm - Exclusive Transporte. AF_03/2017	m³	503,86	142,12	71.608,58
3.1.2005	72962	Usinagem de CBUQ com CAP 50/70, para capa de rolamento.	ton	1.209,27	290,41	351.184,10
3.1.2006	95303	Transp. (usina/local de aplicação) com caminhão basculante 10 m³ de massa asf. a quente para pavimentação urbana.	m³xkm	7.759,51	1,08	8.380,27
3.1.2007	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia pavimentada (Brita p/ CBUQ).	txkm	31.250,45	0,33	10.312,64
<b>Sub Total</b>						<b>471.711,52</b>
<b>3.2</b>	<b>Sinalização Horizontal</b>					
3.2.2001	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa contínua).	m²	163,18	12,92	2.108,28
3.2.2002	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa tracejada).	m²	86,4	12,92	1.116,28
3.2.2003	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação	und	852,00	16,5	14.058,00
<b>Sub Total</b>						<b>17.282,56</b>
<b>Total Trecho 1.2</b>						<b>488.994,08</b>

Fonte: Autores (2022).

**Tabela 3 - Planilha orçamentária do município referente ao trecho da Avenida Amazonas**

Item	Composição	Serviço	Unid	Qtde	Unit	Total
<b>18.0</b>	<b>Avenida Amazonas</b>					
<b>18.1</b>	<b>Recapeamento em CBUQ</b>					
18.1.2001	4011479	Fresagem contínua de revestimento betuminoso (espessura de 0,02m).	m³	1.557,87	35,49	55.288,80
18.1.2002	95875	Transp. (Trecho/SEMOB) de material fresado, (caminhão basculante de 10 m³), em via urbana pavimentada, DMT até 30 km.	m³xkm	7.789,35	1,2	9.347,22
18.1.2003	72943	Pintura de ligação com emulsão RR-2C.	m²	77.893,49	1,92	149.555,50
18.1.2004	2.1.2004	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento com espessura de 5,0 cm - Exclusive Transporte. AF_03/2017	m³	3.894,67	142,12	553.510,50
18.1.2005	72962	Usinagem de CBUQ com CAP 50/70, para capa de rolamento.	ton	9.347,22	290,41	2.714.526,16
18.1.2006	95303	Transp. (usina/local de aplicação) com caminhão basculante 10 m³ de massa asf. a quente para pavimentação urbana.	m³xkm	19.473,37	1,08	21.031,23

18.1.2007	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada (Brita p/ CBUQ).	txkm	241.553,88	0,33	79.712,78
<b>Sub Total</b>						<b>3.582.972,19</b>
<b>18.2</b>	<b>Sinalização Horizontal</b>					
18.2.2001	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa contínua).	m <sup>2</sup>	1.154,40	12,92	14.914,84
18.2.2002	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa tracejada).	m <sup>2</sup>	652	12,92	8.423,84
18.2.2003	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação.	und	6.299,00	16,5	103.933,50
<b>Sub Total</b>						<b>127.272,18</b>
<b>Total Trecho 17</b>						<b>3.710.244,37</b>

Fonte: Autores (2022).

**Tabela 4 - Planilha orçamentária da licitante ganhadora referente ao trecho da rua Tenreiro Aranha**

Item	Composição	Serviço	Unid	Qtde	Unit	Total
<b>23.0</b>	<b>Rua Tenreiro Aranha</b>					
<b>23.1</b>	<b>Recapeamento em CBUQ</b>					
23.1.2001	4011479	Fresagem contínua de revestimento betuminoso (espessura de 0,02m).	m <sup>3</sup>	536,87	35,49	19.053,51
23.1.2002	95875	Transp. (Trecho/SEMOB) de material fresado, (caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> ), em via urbana pavimentada, DMT até 30 km.	m <sup>3</sup> xkm	6.710,94	1,2	8.053,12
23.1.2003	72943	Pintura de ligação com emulsão RR-2C.	m <sup>2</sup>	26.843,75	1,92	51.540,00
23.1.2004	2.1.2004	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento com espessura de 5,0 cm - Exclusive Transporte. AF_03/2017	m <sup>3</sup>	1.342,19	142,12	190.752,04
23.1.2005	72962	Usinagem de CBUQ com CAP 50/70, para capa de rolamento.	ton	3.221,25	290,41	935.483,21
23.1.2006	95303	Transp. (usina/local de aplicação) com caminhão basculante 10 m <sup>3</sup> de massa asf. a quente para pavimentação urbana.	m <sup>3</sup> xkm	16.777,34	1,08	18.119,52
23.1.2007	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada (Brita p/ CBUQ).	txkm	83.244,60	0,33	27.470,71
<b>Sub Total</b>						<b>1.250.472,11</b>
<b>23.2</b>	<b>Sinalização Horizontal</b>					
23.2.2001	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa contínua).	m <sup>2</sup>	551,78	12,92	7.128,99
23.2.2002	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa tracejada).	m <sup>2</sup>	98	12,92	1.266,16
23.2.2003	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação.	und	1.411,00	16,5	23.281,50
<b>Sub Total</b>						<b>31.676,65</b>
<b>Total Trecho 22</b>						<b>1.282.148,76</b>

Fonte: Autores (2022).

Nas Tabelas 5 e 6 são mostrados os valores atualizados pelo orçamento da licitante ga-

nhadora referente à Avenida Farquar.

**Tabela 5 - Planilha orçamentária atualizada pelo orçamento da licitante ganhadora referente ao trecho 1 da Avenida Farquar**

Item	Composição	Serviço	Unid	Qtde	Unit	Total
<b>2.0</b>	<b>Avenida Farquar (Parte 1)</b>					
<b>2.1</b>	<b>Recapeamento em CBUQ</b>					
2.1.2001	4011479	Fresagem contínua de revestimento betuminoso (espessura de 0,02m).	m³	702,02	35,45	24.886,60
2.1.2002	95875	Transp. (Trecho/SEMOB) de material fresado, (caminhão basculante de 10 m³), em via urbana pavimentada, DMT até 30 km.	m³xkm	8.985,85	1,19	10.693,16
2.1.2003	72943	Pintura de ligação com emulsão RR-2C.	m²	35.100,99	1,9	66.691,88
2.1.2004	2.1.2004	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento com espessura de 5,0 cm - Exclusive Transporte. AF_03/2017	m³	1.755,05	139,19	244.285,40
2.1.2005	72962	Usinagem de CBUQ com CAP 50/70, para capa de rolamento.	ton	4.212,12	290,27	1.222.652,07
2.1.2006	95303	Transp. (usina/local de aplicação) com caminhão basculante 10 m³ de massa asf., a quente para pavimentação urbana.	m³xkm	22.464,63	1,07	24.037,15
2.1.2007	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia pavimentada (Brita p/ CBUQ).	txkm	108.850,73	0,33	35.920,74
					<b>Sub Total</b>	<b>1.629.167,00</b>
<b>2.2</b>	<b>Sinalização Horizontal</b>					
2.2.2001	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa contínua).	m²	533,27	12,74	6.793,85
2.2.2002	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa tracejada).	m²	251,4	12,74	3.202,83
2.2.2003	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação.	und	2.285,00	16,47	37.633,95
					<b>Sub Total</b>	<b>47.630,63</b>
					<b>Total Trecho 1</b>	<b>1.676.797,63</b>

Fonte: Autores (2022).

**Tabela 6 - Planilha orçamentária atualizada pelo orçamento da licitante ganhadora referente ao trecho 2 da Avenida Farquar**

Item	Composição	Serviço	Unid	Qtde	Unit	Total
<b>3.0</b>	<b>Avenida Farquar (Parte 2)</b>					
<b>3.1</b>	<b>Recapeamento em CBUQ</b>					
3.1.2001	4011479	Fresagem contínua de revestimento betuminoso (espessura de 0,02m).	m³	201,55	35,45	7.144,94
3.1.2002	95875	Transp. (Trecho/SEMOB) de material fresado, (caminhão basculante de 10 m³), em via urbana pavimentada, DMT até 30 km.	m³xkm	3.103,80	1,19	3.693,52
3.1.2003	72943	Pintura de ligação com emulsão RR-2C.	m²	10.077,28	1,9	19.146,83
3.1.2004	2.1.2004	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento com espessura de 5,0 cm - Exclusive Transporte. AF_03/2017	m³	503,86	139,19	70.132,27
3.1.2005	72962	Usinagem de CBUQ com CAP 50/70, para capa de rolamento.	ton	1.209,27	290,27	351.014,80

3.1.2006	95303	Transp. (usina/local de aplicação) com caminhão basculante 10 m <sup>3</sup> de massa asf. a quente para pavimentação urbana.	m <sup>3</sup> xkm	7.759,51	1,07	8.302,67
3.1.2007	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada (Brita p/ CBUQ).	txkm	31.250,45	0,33	10.312,64
					<b>Sub Total</b>	<b>469.747,67</b>
<b>3.2</b>		<b>Sinalização Horizontal</b>				
3.2.2001	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa contínua).	m <sup>2</sup>	163,18	12,74	2.078,91
3.2.2002	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa tracejada).	m <sup>2</sup>	86,4	12,74	1.100,73
3.2.2003	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação.	und	852	16,47	14.032,44
					<b>Sub Total</b>	<b>17.212,08</b>
					<b>Total Trecho 1.2</b>	<b>486.959,75</b>

Fonte: Autores (2022).

**Tabela 7- Planilha orçamentária atualizada pelo orçamento da licitante ganhadora referente ao trecho da Avenida Amazonas**

Item	Composição	Serviço	Unid	Qtde	Unit	Total
<b>18.0</b>		<b>Avenida Amazonas</b>				
<b>18.1</b>		<b>Recapeamento em CBUQ</b>				
18.1.2001	4011479	Fresagem contínua de revestimento betuminoso (espessura de 0,02m).	m <sup>3</sup>	1.557,87	35,45	55.226,49
18.1.2002	95875	Transp. (Trecho/SEMOB) de material fresado, (caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> ), em via urbana pavimentada, DMT até 30 km.	m <sup>3</sup> xkm	7.789,35	1,19	9.269,32
18.1.2003	72943	Pintura de ligação com emulsão RR-2C.	m <sup>2</sup>	77.893,49	1,9	147.997,63
18.1.2004	2.1.2004	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento com espessura de 5,0 cm – Exclusive Transporte. AF_03/2017	m <sup>3</sup>	3.894,67	139,19	542.099,11
18.1.2005	72962	Usinagem de CBUQ com CAP 50/70, para capa de rolamento.	ton	9.347,22	290,27	2.713.217,54
18.1.2006	95303	Transp. (usina/local de aplicação) com caminhão basculante 10 m <sup>3</sup> de massa asf., a quente para pavimentação urbana.	m <sup>3</sup> xkm	19.473,37	1,07	20.836,50
18.1.2007	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada (Brita p/ CBUQ).	txkm	241.553,88	0,33	79.712,78
					<b>Sub Total</b>	<b>3.568.359,37</b>
<b>18.2</b>		<b>Sinalização Horizontal</b>				
18.2.2001	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa contínua).	m <sup>2</sup>	1.154,40	12,74	14.707,05
18.2.2002	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa tracejada).	m <sup>2</sup>	652	12,74	8.306,48
18.2.2003	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação.	und	6.299,00	16,47	103.744,53
					<b>Sub Total</b>	<b>126.758,06</b>
					<b>Total Trecho 17</b>	<b>3.695.117,43</b>

Fonte: Autores (2022).

**Tabela 8 - Planilha orçamentária atualizada pelo orçamento da licitante ganhadora referente ao trecho da rua Tenreiro Aranha**

Item	Composição	Serviço	Unid	Qtde	Unit	Total
<b>23.0</b>	<b>Rua Tenreiro Aranha</b>					
<b>23.1</b>	<b>Recapeamento em CBUQ</b>					
23.1.2001	4011479	Fresagem contínua de revestimento betuminoso (espessura de 0,02m).	m³	536,87	35,45	19.032,04
23.1.2002	95875	Transp. (trecho/SEMOB) de material fresado, (caminhão basculante de 10 m³), em via urbana pavimentada, DMT até 30 km.	m³xkm	6.710,94	1,19	7.986,01
23.1.2003	72943	Pintura de ligação com emulsão RR-2C.	m²	26.843,75	1,9	51.003,12
23.1.2004	2.1.2004	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento com espessura de 5,0 cm - Exclusive Transporte. AF_03/2017	m³	1.342,19	139,19	186.819,42
23.1.2005	72962	Usinagem de CBUQ com CAP 50/70, para capa de rolamento.	ton	3.221,25	290,27	935.032,23
23.1.2006	95303	Transp. (usina/local de aplicação) com caminhão basculante 10 m³ de massa asf. a quente para pavimentação urbana.	m³xkm	16.777,34	1,07	17.951,75
23.1.2007	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia pavimentada (Brita p/ CBUQ).	txkm	83.244,60	0,33	27.470,71
<b>Sub Total</b>						<b>1.245.295,28</b>
<b>23.2</b>	<b>Sinalização Horizontal</b>					
23.2.2001	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa contínua).	m²	551,78	12,74	7.029,67
23.2.2002	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa tracejada).	m²	98	12,74	1.248,52
23.2.2003	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação.	und	1.411,00	16,47	23.239,17
<b>Sub Total</b>						<b>31.517,36</b>
<b>Total Trecho 22</b>						<b>1.276.812,64</b>

Fonte: Autores (2022).

Nas Tabelas 9 e 10 são mostrados o valor atualizado por preços de mercado nos anos de 2021 e 2022 referente à Avenida Farquar.

**Tabela 9 - Planilha orçamentária atualizada por preços de mercado referente ao trecho 1 da Avenida Farquar**

Item	Composição	Serviço	Unid	Qtde	Unit	Total
<b>2.0</b>	<b>Avenida Farquar (Parte 1)</b>					
<b>2.1</b>	<b>Recapeamento Em CBUQ</b>					
2.1.2001	4011479	Fresagem contínua de revestimento betuminoso (espessura de 0,02m).	m³	702,02	20,99	14.735,40
2.1.2002	95875	Transp. (trecho/SEMOB) de material fresado, (caminhão basculante de 10 m³), em via urbana pavimentada, DMT até 30 km.	m³xkm	8.985,85	0,44	3.953,77
2.1.2003	72943	Pintura de ligação com emulsão RR-2C.	m²	35.100,99	2,99	104.951,96
2.1.2004	2.1.2004	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento com espessura de 5,0 cm - Exclusive Transporte. AF_03/2017	m³	1.755,05	85,75	150.495,54
2.1.2005	72962	Usinagem de CBUQ com CAP 50/70, para capa de rolamento	ton	4.212,12	475,06	2.001.009,73

2.1.2006	95303	Transp. (usina/local de aplicação) com caminhão basculante 10 m³ de massa asf., a quente para pavimentação urbana.	m³xkm	22.464,63	0,37	8.311,91
2.1.2007	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia pavimentada (Brita p/ CBUQ).	txkm	108.850,73	0,13	14.150,59
<b>Sub Total</b>						<b>2.297.608,91</b>
<b>2.2</b>	<b>Sinalização Horizontal</b>					
2.2.2001	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa contínua).	m²	533,27	29,56	15.763,46
2.2.2002	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa tracejada).	m²	251,4	29,56	7.431,38
2.2.2003	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação.	und	2.285,00	7,29	16.657,65
<b>Sub Total</b>						<b>39.852,50</b>
<b>Total Trecho 1</b>						<b>2.337.461,40</b>

Fonte: Autores (2022).

**Tabela 10 - Planilha orçamentária atualizada por preços de mercado referente ao trecho 2 da Avenida Farquar**

Item	Composição	Serviço	Unid	Qtde	Unit	Total
<b>3.0</b>	<b>Avenida Farquar (Parte 2)</b>					
<b>3.1</b>	<b>Recapeamento em CBUQ</b>					
3.1.2001	4011479	Fresagem contínua de revestimento betuminoso (espessura de 0,02m).	m³	201,55	20,99	4.230,53
3.1.2002	95875	Transp. (trecho/SEMOB) de material fresado, (caminhão basculante de 10 m³), em via urbana pavimentada, DMT até 30 km.	m³xkm	3.103,80	0,44	1.365,67
3.1.2003	72943	Pintura de ligação com emulsão RR-2C.	m²	10.077,28	2,99	30.131,07
3.1.2004	2.1.2004	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento com espessura de 5,0 cm - Exclusive Transporte. AF_03/2017	m³	503,86	85,75	43.206,00
3.1.2005	72962	Usinagem de CBUQ com CAP 50/70, para capa de rolamento.	ton	1.209,27	475,06	574.475,81
3.1.2006	95303	Transp. (usina/local de aplicação) com caminhão basculante 10 m³ de massa asf., a quente para pavimentação urbana.	m³xkm	7.759,51	0,37	2.871,02
3.1.2007	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia pavimentada (Brita p/ CBUQ).	txkm	31.250,45	0,13	4.062,56
<b>Sub total</b>						<b>660.342,65</b>
<b>3.2</b>	<b>Sinalização Horizontal</b>					
3.2.2001	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa contínua).	m²	163,18	29,56	4.823,60
3.2.2002	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa tracejada).	m²	86,4	29,56	2.553,98
3.2.2003	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação.	und	852	7,29	6.211,08
<b>Sub Total</b>						<b>13.588,66</b>
<b>Total Trecho 1.2</b>						<b>673.931,32</b>

Fonte: Autores (2022).

**Tabela 11 - Planilha orçamentária atualizada por preços de mercado referente ao trecho da Avenida Amazonas**

Item	Composição	Serviço	Unid	Qtde	Unit	Total
<b>18.0</b>	<b>Avenida Amazonas</b>					
<b>18.1</b>	<b>Recapeamento em CBUQ</b>					
18.1.2001	4011479	Fresagem contínua de revestimento betuminoso (espessura de 0,02m)	m³	1.557,87	20,99	32.699,69
18.1.2002	95875	Transp. (trecho/SEMOB) de material fresado, (caminhão basculante de 10 m³), em via urbana pavimentada, DMT até 30 km	m³xkm	7.789,35	0,44	3.427,31
18.1.2003	72943	Pintura de ligação com emulsão RR-2C	m²	77.893,49	2,99	232.901,54
18.1.2004	2.1.2004	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento com espessura de 5,0 cm - EXCLUSIVE TRANSPORTE. AF_03/2017	m³	3.894,67	85,75	333.967,95
18.1.2005	72962	Usinagem de CBUQ com CAP 50/70, para capa de rolamento	ton	9.347,22	475,06	4.440.490,33
18.1.2006	95303	Transp. (usina/local de aplicação) com caminhão basculante 10 m³ de massa asf., a quente para pavimentação urbana	m³xkm	19.473,37	0,37	7.205,15
18.1.2007	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia pavimentada (Brita p/ CBUQ)	txkm	241.553,88	0,13	31.402,00
<b>Sub Total</b>						<b>5.082.093,98</b>
<b>18.2</b>	<b>Sinalização Horizontal</b>					
18.2.2001	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa contínua).	m²	1.154,40	29,56	34.124,06
18.2.2002	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorrefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa tracejada).	m²	652	29,56	19.273,12
18.2.2003	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação.	und	6.299,00	7,29	45.919,71
<b>Sub Total</b>						<b>99.316,89</b>
<b>Total Trecho 17</b>						<b>5.181.410,87</b>

Fonte: Autores (2022).

**Tabela 12 - Planilha orçamentária atualizada por preços de mercado referente ao trecho da rua Tenreiro Aranha**

Item	Composição	Serviço	Unid	Qtde	Unit	Total
<b>23.0</b>	<b>Rua Tenreiro Aranha</b>					
<b>23.1</b>	<b>Recapeamento em CBUQ</b>					
23.1.2001	4011479	Fresagem contínua de revestimento betuminoso (espessura de 0,02m).	m³	536,87	20,99	11.268,90
23.1.2002	95875	Transp. (TRECHO/SEMOB) de material fresado, (caminhão basculante de 10 m³), em via urbana pavimentada, DMT até 30 km.	m³xkm	6.710,94	0,44	2.952,81
23.1.2003	72943	Pintura de ligação com emulsão RR-2C.	m²	26.843,75	2,99	80.262,81
23.1.2004	2.1.2004	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento com espessura de 5,0 cm - Exclusive Transporte. AF_03/2017	m³	1.342,19	85,75	115.092,79
23.1.2005	72962	Usinagem de CBUQ com CAP 50/70, para capa de rolamento.	ton	3.221,25	475,06	1.530.287,03
23.1.2006	95303	Transp. (usina/local de aplicação) com caminhão basculante 10 m³ de massa asf., a quente para pavimentação urbana.	m³xkm	16.777,34	0,37	6.207,62
23.1.2007	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia pavimentada (Brita p/ CBUQ).	txkm	83.244,60	0,13	10.821,80

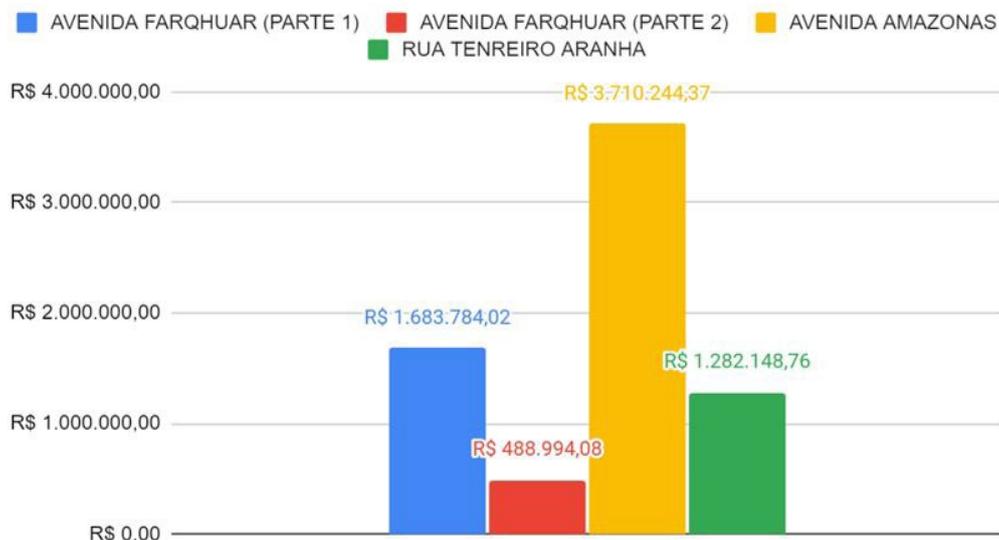
						Sub Total	1.756.893,76	
23.2	<b>Sinalização Horizontal</b>							
23.2.2001	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa contínua).	m²	551,78	29,56	16.310,62		
23.2.2002	72947	Sinalização horizontal com tinta retrorefletiva a base de resina acrílica com microesferas de vidro (faixa tracejada).	m²	98	29,56	2.896,88		
23.2.2003	5213360	Tacha refletiva bidirecional - fornecimento e colocação.	und	1.411,00	7,29	10.286,19		
						<b>Sub Total</b>	<b>29.493,69</b>	
						<b>Total Trecho 22</b>	<b>1.786.387,45</b>	

Fonte: Autores (2022).

Conforme observado nas tabelas anteriores, verifica-se que os valores finais se encontram mais elevados em todos os trechos no preço avaliado de mercado e, conseqüentemente, o preço da licitante vem a ser menor que o valor estipulado pelo município, visto que para que seja a vencedora da licitação, a empresa necessita ter o melhor preço entre os parâmetros encontrados na Lei 8666/93.

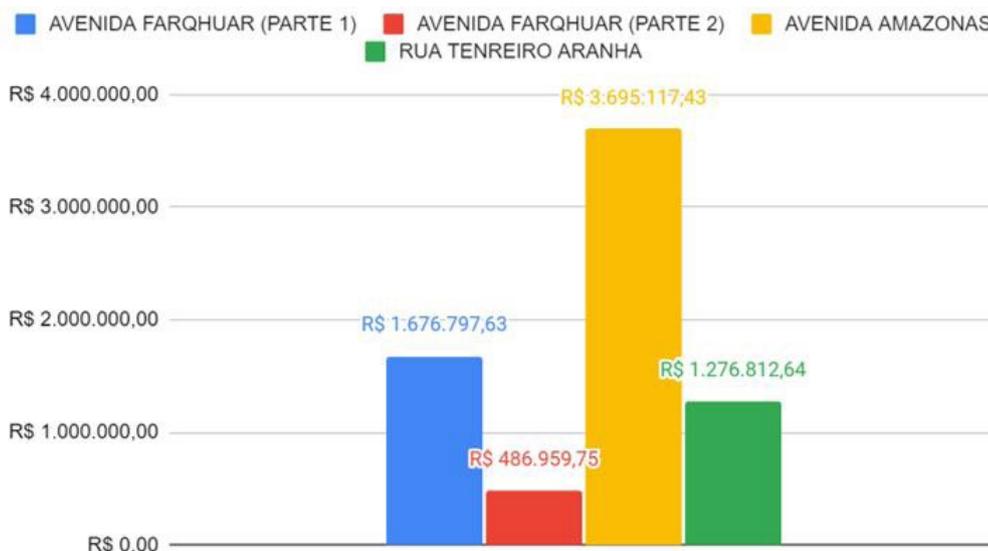
Nas Figuras 3, 4 e 5 são apresentados os comparativos entre os preços dos trechos selecionados para a comparação dos valores, igualmente são apresentados nas Figuras 6 e 7, o comparativo em porcentagem dos preços do orçamento do município e da licitante em comparação com preços coletados no mercado.

**Figura 3 - Comparativo entre trechos do orçamento do município**



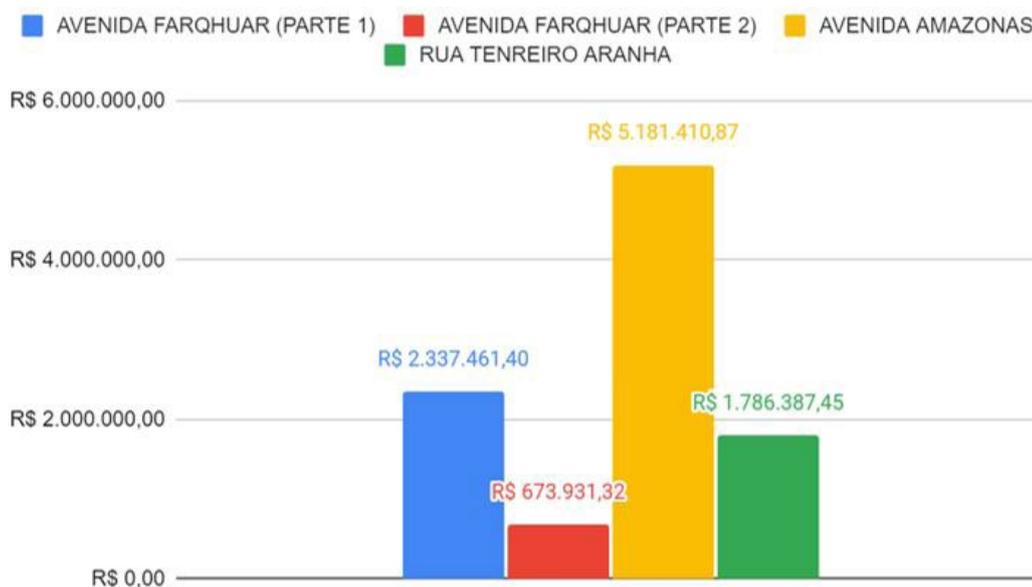
Fonte: Autores (2022).

**Figura 4 - Comparativo entre trechos do orçamento atualizado pela licitante ganhadora**



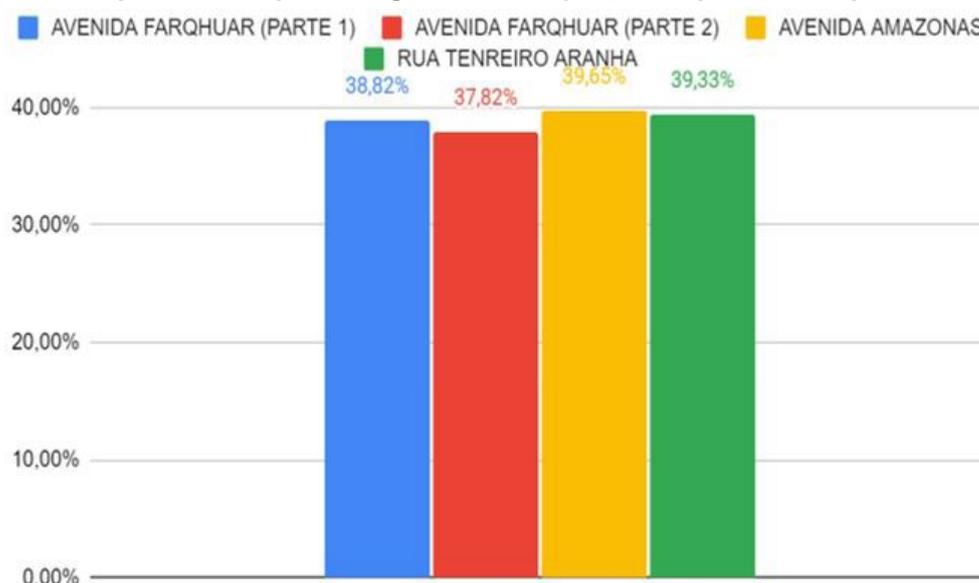
Fonte: Autores (2022).

**Figura 5 - Comparativo entre trechos do orçamento de Preço de Mercado**



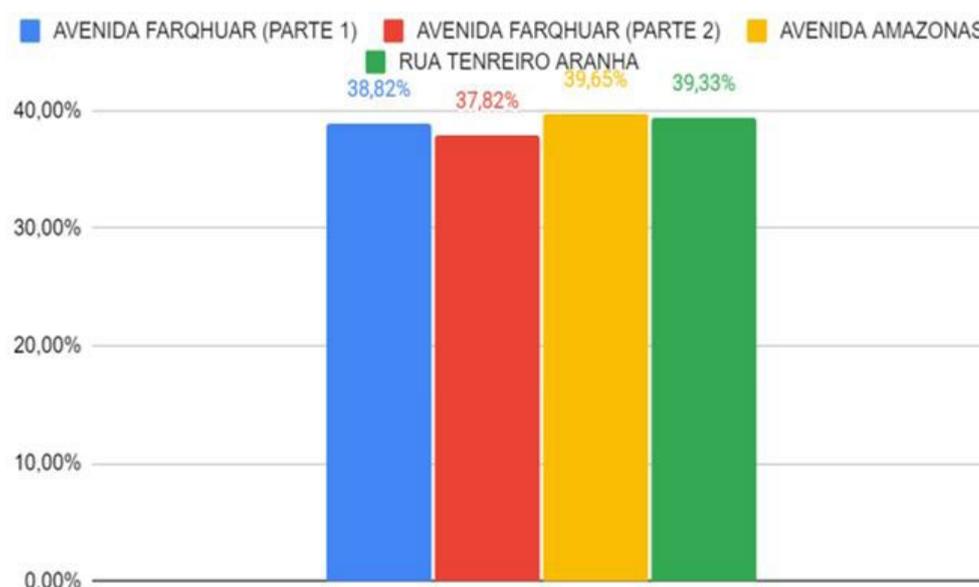
Fonte: Autores (2022).

**Figura 6 - Comparativo em porcentagem entre os preços da prefeitura e preços de mercado**



Fonte: Autores (2022).

**Figura 7 - Comparativo em porcentagem entre os preços da licitante e preços de mercado**



Fonte: Autores (2022).

Analisando as Figuras é possível observar que o preço de mercado se encontra mais elevado que o preço ganho licitado pela empresa responsável pela execução desta licitação, onde pelos 4 trechos o preço proposto pela licitante com o total R\$7.135.687,45 onde o preço dos 4 trechos pelo orçamento de preço de mercado fica por R\$9.979.191,04 com um prejuízo estipulado de 39,85% para a empresa responsável.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho, teve como objetivo principal comparar os valores de orçamentos para execução do serviço de pavimentação asfáltica no município de Porto Velho/RO, orçados pelo próprio município e pela licitante ganhadora da licitação de edital concorrência nº 001-2019-sml-pvh e o valor de mercado dos diferentes serviços.

Como pode ser observado neste trabalho, as planilhas desenvolvidas para procedimento em licitações públicas podem estar em desacordo com a realidade, visto que os valores recolhidos em mercado são oscilantes, a depender do período que se registra a cotação, ficando a critério das empresas que buscam pelo favorecimento em licitação entender os riscos que podem estar envolvidas nessas licitações.

Com isto em vista, se faz necessária a busca pelos preços dos itens envolvidos na execução de cada serviço, buscando obter o máximo lucro possível, sem que por ventura venha a ter prejuízos não calculados.

## REFERÊNCIAS

ROCHA, L. F. F. A importância do orçamento na construção civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

LIMMER, C. V. Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editoras S.A, 1997.

SINAPI: Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil / Caixa Econômica Federal. – 8ª Ed. – Brasília: CAIXA, 2020.

TAVES, G. G. Engenharia de Custo Aplicado à Construção Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

VIEIRA, A. B.; NOGUEIRA, L. Construção civil: crescimento versus custos de produção civil. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão, v. 13, p. 366, 2018.

XAVIER, I. Orçamento, planejamento e custos de obras. Apostila do curso da Fundação de Apoio da Pesquisa Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

# A resiliência dos recursos hídricos, à reflexão da preservação e produção de água nas nascentes, através do Programa Agrinho, no município de Naviraí-MS

---

**Valdete de Souza Silva**

*Universidade Estadual de Mato grosso do Sul – UEMS*

**Alzira Aparecida da Silva**

*Faculdade de ciências e filosofia de Mandaguari*

**Alini Muratori Barbosa**

*Universidade da Grande Dourados - UNIGRAN*

**Catieli Schneider Bock**

*Universidade Paranaense - UNIPAR*

**Carla Fabiana Peters**

*Universidade anhanguera polo Naviraí – MS*

**Daniele Bianchi de Oliveira**

*Universidade da Grande Dourados - UNIGRAN*

**Katia Alessandra Burci**

*Universidade anhanguera polo Naviraí – MS*

**Katia Paulino da Silva**

*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul –UFMS*

**Luany Teodoro de Oliveira**

*Universidade anhanguera polo Naviraí – MS*

**Rosângela Ludwig Capatto**

*Claretiano centro universitário -CEUCLAR*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.111.12

## RESUMO

Este estudo tem como temática: “A resiliência dos Recursos Hídricos, à reflexão da preservação e produção de água através do Programa Agrinho no município de Naviraí-MS”. Neste contexto nota-se o conjunto das atividades humanas, cada vez mais diversificado, geram alterações no meio, ocasionando desequilíbrios, ou seja, provocam novos equilíbrios, diferentes do que existia anteriormente, o que leva a danos a natureza. Dessa forma o nosso objetivo é conscientizar e estimular o educando a conhecer a importância da preservação dos recursos hídricos, propondo conhecimento, de como investir na recuperação de áreas de preservação de nascentes, produzindo água em abundância. O presente estudo foi desenvolvido com ações educativas junto aos alunos do 7º ano do Ensino fundamental da escola de municipal ensino fundamental Maria de Lourdes Aquino Sotana, através de métodos ativos, palestras, etc. sobre os problemas ambientais relativos à preservação dos recursos hídricos e sobre a necessidade de proteção da mata ciliar, na proposta de que este trabalho seja um iniciativa para os demais anos possam agir como multiplicadores de informações a respeito do tema. O presente trabalho aflorou através de uma reflexão, proporcionada pelo Programa Agrinho, onde discutimos diversos problemas voltados à produção de água no campo. No primeiro momento, os educandos foram instigados a refletir a partir das seguintes perguntas norteadoras: a) Quais os problemas causados pelo desmatamento dos recursos hídricos? b) Quais os processos que originam uma nascente de água? c) Quais as etapas do ciclo hidrológico? d) Por que e como as nossas ações, interfere nesse ciclo e nas nascentes? Essa conscientização envolve dois aspectos fundamentais: a compreensão do indivíduo de que ele é parte integrante do ambiente e, que suas ações podem alterar o meio em que vive; e um segundo aspecto, ele atua como participante da sociedade, expondo suas ideias e compartilhando de direitos e deveres. Abordamos o tema por meio de leituras de textos informativos, artigos científicos, palestras, documentários, gibis e revistas Agrinho/MS e de diversas tecnologias onde debatemos assunto relevantes ao tema, propondo conhecimento a todos os educandos. Portanto, a educação ambiental desperta no educando a consciência de preservação e de cidadania.

**Palavras-chave:** educação. meio ambiente. preservação.

## INTRODUÇÃO

Este estudo tem como temática: “A resiliência dos Recursos Hídricos, à reflexão da preservação e produção de água através do Programa Agrinho no município de Naviraí-MS”. Neste contexto nota-se o conjunto das atividades humanas, cada vez mais diversificadas, geram alterações no meio, ocasionando desequilíbrios, ou seja, provocam novos equilíbrios, diferentes do que existia anteriormente, o que leva a danos à natureza. O resultado destes desequilíbrios é consequência das atividades humanas, através da poluição ou contaminação do meio ambiente.

As atividades antropogênicas, como desmatar irracionalmente ou mesmo a retirada da mata ciliar ao longo das margens dos cursos de água, vêm prejudicando e alterando as leis básicas da natureza (TOWNSEND, 1994). O desmatamento excessivo pode secar nascentes e, às vezes, até rios inteiros. “Ocorrem que sem as árvores para realizar a evapotranspiração, o ciclo hidrológico fica reduzido, comprometendo o regime de chuvas; conseqüentemente, diminui a renovação dos lençóis freáticos e o escoamento superficial de rios e riachos” (TOWNSEND, 1994).

Dos mais diversos tipos de formações florestais encontram-se os de Matas Ciliares que

podem ser considerados como formações vegetais que percorrem ao longo das margens dos cursos de água, cuja função é proteger os recursos hídricos e manter a qualidade destes, em equilíbrio constante com a fauna e flora existente na região, desse modo, exercer a função de proteger os rios, influenciando-os na qualidade da água, na manutenção do ciclo hidrológico nas bacias hidrográficas, evitando o processo de erosão das margens e o assoreamento do leito dos mesmos.

Apesar da relevância das matas ciliares, este recurso vem sendo degradado e perturbado. Mesmo protegidas por lei, as matas ciliares vêm sendo destruídas por meio das ações antrópicas (madeireiros, agricultores, pecuaristas, indústrias) que as desmatam para a utilização da madeira, queimam para a geração de energia, implantando roças e pastagens. Diante deste cenário instauram-se inúmeros problemas, como decapeamento de solos, propensão à erosão, assoreamento do leito do rio, risco de secar as nascentes, aumento da possibilidade de inundações e poluição das águas pela presença de resíduos adversos.

A água e o homem têm uma relação íntima, e o ciclo hidrológico representa a circulação ou movimento das águas de um meio para outro na terra. Este ciclo é quebrado, como já citado, pela ação do homem, isso vem ao longo dos anos prejudicando na produção de água nos campos. Precisamos repensar nossas ações, buscando reflorestar e preservar primeiramente as florestas que são o sustentáculo da vida na Terra.

Primeiramente, nós professores recebemos formação da equipe pedagógica do Programa Agrinho, onde apresentou uma proposta pedagógica baseada em visão complexa, na inter e transdisciplinaridade e na pedagogia da pesquisa, com professores capacitados e comprometidos somente em preparar ações educativas sobre os problemas ambientais.

Os educandos terão mais oportunidades para desenvolver hábitos de defesa e conservação do meio ambiente. A ação do professor é fundamental, pois é ele quem proporciona aos alunos as condições necessárias à mudança de comportamento, no que diz respeito ao que se espera deles, tornando-os cidadãos conscientes da importância das suas atitudes, em relação à preservação da natureza e de atuarem como multiplicadores no ambiente em que vivem.

A escola educa, mas, além disso, é responsável pela sociedade. A educação ambiental é uma forma abarcante de educação, através de um processo pedagógico participativo que procura infiltrar no aluno uma consciência crítica sobre os problemas do ambiente.

É indiscutível a necessidade de conservação e defesa do meio ambiente.

Vale ressaltar-se, que os indivíduos necessitam ser conscientizados e, para que esta tomada de consciência se alastre entre presentes e futuras gerações, dessa maneira, torna-se importante que se trabalhe a questão ambiental dentro e fora da escola.

Por meio da participação da sociedade é possível ampliar a relação educação-ambiente, onde estamos inseridos e de que somos parte, buscando alternativas para os problemas socio-ambientais (LOUREIRO *et al.*, 2006, p.65).

Para que ocorra uma Educação Ambiental, é necessária que aconteça, em todas as práticas educativas, uma reflexão sobre as relações dos seres entre si, do ser humano com ele mesmo e com seus semelhantes (VASCONCELLOS, 1997).

Na literatura são reportados diversos autores que discutem a questão da educação ambiental como:

A Educação Ambiental é uma das ferramentas existentes para a sensibilização e capacitação da população em geral sobre os problemas ambientais. Com ela, busca-se desenvolver técnicas e métodos que facilitem o processo de tomada de consciência sobre a gravidade dos problemas ambientais e a necessidade urgente de nos debruçarmos seriamente sobre eles. (MARCATTO, 2002).

No entanto para se fazer Educação Ambiental, não basta só falar da mesma e não propor ações, devemos apresentar meios e condições para que realmente a Educação ambiental aconteça

O trabalho procura contextualizar o tema estudado, relacionando os assuntos, de certa forma, com a realidade dos educandos. Com o desenvolvimento deste projeto, apresenta uma situação que leva à reflexão, motivando e estimulando à busca de conhecimento, propondo uma visão ampla do tema abordado, despertando no aluno o interesse pela leitura de imagem, vídeos, livros, artigos, entre outros recursos a compreender a relação homem – natureza ao longo do tempo.

Diversos são os fatores que colaboram para que nascentes rios e lagos sequem, e, em todos eles, a mão do homem está presente, mesmo que indiretamente. Quando se derruba uma floresta é motivo para que uma nascente seque. Se a nascente secar, o rio ou o lago morre. Se o rio morre, é provável que a cidade tenha problema de abastecimento. Sem se pensar em um manje-o sustentável e a conservação do solo, o leito do rio fica propício a vários problemas ambientais (CAROLINO, 2002).

Considerando a importância da produção de água no campo, o que cada uma de nós podemos fazer para que esse bem maior seja preservado? Procuramos responder esta questão no decorrer do desenvolvimento deste trabalho, propondo para os envolvidos conhecimentos e mudanças de atitudes.

Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo Conscientizar e estimular o educando a conhecer à importância da preservação dos recursos hídricos, propondo conhecimento, de como investir na recuperação de áreas de preservação de nascentes, produzindo água em abundância. Com a finalidade averiguar as prováveis mudanças conceituais, procedimentais e atitudinais dos educandos, abrangendo também a instituição de ensino, que participou da experiência, no que diz respeito a produção de água no campo preservando esse recurso, por meio do conhecimento previamente transmitido, na forma de palestras, vídeos, trilha e excursão em nascentes da região de Naviraí, com o propósito de se viver em um ambiente mais sustentável.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Recursos hídricos importantes preservar

A água é o elemento fundamental da vida. Seus múltiplos usos são indispensáveis a um largo espectro das atividades humanas, onde se destacam, entre outros, o abastecimento público e industrial, a irrigação, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação, bem como a preservação da vida aquática. A crescente expansão demográfica e industrial

observada nas últimas décadas trouxe como consequência o comprometimento das águas dos rios, lagos e reservatórios. A falta de recursos financeiros nos países em desenvolvimento da aplicação de medidas corretivas para reverter à situação.

O desenvolvimento de projetos de Educação Ambiental, utilizando os recursos hídricos como unidade de ensino, faz com que acrescente conhecimentos sobre a percepção e a sensibilização ambiental.

A relação entre o meio ambiente e as atividades econômicas de indústrias, agronegócios e de subsistência do homem, acabam gerando impactos ambientais que por algumas vezes, não são levados em consideração quando é feita uma análise socioeconômica das atividades que os geram, (CARVALHO *et al.*, 2004).

Ao longo dos tempos, o desmatamento de encostas, das matas ciliares e o uso inadequado dos solos tem contribuído para a diminuição dos volumes e da qualidade da água, um bem natural insubstituível na vida dos seres vivos. Vale ressaltar que a quantidade de água que temos no planeta é sempre a mesma. Não existe fabricação de água. O que a natureza faz é reciclar a água no que chamamos de ciclo hidrológico, ou seja, o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes (superfície, solo e rocha) e na atmosfera. Esse movimento é alimentado pela força da gravidade e pela energia do Sol, que provocam a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes.

Diversos são os fatores que colaboram para que nascentes rios e lagos sequem, e, em todos eles, a mão do homem está presente, mesmo que indiretamente. Quando se derruba uma floresta é motivo para que uma nascente seque. Se a nascente secar, o rio ou o lago morre. Se o rio morre, é provável que a cidade tenha problema de abastecimento. Sem se pensar em um manje-o sustentável e a conservação do solo, o leito do rio fica propício a vários problemas ambientais.

O desmatamento e a ocupação irregular do solo devastam as áreas de cabeceira ou de recarga, responsáveis pelo reabastecimento dos lençóis freáticos, aquíferos e nascentes, o que contribui em grande parte com a redução da quantidade e da qualidade de água disponível no planeta. Essas localidades são cruciais para o reabastecimento dos lençóis freáticos, aquíferos, das nascentes e, conseqüentemente, dos rios.

Os recursos hídricos superficiais e os recursos hídricos subterrâneos são fundamentais para o homem, plantas e animais. “A água é responsável por nutrição das florestas, manter a produção agrícola e a biodiversidade nos sistemas terrestres e aquáticos (TUNDISI *et al.*, 2003, p. 15)”.

Na sociedade em que vivemos, água passou a ser vista como recurso hídrico e não mais como um bem natural, disponível para a existência humana e das demais espécies. Passamos a usá-la indiscriminadamente, encontrando sempre novos usos, sem avaliar as conseqüências ambientais em relação à quantidade e qualidade da água (BACCI *et al.*, 2008, p. 211).

Com o aumento populacional em escala mundial no último século, a intensidade da escassez aumentou em determinadas regiões do planeta, especialmente por fatores antrópicos ligados à ocupação do solo, à poluição e contaminação dos corpos de água superficiais e subterrâneos, (BACCI *et al.*, 2008, p. 211 ).

Vale ressaltar que a exploração dos recursos naturais ao longo dos tempos, dentre eles a água, de forma bastante agressiva e descontrolada, levou uma crise socioambiental bastante profunda. Hoje deparamos com uma situação na qual estamos ameaçados por essa crise, que vem se tomando mais graves problemas que enfrentamos nas últimas décadas.

Dessa forma, inicialmente devemos ter cuidados com a preservação das nascentes, pois, são as origens dos rios que abastecem nossas casas. Elas são manifestações superficiais de água armazenadas em reservatórios subterrâneos, chamados de aquíferos ou lençóis, que dão início a pequenos cursos d'água, que formam os córregos, se juntando para originar os riachos e dessa forma surgem os rios. Além da necessidade de conservação de nascentes e mananciais em propriedades rurais, podem ser adotadas algumas medidas de proteção do solo e da vegetação.

De modo geral desenvolvimento econômico e a complexidade da organização das sociedades humanas produziram inúmeras alterações no ciclo hidrológico e na qualidade da água, a qual é afetada até mesmo pelas atividades de cunho religioso, (TUNDISI *et al.*, 2006).

De acordo com Bustos (2003), a preservação dos recursos hídricos deve ser prioritária no sentido de manter a qualidade e quantidade das águas, garantindo a sobrevivência humana, honrando assim, nossas responsabilidades com as diversas formas de vida.

Nesta complexidade ambiental, o conhecimento é extremamente importante na construção de novos valores, novas autonomias, tanto no sentido de instigar as atitudes, bem como, de acentuar a compreensão das relações entre a humanidade e a qualidade ambiental, (TREVISOL *et al.*, 2010).

A decisão de abordar a educação ambiental discutindo a conservação e preservação dos cursos d'água a partir dessas dimensões se dá pelo fato de que sem elas não é possível enfrentar a fragmentação do conhecimento que predomina no ambiente escolar, impedido a análise integrada de problemas reais, dificultando a relação de conceitos, procedimentos e atitudes no cotidiano. Propondo ações educacionais que envolvem a comunidade em estratégias participativas de conservação e recuperação ambiental.

No que se refere à gestão dos recursos hídricos, o conhecimento da sociedade para a conservação dos corpos d'água é fundamental e, é garantida por meio da representação de usuários e das organizações não governamentais nos comitês de bacia, que debatem e expõem questões referentes à gestão das águas.

Nessa perspectiva, faz-se necessário compreender a relação homem – natureza ao longo do tempo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente estudo foi desenvolvido com ações educativas junto aos alunos do 7º ano do Ensino fundamental da escola de municipal ensino fundamental Maria de Lourdes Aquino Sotana, através de métodos ativos, palestras, etc. sobre os problemas ambientais relativos à preservação dos recursos hídricos e sobre a necessidade de proteção da mata ciliar, na proposta de que este trabalho seja uma iniciativa para que outros anos também possam usufruir dessa

conscientização e que os alunos envolvidos possam agir como multiplicadores de informações a respeito do tema.

Uma das tecnologias, aplicado aos alunos, foi o de estudo de textos informativos através mídias digitais, executado no decorrer do desenvolvimento do estudo, em sistema individual e em grupos, onde os alunos trabalhavam com os textos fazendo leitura, apresentação, debate, mesa redonda e outros tipos de exposição.

A realização ficou sob a responsabilidade da disciplina de ciência da natureza numa perspectiva interdisciplinar desenvolvendo o projeto recursos hídricos com grande desafio de estimular o aluno a assumir o protagonismo de sua aprendizagem, buscando articular as novas informações ao conhecimento já vivenciado por ele. A pesquisa foi desenvolvida na natureza exploratória, explicativa, sendo também realizado um estudo bibliográfico com o objetivo de encontrar conceitos e opiniões de diversos autores. Para obter as informações que foram à base da pesquisa, foi realizada uma análise dos dados, extraídos de diversos vídeos exposto aos mesmos, através de relatório e seminário construídos pelos próprios educandos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na comunidade escolar Maria de Lourdes. Aquino Sotana, implantamos o projeto A resiliência dos Recursos Hídricos, à reflexão da preservação e produção de água nas nascentes, através do Programa Agrinho, no município de Naviraí-MS, em uma proposta interdisciplinar, com a participação de professores gestores, bem como a sociedade de um modo geral.

Houve o ajuste das atividades e apresentamos alternativas, expondo a problemática ambiental, buscando soluções para minimizar os impactos provocados no meio ecológico.

O presente trabalho aflorou através de uma reflexão, proporcionada pelo Programa Agrinho, onde discutimos diversos problemas voltados à produção de água no campo.

Este é um projeto piloto, que tem pretensão de ter continuidade ao trabalho, com as demais turmas da referida escola.

A comunidade escolar fará parceria com a Secretaria do Meio Ambiente, de nossa cidade, no desenvolvimento de ações e prática ambiental, à recuperação e preservação das nascentes existentes em Naviraí – MS, além disso, o mesmo deve contribuir de maneira significativa para os discentes de todos os níveis de ensino.

O referido projeto vem ao encontro com o Programa de Educação Ambiental do consórcio intermunicipal de desenvolvimento da Região Sul de Mato Grosso do Sul – CONISUL onde a comunidade está inserida. É uma organização formada por um conjunto de pessoas que representam instituições que atuam em processos formativos permanentes e participativos com o interesse de contribuir em ações socioambientais dos municípios envolvidos.

No desenvolvimento do projeto, levei os educandos ao laboratório de Informática, mostrei os vídeos informativos, slogan, proposto pelo coordenador pedagógico Marcos do SENAR/AR-MS - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – ADMINISTRAÇÃO REGIONAL DE MATO GROSSO DO SUL em que ressaltavam o tema: Produzindo água no campo. O Agro Preservando o maior bem da Terra.

No primeiro momento, os educandos foram instigados a refletir a partir das seguintes perguntas norteadoras: a) Quais os problemas causados pelo desmatamento dos recursos hídricos? b) Quais os processos que originam uma nascente de água? c) Quais as etapas do ciclo hidrológico? d) Por que e como as nossas ações, interfere nesse ciclo e nas nascentes?

Essa conscientização envolve dois aspectos fundamentais: a compreensão do indivíduo de que ele é parte integrante do ambiente e, que suas ações podem alterar o meio em que vive; e um segundo aspecto, ele atua como participante da sociedade, expondo suas ideias e compartilhando de direitos e deveres.

Em seguida, ao final dos questionamentos sobre a importância de produzir água, apresentei ações, condições e meio de brotá-la, preservando-a.

Houve uma sucinta apresentação de slides, nos quais foram enfatizados alguns conceitos sobre o meio ambiente e a produção de água, bem como a importância de preservar esses recursos hídricos.

O tema foi abordado por meio de leituras de textos informativos, artigos científicos, documentos, gibis e revistas Agrinho/MS e de diversas tecnologias, propondo conhecimento a todos os educandos.

Através de vídeos, foi possível levar aos educandos o conhecimento e aprendizagem sobre a produção de água no campo com a participação dos pequenos produtores. Os vídeos mostravam a iniciativa dos produtores rurais de protegerem as nascentes de água, fazendo com que a mata ciliar aumentasse. Ainda nos vídeos, foi demonstrado a criação de barreira de conservação e proteção das nascentes, levando em conta a preservação do solo, permitindo que os rios e córregos aumentassem os seus níveis com água de boa qualidade.

Para que isso aconteça faz se necessário repensar nossas ações em replantar árvores próximas as nascentes criando um corredor verde de proteção a mesmas com a intenção de evitar que ocorra erosão, porque a própria vegetação nativa não deixa que a chuva provoque erosão a nascentes.

Para abordar o tema os educandos tiveram acesso a todos os materiais a qual foi trabalhado as questões ambientais do ponto de vista da natureza, e da cultura.

Foi promovida uma palestra com a geografa Kátia uma das colaboradoras do projeto recuperando a nascente do Cumandaí, onde os alunos tiveram oportunidade de ouvir algumas informações sobre educação ambiental e produção de água reforçando o tema do projeto e no final da palestra teve uma exposições de fotos e documento histórico da criação do Parque Cumandaí.

Em fase experimental, os educandos participaram de plantio de árvores no pátio da escola. Atividade esta que fez parte das 30 ações realizadas nos 30 anos da unidade escolar. Com finalidade de observar a importância de plantar uma muda para mudar o futuro. Começando dentro da escola, a desenvolver a percepção ambiental, e a consciência ecológica, no que tange a qualidade de vida das pessoas, propondo um ambiente alternativo ao desenvolvimento das atividades pedagógicas e de lazer, em épocas de calor forte.

Fizemos alguns passeios ecológicos fora da escola com o intuito dos educandos ter uma

percepção ambiental como se encontra o ambiente que os mesmos estão inseridos. Nestes passeios, percebe-se que os educandos não tinham nenhum conhecimento da realidade que o meio ambiente vem sofrendo ao longo do tempo.

Com a parceria do técnico ambiental João e os acadêmicos da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul foi possível aula de campo para conhecer a realidade do aterro sanitário da cidade, promovendo uma reflexão nos alunos e o quanto é importante preservar o meio em que vive.

Os alunos também tiveram aula de como reciclar para mudar o mundo, fazendo com que os materiais que são possíveis de reciclagem não fossem jogados na natureza, pois diversos componentes de nosso lixo diário podem ser reaproveitados, com isso diminui o desperdício dos recursos, além de proteger o solo. Entretanto poluição dos recursos naturais em geral pode e deve ser evitada quando cuidamos do destino dos nossos lixos.

Foi possível perceber através da trilha ecológica pelas nascentes de Naviraí, que os alunos amostrados do sétimo ano ensino fundamentais da escola Maria de Lourdes Aquino Sotana, possuem alguns desses conceitos básicos sobre a importância da água para a vida no planeta, mas conhecem muito pouco à respeito dos recursos hídricos de sua cidade. Dentre os que conhecem alguma nascente apenas citou a que situa no parque sucupira, isso pode ser pela sua localização, pois a mesma fica no centro da cidade, sendo que existem ainda outras.

Os educandos foram visitar as nascentes de água localizada no próprio município, para assim observá-la e de que maneira é constituído o ambiente ao redor dela, destacando que este é crucial para a nascente poder se desenvolver. O que os mesmos não sabiam como era os locais a qual visitou como, por exemplo, as três nascentes do Parque Sucupira surgiram após a ação do homem sobre suas matas, principalmente a que protegia suas nascentes, mata ciliar, onde a falta dela fez com que as águas das chuvas fizessem aflorar o lençol freático que antes era protegido pelas matas, assim sua nascente ficou exposta causando um grande buraco ao seu redor.

As águas do Córrego Sucupira, juntamente com outros pequenos rios formam a micro bacia hidrográficas que abastece o Rio Amambaí. As águas que antes corriam no córrego, antes da retirada de sua mata ciliar e a erosão, formavam um vale com correnteza e água limpa, que a população utilizava para suas necessidades.

Ao regressarem à escola, para finalizar as atividades, os alunos foram estimulados a buscar o passado e o presente, fazendo uma comparação e observando ao longo do tempo as transformação que estes ambientes sofreram e uma escrita, para que assim eles demonstrassem o que aprenderam e suas conclusões a respeito da temática.

Desta forma, apropriado de conhecimento, os educandos foi desafiado a desenvolver seminário e entrevista com moradores mais antigos da cidade em busca de um conhecimento das nascentes desde época da instalação das primeiras serrarias.

Os educando relataram informações colhidas dos entrevistados que apontam, em 1953, Naviraí sediou até 60 serrarias e o desmatamento foi quase total na região. Em 1985, o ciclo da madeira foi encerrando-se os exploradores de madeiras, os grandes pecuaristas e os agricultores transformaram a floresta nativa em pastagens e em áreas de agricultura.

Através de entrevista os moradores relatam sob a ocupação das margens do Córrego do Touro que ocorreu nas décadas de 1950 e 1960 com chácaras e sítios. Por falta de conhecimento sobre impactos ambientais a degradação foi grande, acabando com a mata ciliar. Atualmente esta ocupação apresenta um quadro característico, ligado á expansão urbana desordenada, em função da ausência de planejamento de ocupação do solo.

Com o apoio da coordenação pedagógica foi possível que o projeto fosse desenvolvido no âmbito escolar, desde a elaboração do pré-projeto quanto a excursão, sempre articulando junto aos parceiros para que todas as atividades propostas fossem executadas. Quero ressaltar que cada atividade desenvolvida foi discutida com a coordenação pedagógica e com apoio da direção escolar.

Diante do desenvolvimento do projeto, os educando, aos poucos foram percebendo que se cada um fizer a sua parte, teremos um mundo melhor. Através de várias discussões e depoimentos dos alunos. Percebe se que houve mudanças de atitudes, pois essa se perpetua a partir do ensino e aprendizagem adquirida, no decorrer das atividades desenvolvidas na sala de aula.

O encerramento foi feito no Instituto Federal de Mato Grosso do Sul. Contamos com a presença representante de entidades, dos pais, alunos, professores, coordenadores e diretora da unidade escolar. Neste momento fizemos a exploração de como ocorreu às atividades internas e externas, trazendo assim a devolutiva aos pais que também participaram da realização do projeto dando depoimentos e apoiando seus filhos, realizada por meio das tecnologias. Ressaltando ainda que o referido trabalho não contou com a elaboração de cartazes com cartolinas e maquetes de isopor por termos consciências que este tipo de material é descartado no solo e causa impacto ambiental, tendo em vista seu tempo de decomposição.

Assim, necessitamos nos conhecer, saber nosso lugar no mundo e em que podemos agregar para melhorar o coletivo. Se exercitarmos um pouquinho, vamos semear mais para cuidar das nossas gerações futuras, Vamos plantar mudas... Vamos produzir água... Vamos melhorar o mundo.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Quando falamos em cuidar melhor do ambiente em que vivemos, sempre pensamos em um mundo melhor para deixarmos como herança para os filhos de nossos filhos. Pois os resultados de uma ação contra ou a favor da natureza, sempre ocorrem a longo prazo.

O ser humano, porém, vem provocando grandes alterações nos diversos ambientes terrestres. Para sobreviver a essas alterações, os seres vivos têm de se adaptar a elas. Acontece que às vezes, essas adaptações trazem prejuízos ao meio ambiente e ao próprio homem.

Assim a preservação da nascente dos córregos e rios localizados nos grandes centros é necessária, pois, os mesmos vêm perdendo seu espaço devido ao crescimento desordenado muitas vezes provocado pela falta de estrutura para o crescimento populacional, desta forma sua preservação garantirá as futuras gerações condições de sobreviverem.

Portanto, a educação ambiental desperta no educando a consciência de preservação e de cidadania. O ser humano necessita entender, desde cedo, deve cuidar, preservar e que o

futuro depende do equilíbrio entre homem e natureza e do uso racional dos recursos naturais. O ambiente onde o ser humano habita deve estar em equilíbrio com o lugar onde se vive. E assim, o educador, deve ensinar ao discente, da forma mais simples possível, os elementos necessários ao aprendizado das questões ambientais.

## REFERÊNCIAS

BACCI, Denise de La Corte and PATACA, Ermelinda Moutinho. Educação para a água. 2008, vol.22, n.63, pp.211-226.

BUSTOS, M. R. L. A educação ambiental sob a ótica da gestão de recursos hídricos. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2003.

CAROLINO, Maria Alice. Análise sócio-ambiental em área urbana: o caso da ocupação das margens do córrego do Touro em Naviraí-MS. 2002. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) Universidade de Brasília-UNB.

CARVALHO, I.C.M. Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico. São Paulo: Cortez, 2004.

LOUREIRO, C. F. B. Problematizando conceitos: contribuições à práxis em educação ambiental. In: Pensamento complexo, dialética e educação ambiental. São Paulo: Cortez, 2006.

MARCATTO, Celso. Educação Ambiental: conceitos e princípios. Belo Horizonte: FEAM, 2002.

TOWNSEND, Patrick L. & GEBHARDT, Joan E. Qualidade em ação - 93 lições sobre liderança, participação e medição. São Paulo: Makron Books, 1994.

TREVISOL, J.V. *et al.*; A Educação Ambiental em Bacias Hidrográficas. Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient. ISSN 1517-1256, v. especial, 2010.

TUNDISI, J. G.; SCHIEL, D. A bacia hidrográfica como laboratório experimental para o ensino de Ciências, Geografia e Educação Ambiental, 2002.

TUNDISI, J. G.; SCHIEL, D. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos, 2003, 2006).

VASCONCELLOS, H. S. R. A pesquisa-ação em projetos de Educação Ambiental. In: PEDRINI, A. G. (Org.). Educação Ambiental: reflexões e práticas contemporâneas. Petrópolis: Vozes, 1997.

# Organizador

## Jean Carlos Rodrigues

Engenheiro Industrial Mecânico pelo CEFET-MG, Físico licenciado pela UFMG e Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela UFMG. Além de especialista em metodologias ativas e tecnologias educacionais. Possui 12 anos de experiência na área educacional atuando como professor e coordenador no ensino superior.

# Índice Remissivo

## A

*aerogerador* 68, 72  
*alvenaria* 12, 57, 59, 65, 66  
*ambientais* 12, 38, 39, 42, 45, 68, 69, 82, 85, 91, 106, 110, 112, 113, 114, 121, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 150, 151  
*análise* 25, 28, 45, 46, 58, 64, 87, 88, 91, 92, 116, 117, 127, 145, 146, 147  
*argamassa* 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21  
*avaliações* 11, 41

## B

*bacteriana* 11, 16, 17, 18, 19, 20  
*biocimentação* 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20  
*bomba* 44, 45, 46, 47, 48, 54, 86

## C

*compressão* 11, 18, 19, 20, 25, 26, 58  
*conformação mecânica* 25, 26  
*construção* 11, 12, 14, 17, 23, 25, 35, 37, 52, 57, 58, 64, 65, 66, 68, 74, 77, 78, 79, 94, 111, 116, 117, 118, 119, 122, 126, 127, 140, 146  
*construtivo* 57  
*custos* 48, 65, 126, 140

## D

*densidade máxima* 84, 85, 87, 88, 89  
*desenvolvimento* 9, 13, 17, 45, 53, 58, 61, 65, 68, 91, 93, 94, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 116, 118, 126, 144, 145, 146, 147, 148, 150  
*design* 91, 98, 99, 103, 104

## E

*econômica* 38, 53, 106, 122, 126  
*educação* 53, 142, 143, 144, 146, 148, 150, 151  
*embalagem* 91, 92, 93, 95, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 104  
*energético* 68, 74, 82, 89, 107  
*energia eólica* 68, 69, 73, 107  
*estrutural* 57, 110, 118  
*experiência* 9, 91, 144, 152

## F

*fabricação* 12, 25, 47, 57, 58, 65, 68, 73, 82, 127, 145

## **G**

*geometria* 56, 57, 58, 61, 63, 64, 65, 70

*gestão* 35, 38, 40, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 146, 151

## **H**

*hardware* 45, 47, 48, 49, 50, 53

*hidrogênio verde* 106

## **I**

*impactos* 12, 29, 38, 39, 40, 42, 68, 82, 106, 110, 112, 113, 145, 147, 150

## **L**

*lajes* 57

## **M**

*manutenção* 11, 25, 31, 36, 47, 68, 73, 85, 109, 143

*máquina industrial* 25, 26

*matéria prima* 26, 29, 57, 58, 59, 62, 63

*meio ambiente* 4, 9, 12, 35, 39, 41, 42, 57, 91, 93, 104, 106, 107, 108, 110, 113, 142, 143, 145, 148, 149, 150

*melhorias* 11, 18, 20, 54, 57, 119

*método* 29, 46, 57, 85, 86, 87, 88, 94, 108, 117, 126

*metodologia* 85, 87, 91, 116

*método rice* 85

*misturas asfálticas* 84, 85, 88, 89

## **O**

*orçamento* 125, 126, 127, 131, 132, 133, 134, 137, 138, 139, 140

*organização* 116, 119, 146, 147

## **P**

*pavimentação asfáltica* 126, 127, 139

*peristáltica* 44, 45, 47, 48

*preservação* 36, 40, 116, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 150

*produtividade* 25, 32, 36, 38

*protótipo* 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 58, 59, 67, 68, 73, 81, 82

## R

*reciclável* 68

*reciclável.* 68

*recursos hídricos* 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 151

*reparação* 11, 12, 14, 21

*reúso* 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 101, 102

*revisão bibliográfica* 11, 13, 20, 32, 94, 116

## S

*sociais* 37, 68, 73, 82, 95, 96, 106, 110, 112, 113, 114

*socioambiental* 106, 146

*sustentabilidade* 4, 9, 83, 91, 97, 102, 105, 121

## T

*técnica* 11, 12, 14, 18, 20, 21, 58, 88, 92, 119, 120

*técnicas* 9, 46, 57, 59, 61, 88, 91, 144

## V

*vedação* 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66

