



Tópicos Especiais em **ENGENHARIA:**

inovações e avanços tecnológicos
Vol. 5

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)

Tópicos Especiais em Engenharia: inovações e avanços tecnológicos

Vol. V

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares
(Organizador)

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizador

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

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. Adilson Tadeu Basquerote Silva

Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

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.ª Dr.ª Jéssyka Maria Nunes Galvão

Faculdade Santa Helena

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. João Paulo Roberti Junior

Universidade Federal de Roraima

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.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
Universidade Estadual de Ponta Grossa

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

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

© 2023 - **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.

T757 Tópicos especiais em engenharia inovações e avanços tecnológicos [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador). -- Ponta Grossa: Aya, 2023. 157 p.

v.5

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-5379-215-9

DOI: 10.47573/aya.5379.2.172

1. Engenharia – Estudo e ensino. 2. Planejamento urbano - Aspectos ambientais. 3. Projeto paisagístico ecológico. 4. Responsabilidade social da empresa. 5. Engenharia de estruturas. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 620.007

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

Proposta para definição de intervalos de inspeção de válvulas de segurança e alívio de pressão.....10

Juliano de Faria
Marcilene de Fátima Dianin Vianna
Dalessandro Soares Vianna

DOI: 10.47573/aya.5379.2.172.1

02

Estudo do comportamento estrutural em carregamento horizontal de wood frames fechados por tábuas: shear walls.....27

Jonathan Gustavo Spolador Ruiz
Jorge Daniel de Melo Moura
André Luís Christoforo

DOI: 10.47573/aya.5379.2.172.2

03

Sistema antifalhas da quinta roda para cavalo mecânico (SAF5)50

Angelo Eizo Shiguematsu
Siomara Dias da Rocha
Alexandre Lopes Martiniano

DOI: 10.47573/aya.5379.2.172.3

04

Responsabilidade social no setor hidrelétrico do estado do Amapá: o estudo de caso da empresa Ferreira Gomes Energia S.A.....60

Luiz Otávio Pereira do Carmo Júnior

DOI: 10.47573/aya.5379.2.172.4

05

Projeto paisagístico sustentável da Praça Miguel Rossafa, Umuarama – Paraná82

Ana Carolina Fagundes Ferreira
Andreia Cristina Peres Rodrigues da Costa

DOI: 10.47573/aya.5379.2.172.5

06

Estabilização de um solo argiloso com areia e brita ¾” para fins rodoviários98

Tailson Campos Melo
Rafael de Souza Pereira
Cris Regina Ribeiro de Souza Godoi
Eduardo Felipe Lima dos Santos
Marcio Veiga Pinheiro
Gabriela Ferreira Abreu
Jhimy Gleison Cavalcante Strelow
Leandro Delgado Meirelles
Darlan Freire do Nascimento
Maurício Yuma Mendoza

DOI: 10.47573/aya.5379.2.172.6

07

Controle de sistemas de impermeabilização para pressões hidrostáticas positivas e negativas em parede.....106

Pedro Henrique de carvalho Lino
Paulo Moreira Silveira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.172.7

08

Líquidos Geradores de Espuma – análise qualitativa de propriedades físico-químicas .123

Lucas Claudino de Souza

DOI: 10.47573/aya.5379.2.172.8

09

Constituição federal de 1988 e suas garantias constitucionais ao meio ambiente: água como bem jurídico econômico e social.....146

Marli Medianeira Nunes Batista Toniolo

Barbara Christiane Batista Toniolo

DOI: 10.47573/aya.5379.2.172.9

Organizador152

Índice Remissivo153

Apresentação

Prezados leitores,

É com grande prazer que apresento o livro “Tópicos Especiais em Engenharia: inovações e avanços tecnológicos - Volume 5”. Este livro abrange uma variedade de tópicos importantes e atuais em engenharia, desde a proposta de definição de intervalos de inspeção de válvulas de segurança e alívio de pressão até a análise qualitativa de propriedades físico-químicas de líquidos geradores de espuma.

No primeiro capítulo, é discutida a proposta de definição de intervalos de inspeção de válvulas de segurança e alívio de pressão, um tema crucial para garantir a segurança em sistemas industriais. Em seguida, o segundo capítulo explora o comportamento estrutural de wood frames fechados por tábuas, também conhecidos como shear walls, sob carregamento horizontal.

O terceiro capítulo apresenta o Sistema Antifalhas da Quinta Roda para Cavalo Mecânico (SAF5), uma inovação tecnológica importante no setor de transporte de cargas. O quarto capítulo destaca a responsabilidade social no setor hidrelétrico do estado do Amapá, com um estudo de caso sobre a empresa Ferreira Gomes Energia S.A.

O quinto capítulo aborda um tema muito relevante nos dias de hoje, o projeto paisagístico sustentável da Praça Miguel Rossafa, em Umuarama - Paraná. Em seguida, o sexto capítulo apresenta a estabilização de um solo argiloso com areia e brita $\frac{3}{4}$ ” para fins rodoviários, um assunto fundamental na construção de estradas e rodovias.

O sétimo capítulo discute o controle de sistemas de impermeabilização para pressões hidrostáticas positivas e negativas em paredes, que é importante na prevenção de infiltrações e vazamentos em construções. No oitavo capítulo, é feita uma análise qualitativa das propriedades físico-químicas de Líquidos Geradores de Espuma, um material utilizado em combate a incêndios.

Por fim, o nono capítulo aborda a Constituição Federal de 1988 e suas garantias constitucionais ao meio ambiente, com ênfase na água como bem jurídico econômico e social. Espero que este livro seja uma fonte valiosa de conhecimento para estudantes e profissionais da área de engenharia.

Boa leitura!

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Editor Chefe



Proposta para definição de intervalos de inspeção de válvulas de segurança e alívio de pressão

Proposal for definition of pressure safety valves inspection intervals

Juliano de Faria

Universidade Federal Fluminense - UFF, Rio das Ostras

Marcilene de Fátima Dianin Vianna

Universidade Federal Fluminense - UFF, Rio das Ostras

Dalessandro Soares Vianna

Universidade Federal Fluminense - UFF, Rio das Ostras

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.172.1

RESUMO

Válvulas de Segurança e Alívio de Pressão são equipamentos importantes de proteção em plantas industriais de processo, e devem ser inspecionadas regularmente para um funcionamento eficaz. Porém, determinar um intervalo adequado apresenta desafios, pois realizar inspeções em número insuficiente aumenta o risco de falha, mas se realizadas em grande número, o custo com manutenção pode aumentar bastante. Este estudo se propõe a estabelecer um método para identificar esses intervalos de inspeção para uma empresa do setor de óleo e gás. É calculada uma probabilidade de falha, interpretada como o risco associado ao equipamento, utilizando o *Analytic Hierarchy Process* com *Ratings*, e utilizado o resultado com a distribuição de probabilidades de Weibull a fim de obter o intervalo de tempo. Como exemplo do método, foram selecionadas nove PSVs de um banco de dados e calculados os respectivos intervalos de tempo. Em um horizonte de 6 anos, verificou-se redução total de cerca de 19 inspeções. Além disso, foi realizada uma verificação do custo mínimo da quantidade de inspeções necessárias a fim de manter um risco aceitável do equipamento, considerando válvulas de diferentes criticidades. O método pode ser utilizado também para estimar intervalos de outros equipamentos, bastando adaptações na árvore hierárquica do AHP.

Palavras-chave: tomada de decisão. multicritério. válvulas de segurança. inspeção.

ABSTRACT

Pressure Safety Valves are important equipment to protect industrial process plants from overpressure and need to be regularly inspected for an effective operation. However, determining an appropriate inspection interval is challenging, as the number of inspections should be low enough to prevent production losses, but not to increase the risk of failure of the PSVs. This study proposes a method to determine the PSVs inspection intervals for an oil and gas company by determining a risk of failure of valves using the Analytic Hierarchy Process with Ratings and the Weibull probability distribution to obtain the maintenance interval. As example, nine PSVs had their respective intervals calculated considering a 6-year period. According to the results, about 19 inspections could be cut off. Additionally, the inspections cost to keep an acceptable risk for the PSVs was calculated to compare to the results. It also be applied to determine intervals of other equipment.

Keywords: decision making. multi-criteria. pressure safety valves. inspection.

INTRODUÇÃO

Válvulas de alívio de pressão desempenham importante papel na proteção de equipamentos/sistemas pressurizados. De acordo com Dibat (2010), PSVs são equipamentos de emergência que ficam em estado de espera para entrar em ação quando demanda. Não há uma forma de detectar se uma PSV está operacional a menos que ela passe por inspeção ou seja demandada em operação. Desta forma, é de grande importância que estes equipamentos estejam em boas condições, o que requer manutenções em intervalos tais que permitam garantir que a PSV esteja funcional quando requerida.

Autores propõem algum método como para definição de um intervalo adequado de inspeção. Contudo, segundo Dibat (2010), não há uma norma/código únicos a serem seguidas. Além disso, uma companhia tem autonomia de definir seu próprio procedimento.

Buscou-se para este artigo apresentar a prática atual da companhia objeto do estudo em relação a determinação dos prazos de inspeção e testes das PSVs, e propor um novo método contendo melhoria ao processo. Para tanto, será utilizado o AHP com *ratings* combinado com a função de distribuição de probabilidade de Weibull para determinação do intervalo de inspeção. Esta combinação foi inspirada nos conceitos da metodologia RBI, discutida resumidamente a diante. Os resultados podem contribuir para a companhia de forma a melhor planejar as paradas para manutenções, reduzindo custos sem comprometer a segurança nas plantas de processo.

METODOLOGIA

A fim de cumprir com o objetivo deste artigo os seguintes passos foram realizados:

- a) Elaboração de referencial teórico;
- b) Apresentar a prática atual da companhia objeto do estudo;
- c) Desenvolvimento do novo método;
- d) Análise de custo mínimo considerando número de inspeções X custos de manutenção.

REFERENCIAL TEÓRICO

Determinação de Intervalos de Inspeção

Conforme já introduzido, diferentes normas e/ou códigos de projeto abordam a definição de intervalos de manutenção de PSV. A Norsok I-001, utilizada na indústria norueguesa, informa que para assegurar que um sistema esteja mantido, a frequência de inspeção deve ser maior ou igual uma vez ao ano, pois uma frequência menor demonstraria que o sistema não é robusto o suficiente.

A API RP 510, determina que o intervalo máximo de inspeção e calibração de dispositivos de alívio de pressão seja de 5 anos para serviços em processos típicos, e de 10 anos para serviços em processos limpos e não corrosivos. Ainda nos códigos API, a RP 576 informa que a frequência de inspeção pode variar bastante conforme as condições de operação e exposição ao ambiente, isto é, uma PSV sujeita a fluido sujo ou corrosivo, vibração na linha, entre outras, irá requerer um intervalo de inspeção mais curto do que o mesmo equipamento sem tal exposição.

As API 580 e 581 tratam da metodologia *Risk-Based Inspection* - RBI. A primeira apresenta os conceitos da metodologia, e a segunda os cálculos para sua aplicação. De forma resumida, é determinado um risco associado a um equipamento como sendo a probabilidade de falha do equipamento vezes a consequência da falha. Baseado no risco obtido, pode-se estimar um intervalo de inspeção para diversos equipamentos. Estes códigos utilizam para estimar o tempo a expressão dada pela equação (1). Esta função é uma variação da função completa de densidade de probabilidades de Weibull, que é utilizada em temas correlatos a estudos de confiabilidade

de equipamentos devido sua versatilidade e relativa simplicidade (HOTTINGER, 2022).

$$f(t) = 1 - R(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (1)$$

Com $f(t) \geq 0$, $t \geq 0$, $\gamma, \beta > 0$, $\eta > 0$, $-\infty < \gamma < \infty$, onde:

$R(t)$ é a função confiabilidade de Weibull;

t é a variável aleatória tempo, ou ciclos;

β é um parâmetro de forma, um número adimensional; para $\beta < 1$, a taxa de falhas é decrescente, característica de falhas prematuras; $\beta = 1$ representa taxa de falhas constante, características da vida útil do equipamento; E quando $\beta > 1$, a taxa de falhas é crescente, característica de estágios finais da vida em uso do equipamento (BOTELHO, 2015).

η é o parâmetro de escala do gráfico. Sua unidade é a mesma dos dados. Este parâmetro indica o tempo em que 63,2% de unidades tenham falhado.

γ é o parâmetro de localização da distribuição, e tem a mesma unidade de t . Representa a posição do tempo na abscissa onde a distribuição se inicia. Segundo Botelho (2015), gama negativo representa a “vida em prateleira”, isto é, o equipamento degrada mesmo quando ainda não em operação. Para gama positivo, ocorre o que se chama de “garantia”, ou período de uso em que não ocorrerão falhas.

Ainda de acordo com a API RP 581, a probabilidade de falha pode ser determinada por um ou a combinação de alguns métodos, tais como modelos estatísticos e de julgamento de especialistas. No primeiro caso, dados gerais conhecidos de falhas de um componente/equipamento são obtidos e inseridos em um modelo estatístico. E no segundo, a experiência do corpo técnico com o equipamento é utilizada para a avaliação dos modos de falha, estimando a probabilidade de suas ocorrências. Na próxima seção será abordado o método que será utilizado na determinação da probabilidade de falha das válvulas.

Análise multicritério à decisão

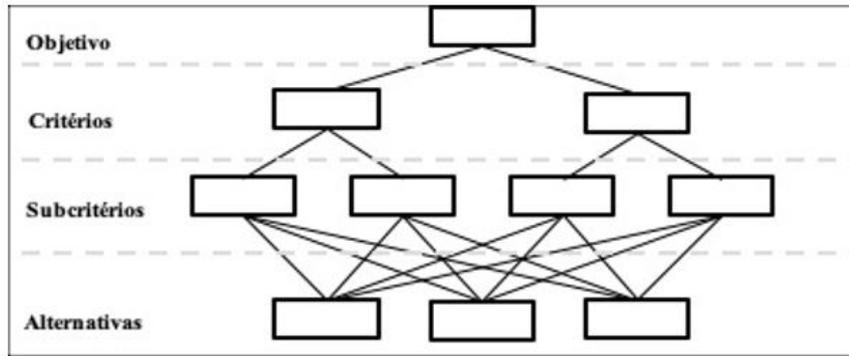
Rangel *et al.* (2007) descreve que a Análise Multicritério à Decisão (AMD) é aplicada em inúmeras áreas em que se queira selecionar, ordenar, classificar ou descrever alternativas presentes em um processo decisório na presença de múltiplos critérios. Atualmente, tem-se diversos métodos de aplicação do AMD, sendo os mais consolidados distribuídos nas Escolas Francesa (também chamada de Europeia) e Americana.

Conforme já informado na seção 2, a proposta de definição dos intervalos de inspeção fará uso *Analytic Hierarchy Process* (AHP) com *Ratings*, uma variação do AHP, que é um dos principais métodos de auxílio multicritério à decisão da escola americana desenvolvido por Thomas L. Saaty no início da década de 70.

Segundo Bushman *et al.* (2004), o AHP auxilia na estruturação da complexidade. Um problema complexo é decomposto em subproblemas de entendimento mais fáceis e avaliados subjetivamente. Nogueira (2002) explica que a decomposição se dá em fatores, e os elementos são organizados em uma hierarquia descendente, onde no primeiro nível deve estar o objetivo principal. Em um nível hierárquico abaixo devem estar os critérios, depois os subcritérios e, final-

mente, as alternativas. A Figura 1 apresenta a organização hierárquica do AHP.

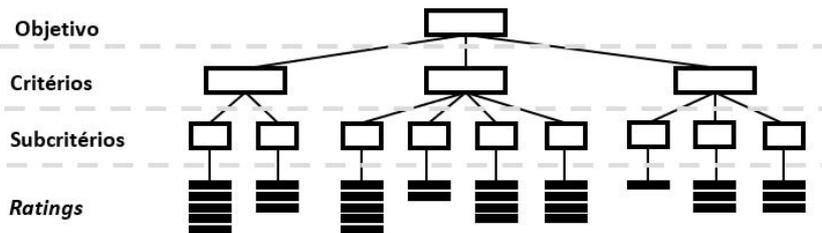
Figura 1 - Organização hierárquica para aplicação do método AHP.



Fonte: Adaptado de Bushman et al. (2004).

De acordo com Silva (2010), a estrutura com ratings difere da tradicional porque as alternativas não aparecem no último nível da estrutura hierárquica. O AHP consiste na comparação par a par entre as alternativas (medição relativa), enquanto o AHP com *ratings* (medição absoluta) consiste na comparação das alternativas com uma medida ideal conhecida ou imaginada. A Figura 2 apresenta a organização do AHP *ratings*.

Figura 2 - Estrutura hierárquica – AHP com ratings.



Fonte: Adaptado de Silva (2010).

Os resultados das comparações são alocados em uma matriz quadrada $n \times n$. Os valores na matriz devem ser dispostos de forma que represente o grau de importância do critério/subcritério/alternativa da linha i em relação ao da coluna j , o que faz com que quando $i = j$ o valor será 1, e o valor do elemento recíproco corresponderá à $a_{ji} = 1/a_{ij}$.

A quantificação das comparações é feita com a ajuda de uma escala padronizada, de nove níveis, proposta por Saaty (1991). A escala visa a padronização dos julgamentos de acordo com a dominância de um elemento sobre o outro, de modo a representar a intensidade da relação entre dois itens, sendo o valor 1 representando elementos de igual importância e 9, indicando importância absoluta de um elemento sobre o outro.

Após a realização das comparações, é verificada sua consistência através do cálculo da razão de consistência (RC). Bhushan et al. (2004) afirmam que as avaliações do AHP são subjetivas, e por isto o método tolera certa inconsistência. A razão de consistência é obtida entre um índice de consistência calculado dividido por um índice de consistência tabelado. Saaty et al. (2012) sugerem que uma RC menor que 0,1 é considerada adequada, indicando que os valores atribuídos nas matrizes de julgamento estão próximos à realidade.

O próximo passo é a obtenção do vetor prioridade dos critérios e subcritérios (quando aplicável), e das alternativas em relação a estes. De acordo com Marins et al. (2009), a sequên-

cia para obtenção do vetor de prioridade é:

- a. Normalizar as colunas da matriz de julgamento, que consiste no somatório dos elementos de cada coluna, e divisão de cada elemento pelo somatório da respectiva coluna;
- b. Calcular a média aritmética das linhas da matriz normalizada.

As alternativas, isto é, as válvula sendo avaliadas serão pontuadas conforme o cálculo do vetor de prioridades. Silva *et al.* (2010) descrevem que este valor é determinado pelo somatório dos resultados da multiplicação do peso do *rating* pelo peso do subcritério/critério dado como:

$$P_f(i) = \sum_{j=1}^{NumCrit} PesoRating_{critj} \times PesoCritério(j) \quad (2)$$

com $i = 1, 2, \dots, N_{válvulas}$

O resultado representará a probabilidade de falha do equipamento (Pf) neste trabalho.

O uso do *ratings* permite uma redução de julgamentos necessários para uma decisão quando o número de alternativas é bastante elevado. A Tabela 1 apresenta um comparativo de quantidade de julgamentos utilizando o AHP e o AHP com *ratings* para um determinado problema. Podemos observar que, conforme o número de alternativas aumenta, o número de comparações necessárias pelo AHP (modelo relativo) aumenta consideravelmente, enquanto pelo método *ratings* (modelo absoluto), o número se mantém o mesmo.

Tabela 1 - Número de comparações necessárias em cada método.

Número de alternativas	AHP	AHP modelo ratings
3	12	19
5	33	19
9	111	19

Fonte: O autor (2022).

Desta forma, dependendo da complexidade do problema, o uso do AHP com *ratings* é vantajoso porque reduz significativamente o tempo e esforço no processo de tomada de decisão (NOGUEIRA, 2002).

Processo atual de inspeção

Nesta seção será apresentado, de forma resumida, o atual processo utilizado para determinação dos intervalos de inspeção das PSVs por parte da empresa objeto deste estudo.

O processo de manutenção realizado é descrito em um padrão interno da companhia, e estabelece um roteiro para definição dos prazos de manutenção após cada intervenção na válvula. Toda PSV é levada para uma oficina especializada onde testes são realizados. A frequência destas inspeções é definida baseada em premissas adotadas pela empresa, descritas no padrão, de forma a auxiliar os técnicos a estabelecerem o intervalo de manutenção pós manutenção. Estas premissas levam em consideração:

- a) O comportamento da PSV no teste de recepção, realizado quando o equipamento vai para a oficina;
- b) A NR-13, que define os tempos máximos de calibração das PSV;

- c) O tipo de fluido transportado no sistema;
- d) O histórico de calibração e de serviços da PSV;
- e) A condição física atual do equipamento;
- f) As características construtivas da PSV.

O padrão permite que o intervalo de manutenção seja alterado após realizada a manutenção, podendo ser aumentado, reduzido ou mantido. O Quadro 1 apresenta um recorte das instruções para definição do intervalo. Por exemplo, supondo uma PSV que, após passar pelos testes, abriu no teste de pressão a frio e apresenta um histórico considerado *Bom* (3ª linha no Quadro 1). A orientação desta condição é aumentar em um ano o prazo de calibração da PSV, como coluna “Prazo” da respectiva linha. A 4ª linha também serve para uma PSV que abre no teste de pressão a frio, sendo que apenas o campo da coluna “Histórico da PSV” se difere do anterior, resultando em uma instrução de ser mantido o atual prazo de inspeção, o que indica que a válvula apresenta um maior nível de criticidade.

Quadro 1 - Exemplo das instruções para definição de intervalos de inspeção.

Resultado do teste de recepção	Histórico da PSV	A condição física da PSV	Características construtivas da PSV	Prazo
Abriu na pressão de ajuste a frio e vedando (PSV nova)	Bom	Sem corrosão externa/interna e/ ou abrigada	Corpo e Internos sem anormalidades ou desgaste excessivo	Definir com base em PSV's similares
Abriu na pressão de ajuste a frio e vedando (PSV nova)	Ruim	Sem corrosão externa/interna e/ ou abrigada	Corpo e Internos sem anormalidades ou desgaste excessivo	Definir com base em PSV's similares de menor prazo
Abriu na pressão de ajuste a frio. Com ou sem vedação.	Bom	Sem corrosão externa/interna e/ ou abrigada	Corpo e Internos sem anormalidades ou desgaste excessivo	Ampliar 1 ano
Abriu na pressão de ajuste a frio. Com ou sem vedação.	Ruim	Sem corrosão externa/interna e/ ou abrigada	Corpo e Internos sem anormalidades ou desgaste excessivo	Manter

Fonte: Adaptado do padrão da companhia foco deste estudo (2022).

Além disso, embora os campos “Condição Física” e “Características Construtivas” não terem apresentado alterações, na prática, pode haver diferentes anomalias. A tabela não prevê esta variação de anomalias, o que pode indicar uma criticidade menos expressiva do que a real condição da válvula.

O intervalo de tempo atribuído a cada PSV está vinculado a um código alfanumérico que associa um intervalo à criticidade da PSV. O Quadro 2 apresenta o resumo dessas informações.

Quadro 2 - Classificação das PSV por criticidade.

Criticidade	Potencial	Intervalo de inspeção	Descrição
A-1	Maior criticidade	1 ano	PSV's que foi constatada incrustação, colagem, entupimento, deterioração agressiva que venham a interferir na atuação normal, ou que necessitem frequentemente de manutenção corretiva.
B-2	Média criticidade	2 anos	PSV's com médio nível de degradação por parte do fluido e que apresentem baixo risco de colagem, entupimento ou desgaste dos materiais.

C-4	Menor criticidade	4 anos	PSV's com baixo nível de degradação por parte do fluido e que não apresentem risco de colagem, entupimento ou desgaste dos materiais em contato com o fluido.
D-6	Baixa criticidade	6 anos	PSV's que se comprove através de confiável histórico de teste de recepção e manutenção que podem atender em um prazo maior que o indicado para criticidade C-4 e C-5.

Fonte: Adaptado do padrão da companhia foco deste estudo (2022).

DESENVOLVIMENTO

Como descrito anteriormente, baseado no resultado dos testes de bancada, o técnico responsável pela manutenção deve analisar, linha a linha do Quadro 1, a que melhor se enquadra com o resultado obtido pela PSV. Não há uma combinação de possíveis resultados apresentados nas linhas/colunas, além de os resultados serem apresentados de forma qualitativa.

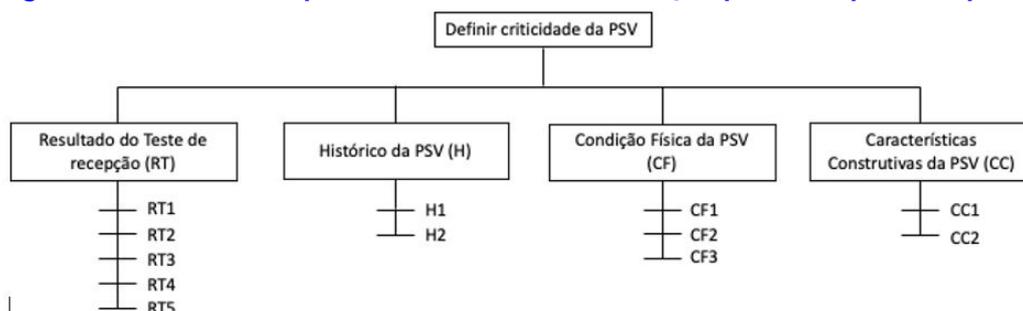
A nova abordagem difere da atual, pois propõe esta combinação, quantificando os resultados obtidos na inspeção, obtendo uma pontuação global do equipamento que será considerado como a probabilidade de falha. Além da metodologia de AMD a ser aplicada, a nova sistemática também difere do processo atual quanto a determinação do intervalo de inspeção, pois propõem a aplicação de uma função para obtenção do tempo baseado na probabilidade de falha obtida.

Para este trabalho, o código API RP 581 (2016) foi utilizado como referência para o cálculo do intervalo de inspeção, sendo a probabilidade de falha obtida via o AHP. Por simplificação, não foi realizado o cálculo para a Consequência do API, de forma que o Risco associado ao equipamento será numericamente igual à probabilidade de falha calculada no método. Relembrando que, a API RP 581 estabelece que a probabilidade de falha pode ser estimada baseado na experiência de especialistas, ao invés de somente por uma avaliação quantitativa. E ainda, Okoro (2017) argumenta que, em situações em que há falta de dados precisos para uso em análises quantitativas, a AMD é frequentemente empregada para lidar com informações incompletas. A demonstração da operação será dada a seguir.

Aplicação do Método Proposto

A estrutura hierárquica do problema foi construída tendo o nível hierárquico dos Critérios composto pela primeira linha do Quadro 1, e no nível abaixo, os respectivos *ratings*. A árvore é demonstrada na Figura 3, e a definição dos *ratings* é apresentada na Tabela 2.

Figura 3 - Árvore hierárquica baseada na atual avaliação praticada pela companhia.



Fonte: O autor (2022).

Tabela 2 - Definição dos ratings para os critérios.

Critério	Ratings
Resultado do Teste de recepção (RT)	RT1 – Abriu na pressão de ajuste à frio. RT2 - Abriu abaixo da pressão de ajuste à frio RT3 – Abriu (tolerância de até 20% ou 5Mpa, o que for menor). RT4 – Não abriu. RT5 – Não realizado.
Histórico da PSV (H)	H1 – Bom. H2 – Ruim.
Condição Física da PSV (CF)	CF1 – Sem corrosão. CF2 – Colagem, engripamento, corrosão ou incrustação. CF3 – Bocal folgado ou outra anomalia.
Características Construtivas da PSV (CC)	CC1 – Corpo e internos sem anormalidades. CC2 – Corpo e internos com anormalidades.

Fonte: O autor (2022).

Os julgamentos realizados para obtenção das prioridades dos critérios e dos *ratings* tomaram como base a escala de Saaty (1991). Os valores foram obtidos por um conjunto de técnicos que atuam com inspeção de equipamentos, e estão representados nas Tabelas 3 a 7 a seguir, assim como o vetor Prioridades e a razão de consistência das comparações:

Tabela 3 - Julgamento dos critérios com relação ao objetivo.

Critérios	RT	H	CF	CC	Prioridades	RC
RT	1,000	3,000	6,000	9,000	0,564	
H	0,333	1,000	5,000	8,000	0,302	8,51%
CF	0,167	0,200	1,000	4,000	0,096	
CC	0,111	0,1250	0,250	1,000	0,038	

Fonte: O autor (2022).

O critério RT se mostrou como o de maior importância, isto é, aquilo que é de maior relevância a ser considerado em uma manutenção.

Na sequência, refizemos os cálculos para o conjunto de *ratings* de cada critério. Silva *et al.* (2010) informam que uma outra forma de representar as prioridades quando se trabalha com *ratings* é a forma idealizada, isto é, o *rating* de maior valor recebe o valor 1, e os demais serão proporcionalmente menores em relação ao maior. Os valores são demonstrados nas tabelas seguintes, de 4 a 7.

Tabela 4 - Níveis de intensidade dos ratings do critério RT.

RT	RT1	RT2	RT3	RT4	RT5	Prioridades	Prioridade Idealizada	RC
RT1	1,000	2,000	3,000	7,000	9,000	0,041	0,087	
RT2	0,500	1,000	3,000	7,000	4,000	0,064	0,135	
RT3	0,333	0,333	1,000	3,000	5,000	0,122	0,257	7,91%
RT4	0,143	0,142	0,333	1,000	3,000	0,295	0,619	
RT5	0,111	0,250	0,200	0,333	1,000	0,477	1	

Fonte: O autor (2022).

Tabela 5 - Níveis de intensidade dos ratings para o critério H.

H	H1	H2	Prioridades	Prioridade Idealizada
H1	1,000	0,111	0,100	0,111
H2	9,000	1,000	0,900	1

Fonte: O autor (2022).

Tabela 6 - Níveis de intensidade dos ratings para o critério CF.

CF	CF1	CF2	CF3	Prioridades	Prioridade Idealizada	RC
CF1	1,000	0,250	0,167	0,143	0,151	7,93%
CF2	4,000	1,000	0,500	0,286	0,550	
CF3	6,000	2,000	1,000	0,571	1	

Fonte: O autor (2022).

Tabela 7 - Níveis de intensidade dos ratings para o critério CC.

CC	CC1	CC2	Prioridades	Prioridade Idealizada
CC1	1,000	0,111	0,111	0,111
CC2	9,000	1,000	0,900	1

Fonte: O autor (2022).

Os ratings RT5, H2, CF3 e CC2 foram os de maior importância para a PSV durante uma inspeção. As RC das Tabelas 5 e 7 não puderam ser calculadas, pois o número mínimo de ratings necessário para o cálculo por comparação paritária não foi atingido (≥ 3). A parte final foi determinar as pontuações (ou probabilidade de falha P_f) para cada equipamento pela equação (2).

$$P_f = RT_{\text{rating}} \times RT_{\text{crit}} + H_{\text{rating}} \times H_{\text{crit}} + CF_{\text{rating}} \times CF_{\text{crit}} + CC_{\text{rating}} \times CC_{\text{crit}} \quad (2)$$

Foram selecionados quatro relatórios de inspeção de PSVs enquadradas com uma de Baixa Criticidade (D-6), uma de Menor Criticidade (C-4), uma de Média Criticidade (B-2) e uma de Maior Criticidade (A-1). Baseado nas informações relativas ao estado de integridade da válvula contidas nos relatórios, foram selecionados os ratings de cada critério que melhor retratavam a condição do equipamento na árvore hierárquica. Por exemplo, para uma PSV que apresentou bom resultado nos testes, foram selecionados, para cada critério, o menor valor de cada rating. Os cálculos das P_f ficaram assim:

$$P_{f_{D-6}} = 0,087 \times 0,564 + 0,111 \times 0,302 + 0,151 \times 0,096 + 0,111 \times 0,038 = 0,101$$

$$P_{f_{C-4}} = 0,134 \times 0,564 + 0,111 \times 0,302 + 0,151 \times 0,096 + 0,111 \times 0,038 = 0,128$$

$$P_{f_{B-2}} = 0,256 \times 0,564 + 1,000 \times 0,302 + 0,151 \times 0,096 + 0,111 \times 0,038 = 0,466$$

$$P_{f_{A-1}} = 0,256 \times 0,564 + 1,000 \times 0,302 + 1,000 \times 0,096 + 1,000 \times 0,038 = 0,580$$

Com os valores de P_f calculados, seguimos para o cálculo dos novos intervalos de manutenção em (1). Os parâmetros β e η são obtidos da tabela 6.6 da API RP 581, reproduzidos aqui na Tabela 8, para o respectivo tipo de PSV e severidade de fluido. Por exemplo, uma válvula do tipo *Convencional* e *Balanceada*, fluido *Severo*, $\beta = 1,8$ e $\eta = 17,6$ anos respectivamente.

Tabela 8 - Parâmetros Weibull para cálculo de falha de abertura sob demanda para PSV.

Severidade do fluido	PSV Convencional e Balanceadas	
	β	η
Pouco severo	1,8	50,5
Moderado	1,8	23,9
Severo	1,8	17,6

Fonte: Adaptado do API 581, tabela 6.6, (2016).

Entrando com P_f , β e η na equação (1), com $\gamma = 0$, e resolvendo para t , temos os seguintes resultados para as válvulas selecionadas:

$$\text{Para PSV A-1} \rightarrow 0,580 = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{17,6} \right)^{1,8} \right]; t \cong 16,3 \text{ anos};$$

$$\text{Para PSV B-2} \rightarrow 0,466 = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{17,6} \right)^{1,8} \right]; t \cong 13,6 \text{ anos};$$

$$\text{Para PSV C-4} \rightarrow 0,128 = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{23,9} \right)^{1,8} \right]; t \cong 7,9 \text{ anos};$$

$$\text{Para PSV D-6} \rightarrow 0,101 = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{50,5} \right)^{1,8} \right]; t \cong 14,6 \text{ anos}.$$

Observa-se que os resultados obtidos para t foram muito maiores que o intervalo de tempo praticado pela companhia. De acordo com a Quadro 2, o prazo de vencimento de inspeção é de 1 ano. Ou seja, o tempo obtido para a válvula de Criticidade Alta superou em cerca de 16 vezes o prazo padrão. Repetindo estes cálculos para as demais válvulas, obtemos também resultados mais elevados que os praticados. Foi considerado que todas as demais válvulas também são do tipo *Convencional e Balanceada* e fluido *Severo*.

Contudo, não há histórico de testes na companhia para válvulas que tenham operado continuamente por tanto tempo. Além disso, normas aplicáveis não preveem inspeções em intervalos tão dilatados. Desta forma, a fim de não extrapolar os intervalos e inspeção atuais, foram calculadas as probabilidades máximas e mínimas de falha em (1) tendo como dado de entrada os tempos praticados na companhia (Quadro 2).

Para a PSV A-1, por exemplo, fazendo $t = 1$ em (1) temos:

$$P_{fw} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{17,6} \right)^{1,8} \right]; P_f = 0,006 \text{ (ou } 0,6\%).$$

P_{fw} representa a probabilidade de falha obtida tendo o tempo (t) como variável de entrada em (1). Repetindo o cálculo para $t = 6$, obtém-se $P_{fw} = 0,134$ (ou 13,4%). O cálculo foi feito para $t = 1$ e $t = 6$ anos por estes serem os intervalos de tempo mínimos e máximos, respectivamente de criticidades distintas. Os resultados são apresentados na Tabela 9 por criticidade da PSV.

Tabela 9 - Probabilidades de falha por intervalo de manutenção.

Intervalos de tempo (anos)	P _{fw}		
	Criticidade alta	Criticidade média	Criticidade baixa
1	0,6%	0,3%	0,1%
6	13,4%	8,0%	2,2%

Fonte: O autor (2022).

Em seguida foi estabelecido uma equivalência entre as probabilidades obtidas via *ratings* e as obtidas diretamente pela função de Weibull através de uma interpolação. Por exemplo, utilizando os dados de uma PSV de criticidade alta (Tabela 9) para demonstrar a interpolação, temos:

Maior criticidade	P_{fw}	\Leftrightarrow	P_f
	0,006	\Leftrightarrow	1
Menor criticidade	P_{fa}	\Leftrightarrow	P_{Crit_i}
	0,134	\Leftrightarrow	0

P_f representa as probabilidades de falha máximas e mínimas que podem ser obtidas pelo ratings. P_{Crit_i} é a probabilidade de falha da válvula i calculada utilizando o AHP, e P_{fa} é sua respectiva probabilidade de falha ajustada.

A equivalência dos valores de P_{fw} e P_f na interpolação aparecem invertidas. Isto ocorre porque a probabilidade de falha calculada pelo AHP indica que quanto maior P_f , menor o intervalo de inspeção; e calculando por (1), o intervalo de tempo aumenta/diminui conforme P_{fw} aumento/diminui respectivamente. Desta forma, para estabelecer uma mesma correlação, bastou inverter a ordem das variáveis na interpolação de forma que menores valores de P_{fw} (e P_f) resultem em menores intervalos de tempo, e vice-versa. Montando a interpolação temos:

$$\frac{(0,006 - P_{fa})}{(0,006 - 0,134)} = \frac{(1 - P_{Crit_i})}{(1 - 0)} \rightarrow P_{fa} = -(1 - P_{Crit_i})x(0,006 - 0,134) + 0,006$$

Utilizando os demais dados de P_f para P_{Crit_i} , e repetindo o cálculo para todas as válvulas, obtemos as demais as P_{fa} . Repetiu-se, então, a determinação dos intervalos de tempo com estes valores em (1). A Tabela 10 sumariza os resultados.

Tabela 10 - Resumo dos dados de intervalos de inspeção: atuais X novos.

PSV	P_{fa}	Intervalo de inspeção atual (anos)	Intervalo de inspeção ajustado (anos)	Diferença (%)
A-1	0,060	1	3,7	374%
B-1	0,044	2	3,1	157%
C-4	0,070	4	5,6	139%
D-6	0,019	6	5,8	96%

Fonte: O autor (2022).

Da tabela 10, de forma geral, os resultados indicaram para todas PSVs aumento no intervalo dos tempos praticados, conforme indicado na coluna “Diferença”. Com esses novos valores, é possível calcular o quanto de redução (ou aumento neste caso) de inspeções podem ser conseguidos. Por exemplo, considerando um horizonte de 6 anos (prazo máximo de tempo que uma PSV pode ficar sem inspeção de acordo com o Quadro 2), dividindo este valor pelos intervalos de inspeção atuais e os ajustados, conseguimos obter a quantidade de inspeções para comparar. Para a PSV A-1 temos $6 \div 1 = 6$ inspeções. Para esta mesma PSV, considerando o intervalo ajustado, temos $6 \div 3,7 @ 2,82$ inspeções.

O cálculo foi realizado para todas as PSVs selecionadas, e, ao final, realizada a diferença entre a quantidade total de inspeções atuais das quantidades ajustadas. Os resultados estão

apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Quantidade de inspeções atuais versus ajustadas.

PSV	Atual	Ajustada
A-1	6	2,82
B-1	3	1,93
C-4	1,5	1,07
D-6	1	1,03
Total após 6 anos:	$\Sigma = 11,5$	$\Sigma = 6,85$
Redução total de inspeções = $11,5 - 6,85 = 4,65$		

Fonte: O autor (2022).

Da Tabela 11, temos um total de 11,5 inspeções no processo atual, e conseguimos otimizar para 6,85 inspeções após aplicação da nova proposta, equivalendo a uma redução de 4,85 inspeções (cerca de 40%).

Análise de Custos

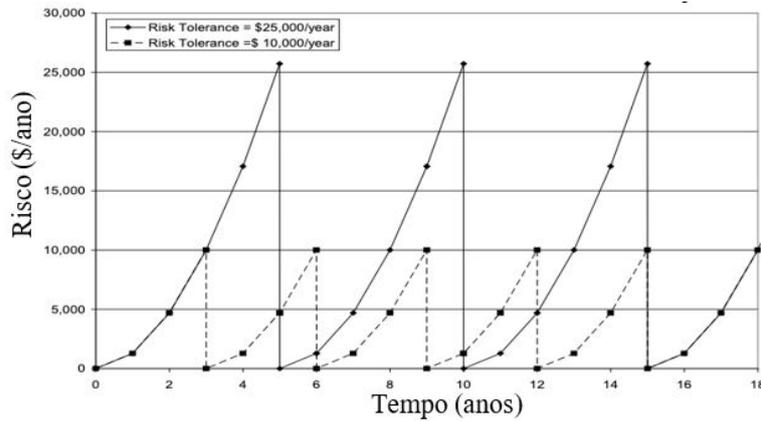
Tendo em vista que a aplicação do método proposto passa por uma etapa de julgamento subjetivo, a precisão dos resultados para os intervalos de tempo depende da experiência dos profissionais envolvidos no cálculo do grau de importância da válvula. E ainda, mesmo que bem balanceados os pesos, a acurácia dos intervalos de tempo será verificada na prática com os testes realizados durante o processo de manutenção, o que pode indicar que a etapa de julgamentos precise ser retroalimentada.

Esta preocupação com a acurácia está ligada ao fato que deve haver um equilíbrio entre a quantidade de inspeções, pois se realizadas em número insuficiente o equipamento pode não estar mais operacional quando requerido em operação; e se realizadas em intervalos pouco espaçados, o custo com inspeções poderá ser elevado, principalmente se houver muitas válvulas.

Mishima *et al.* (2002) aborda a questão de custo versus quantidade de inspeções, estabelecendo uma correlação entre os gastos com vazamento do equipamento e os gastos com manutenção. A partir daí, é identificado um número ótimo de inspeções para o qual o custo total é mínimo. Podemos utilizar raciocínio semelhante para identificar qual seria o número ótimo de inspeções (n_{oinsp}) o qual minimizaria o custo de vazamento e de inspeção. Para tal, calcula-se o custo total (CT), que nada mais é que o resultado do custo de inspeção (CI) mais o custo devido a vazamentos (CV). A partir daí é possível montar um gráfico para obter o custo mínimo (C_{min}), que será o valor correspondente ao ponto N_{oinsp} .

Como referência de valores de custo de perdas será utilizado o gráfico da API RP 581 que indica riscos toleráveis versus intervalos de inspeção para manter aquele risco. O gráfico é reproduzido na Figura 4. O eixo vertical indica o risco referente à falha de abertura/vazamento de uma PSV em termos de perda financeira. O eixo horizontal indica os intervalos de tempo de inspeção para manter o risco a um determinado patamar tolerável por uma companhia.

Figura 4 - Risco da PSV versus o tempo de operação.



Fonte: Adaptado do API RP 581 (2016).

Por exemplo, um risco de consequências financeiras equivalente a \$25.000 requer uma inspeção a cada cinco anos. Já para um risco de \$10.000, inspeções de três em três anos satisfazem a condição de manter eventuais perdas neste patamar. Em outras palavras, supondo uma válvula de criticidade baixa, ela irá requerer menos inspeções, e seu risco (e conseqüentemente o custo a ser despendido) poderá ser alto, porém dentro de um valor tolerável pelo proprietário.

A fim de obtermos o CT nesta análise, foi considerado um intervalo de 6 anos para ser equivalente ao tempo máximo em que uma PSV pode operar sem inspeção baseado no padrão da companhia. Da Figura 4, para um intervalo de 6 anos, um risco de \$30.000 (considerando um prolongamento da curva uma vez que a linha para no ponto de intersecção de \$25.000) é obtido. Dividindo o horizonte pelo tempo indicado no Figura 4 obtemos $6 / 6 = 1$ inspeção necessária; para \$25.000, a Figura 4 indica inspeções de 5 em cinco anos, e fazemos $6 / 5 = 1,2$ inspeções; para \$20.000, inspeções entre aproximadamente 4,5 anos, e fazendo $6 / 4,5$ obtemos cerca de 1,33 inspeções etc.

A variável *C* é o custo da inspeção para uma determinada PSV, calculado pelo custo unitário de inspeção vezes a quantidade de inspeções. O custo unitário da inspeção é estimado de \$600 (valor baseado em contratos de inspeção, e considerando que não haja diferença de valores entre PSVs de diâmetros diferentes, modelos etc.). Por fim, a última variável é o custo total (CT) das inspeções, que é basicamente a soma de *C* com *CV*. Os resultados completos encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12 - Dados para correlação entre o custo e o número de inspeções.

N	CV (\$/ano)	CI (\$)	CT (\$/ano)
1	30000	600	30600
1,2	25000	720	25720
1,3	20000	800	20800
1,5	15000	947,3	15947,3
2	10000	1200	11200
3	5000	1800	6800
6	2000	3600	5600
12	1500	7200	8700

Fonte: O autor (2022).

O Gráfico 1 demonstra o comportamento das variáveis. Observamos que a curva CV diminui conforme o número de inspeções aumenta, o que é coerente, pois se a quantidade de inspeções aumenta, significa que a probabilidade de vazamentos diminuiu. Por outro lado, aumentando o número de inspeções, aumentamos o custo com a manutenção, fazendo o CI variar conforme observado no gráfico.

Gráfico 1 - Dispendio total para o custo de vazamento versus quantidade de inspeções.



Fonte: O autor (2022).

O custo total (CT) é a curva que representa a soma do CI mais CV. Este custo começa elevado e vai caindo conforme o número de inspeções aumenta. Contudo, ele apresenta uma inversão a partir de um certo ponto em que o custo com inspeções aumenta muito, não gerando uma contrapartida significativa em redução do custo de vazamento.

Observamos, ainda, que o ponto onde CV e CI se encontram não representa o menor CT, pois não é o ponto mais baixo da curva CT. Este ponto é onde a curva CT apresenta a inversão, e indica o ponto ótimo entre custo de inspeção e o de dispêndio devido a perdas por vazamento da PSV. N_{oinsp} é o ponto em questão no Gráfico 1, e CT_{min} é o custo total mínimo correspondente. N_{oinsp} corresponde aproximadamente a 5 inspeções enquanto o total de inspeções obtidos pelo método foi de 6,85 (Tabela 11). Ou seja, cerca de 37% a mais de inspeções estariam sendo executadas. Em outras palavras, algumas das quatro válvulas teriam que ser inspecionadas menos vezes para atingir o ponto de menor custo e criticidade.

Considerando o número de inspeções original (11,5), de acordo com o Gráfico 1, $CT \cong \$8.500$. Para o número ajustado de inspeções (6,85), $CT \cong \$5.800$. Isto equivale a uma redução de 31% aproximadamente. Se a comparação for com o N_{oinsp} , temos $CT_{min} \cong \$5.100$, uma redução de cerca de 40% de custo total original.

O gráfico obtido pode ajudar a balizar o número de inspeções necessárias. Contudo, o número de inspeções pelo critério custo não se baseia no estado específico de integridade da válvula, de forma que o método pode apresentar uma maior precisão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

PSV são equipamentos vitais em plantas de processo que trabalham com equipamentos pressurizados para garantir a segurança de pessoas e dos ativos da companhia. A aplicação do AHP com *ratings*, associado à metodologia da norma API RP 581 e distribuição estatística de Weibull, se mostrou factível para estimar os intervalos de inspeção de válvulas de segurança e alívio de pressão.

Comparando os atuais intervalos de inspeção aos novos obtidos, verificou-se que há espaço para ajustes que podem resultar uma redução de cerca de 4,85 inspeções ao longo de 6 anos, e conseqüentemente uma redução proporcional dos custos com manutenção. Em relação a custos, foi estimado um custo mínimo para a quantidade de inspeções necessárias a fim de manter um risco de vazamento dentro de um patamar aceitável. Considerando as válvulas de diferentes criticidades, o custo mínimo representou uma redução de valores de cerca de 31% em relação ao custo de inspeções atual.

A quantidade de inspeções pelo critério de custo foi menor que a quantidade obtida pelo método, sugerindo que algumas PSVs deveriam ser inspecionadas menos vezes para atingimento do ponto de menor custo e criticidade. Ressalta-se que os resultados pelo método se baseiam no histórico das condições de integridade das válvulas relatados nas manutenções do equipamento, refletindo ajustes que podem ser conseguidos baseado nos relatórios de cada válvula.

A acurácia dos valores estimados deve ser balizada em testes de bancada, que é o momento em que a válvula apresenta seu real estado de integridade. E, a depender do que seja observado, uma retroalimentação da fase de julgamentos pode ser necessária para ajustes nos pesos e conseqüentemente, o cálculo da probabilidade de falha da válvula.

A despeito da teoria prévia necessária, e da formulação matemática envolvida, a sistemática de aplicação do método pode ser automatizada em planilha eletrônica, simplificando o processo. E ainda, o método não se restringe apenas a PSV. Outros equipamentos podem ter seu intervalo de inspeção estimados com ajustes na estrutura da árvore hierárquica.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE: API 510: Pressure Vessel Inspection Code: In- Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration. Washington, 2014.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE: API 576: Inspection of Pressure-Relieving Devices. Washington, 2017.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE: API standard 580, Risk based Inspections, May 2002.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE: API standard RP 581, Risk based Inspection Technology. Downstream segment, 3rd edition. 2016.

BOTELHO, A. G.: Otimização da frequência de inspeções em psv usando análise estatística de dados. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.15, n. 4, p. 1224-1250, out./dez. 2015.

BHUSHAN, N., RAI, K.: Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process. London: Springer, 2004.

DIBIAT, C. B.: Determination of an optimum testing and inspection interval for pressure safety valves; University of Stavanger, 2010.

HOTTINGER BRUEL & KJAER INC: Characteristics of the Weibull Distribution. Disponível em: <<https://www.weibull.com/hotwire/issue14/re basics14.htm>>, acessado em 10/10/22.

MARINS, C. S., SOUZA, D. O., BARROS, M. S.: O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) Na Tomada de Decisões Gerenciais – Um Estudo de Caso. UFF – Universidade Federal Fluminense, UCAM – Universidade Cândido Mendes; 2009.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR-13: Caldeiras, Vasos de pressão e Tubulação. Brasília, 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>>, acessado em 15/10/2022.

NOGUEIRA, C. W.; A Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Analytic Hierarchy Process (AHP): Um Estudo de Caso na Priorização de Traçado de Pavimentação de Uma Estrada. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

NORSOK: Standard P-001, September 2006. Process design. Edition 5.

OKORO, U., KOLIOS, A., & Cui, L.: Multi-criteria risk assessment approach for components risk ranking – The case study of an offshore wave energy converter. International Journal of Marine Energy, 2017;

RANGEL, L. A. D.; GOMES, L. F. A. M.: O Apoio Multicritério à Decisão na avaliação de candidatos. EEIMVR, 2007.

SAATY, T. L.: Método de Análise Hierárquica. São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991.

SAATY, T.; VARGAS, L.: Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. 2. ed. New York: Springer, 2012.

SILVA, A.; BELDERRAIN, M.; PANTOJA, F.: Prioritization of R&D projects in the aerospace sector: AHP method with ratings. Journal of Aerospace Technology and Management, v. 2, p. 339 – 348, 2010.



Estudo do comportamento estrutural em carregamento horizontal de wood frames fechados por tábuas: shear walls

Jonathan Gustavo Spolador Ruiz

Engenheiro Civil. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina - PPU/UEM-UEL. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8759785451115712>.

Jorge Daniel de Melo Moura

Arquiteto e Urbanista. Professor Doutor Associado da Universidade Estadual de Londrina. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6702835576788945>

André Luís Christoforo

Engenheiro Civil. Professor Doutor Associado da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7623383075429186>.

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.172.2

RESUMO

O woodframe como se conhece apresenta diversas vantagens em relação à tecnologia construtiva tradicional, tais como agilidade na construção, baixa condução térmica, eficiência energética, e alta sustentabilidade. Porém, no Brasil, o envelopamento estrutural do painel depende do uso de chapas de OSB (Oriented Strand Board), o que implica na redução da acessibilidade ao sistema construtivo. É necessário ampliar o leque de aplicação do sistema, e uma possibilidade consiste em um projeto em woodframe mais acessível à população em geral e não atrelado aos monopólios de componentes construtivos. Um caminho possível se dá pela substituição da camada de fechamento dos painéis (envelopamento), que atualmente utiliza chapas de OSB, por tábuas de madeira serrada convencional. O objetivo desta pesquisa é, portanto, analisar a viabilidade de utilização e o comportamento de painéis de madeira com envelopamento em tábuas de pinus quando solicitados a esforços horizontais, utilizando como modelo numérico simulações em software. O trabalho estuda 5 diferentes tipologias de painéis, para a calibração, um modelo digital de um experimento ensaiado em laboratório e, como extrapolação, 4 modelos de diferentes configurações, comparando entre si o desempenho estrutural de cada um finalmente com dados publicados na literatura. O método utilizado foi o da modelagem digital utilizando dados experimentais já obtidos em trabalhos anteriores. Dos 5 tipos estudados quanto à tensão-deformação, apenas um não se mostrou viável pela alta concentração de tensão observada nos conectores, os demais modelos se mostraram devidamente adequados aos critérios preconizados por normas e documentos técnicos referenciados.

Palavras-chave: modelagem digital. Pinus spp. Shear Walls. sistemas construtivos em madeira. woodframe.

ABSTRACT

The woodframe as its known presents several advantages if compared to traditional construction technology, like the agility in construction, low thermal conduction, energy efficiency and high sustainability. Although in Brazil, the coating relies on the use of OSB (Oriented Strand Board), what implies a difficulty in its access by part of the population. It is necessary to increase the applicability of the system and one proposition consists in a woodframe project that is more accessible to the general population, one that is not bound by the monopoly over constructive components. A possible way consists in the substitution of the coating of the panels with standard pinus boards. The objective of this research is therefore to analyze the viability of utilizing and the behavior of wood panels with pinus board coating when submitted to horizontal loads, utilizing as method digital simulations. This paper lists 5 different panel topologies, to calibrate it, one digital model of a previous lab experiment, and, as extrapolation, 4 more panels with different configurations, comparing them between themselves and with the literature in regards of structural performance. The utilized method was of the digital simulation with previous laboratory data calibration. Regarding tension-deformation, one panel showed inviable due to the high concentration of tensions on one of the connectors, the others showed viable according to standard documents e technical papers.

Keywords: Digital Model. Pinus spp. Shear Walls. Wood constructive system. Woodframe.

INTRODUÇÃO

Falar-se em construções em *wood frame* no Brasil significa tocar em um assunto cujo potencial é o de ser a tecnologia do futuro. Mais e mais empresas têm se dedicado à implantação do sistema no Brasil e o projeto de norma brasileira que orienta sua execução passa por suas revisões finais e, no momento atinge no status de consulta pública.

De maneira geral, o sistema utiliza painéis constituídos de uma ossatura enrijecida por dois planos (um de cada lado) de chapa de madeira reconstituída OSB (*Oriented Strand Board*). Este material, no Brasil, é monopólio de fabricação de apenas uma empresa, o que pode trazer uma dependência comercial e, por conseguinte, de preços, do sistema como um todo. Por outro lado, um envelopamento com um material mais disponível e preço mais acessível poderia ampliar a abrangência de utilização do sistema, e isto, em todo o território nacional. Sob esta ótica, este trabalho analisa uma variação de método construtivo para construções em *wood frame*, alterando seu componente de vedação sem prejudicar o desempenho estrutural do sistema.

Para tanto, o objeto de estudo deste projeto consistiu na análise estrutural de painéis que utilizem tábuas de madeira pinus. Vale mencionar que até a presente data, não foram encontradas pesquisas na área de *wood frame* com o mesmo objeto de estudo, apenas as relacionadas que servem de subsídio e foram elaboradas na Universidade Estadual de Londrina por Paixão (2018) e Bortoleto (2019).

A única norma brasileira sobre *woodframe* ainda está em fase de consulta pública e pré-publicação, porém, têm-se documentos técnicos nacionais na área, como o DATec nº 020-D e a diretriz SINAT nº 005, elaborados com base em sistemas light *wood frame*, que fornecem requisitos e critérios de desempenho estrutural de segurança contra incêndio, durabilidade, manutenção dos elementos e métodos de avaliação do produto. Quanto a normas internacionais, a ASTM E564-06 (2018) descreve métodos de ensaio para avaliar a resistência das peças e a ISO/TR 12910 (2010) faz um comparativo com diversas normas e documentos técnicos.

Este trabalho dá continuidade à pesquisa de Paixão (2018), a qual elaborou um protótipo de painel com vedação em tábuas de madeira serrada do gênero pinus. Assim como o estudo de Bortoleto (2019), Paixão (2018) escolheu uma trajetória de pesquisa que visou analisar o comportamento estrutural das vedações em tábuas maciças de pinus através de ensaios em laboratório de seu modelo, cuja concepção estrutural se baseou no enrijecimento da ossatura interna através da inserção de diagonais no quadro. Os resultados da autora, mostraram um escorregamento relativo excessivo entre as tábuas de fechamento, indicando que uma limitação mais efetiva deste efeito seria a maneira mais eficiente de melhorar o comportamento do painel como um todo. Para minimizar este efeito, a proposta deste estudo se baseia na substituição do travamento em diagonal por montantes adicionais.

Figura 1 – Painel ensaiado por Paixão (2018).



Fonte: Paixão (2018)

Buscando ampliar o trabalho de Paixão (2018), assim como adotar uma nova trajetória de pesquisa, este trabalho visa principalmente testar uma nova configuração de sistema construtivo em *wood frame* que não utilize chapas OSB, na perspectiva de viabilizar a utilização do sistema em situações em que o material não se apresenta acessível ou disponível à população local.

De modo a contribuir com a tecnologia de construções em madeira, aumentando sua gama de possibilidades, ao apresentar a vedação em tábua de pinus como uma alternativa construtiva, o painel a ser estudado deve fornecer a resistência ao cisalhamento tal qual recomendam os documentos técnicos e normas existentes.

Assim, o objetivo geral desta pesquisa é a análise do comportamento estrutural ao cisalhamento do painel e os objetivos específicos são:

1. Realizar simulações computacionais de painéis estruturais com base na validação de dados obtidos em outros estudos;
2. Estudar a influência dos novos arranjos geométricos no desempenho estrutural do painel.

Para alcançar tais objetivos foi alterado o componente de vedação do sistema construtivo *wood frame* tradicional em OSB e isto implicou em analisar também os demais componentes do painel. Assim sendo, é necessário também estudar as configurações dos componentes internos (montantes e travessas) que influenciam na resistência estrutural do conjunto.

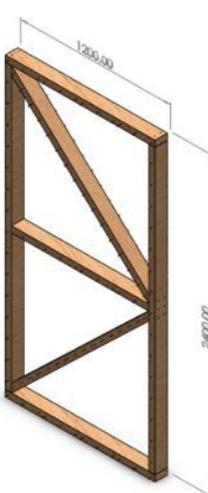
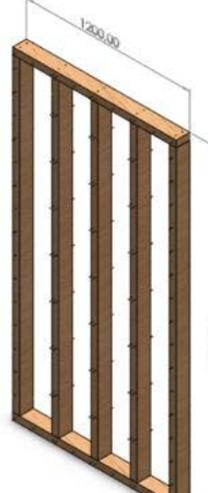
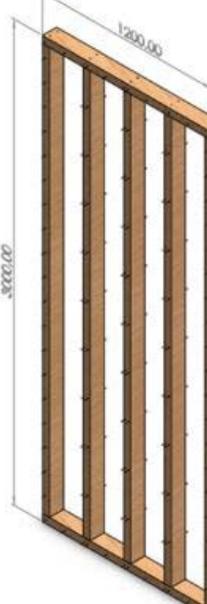
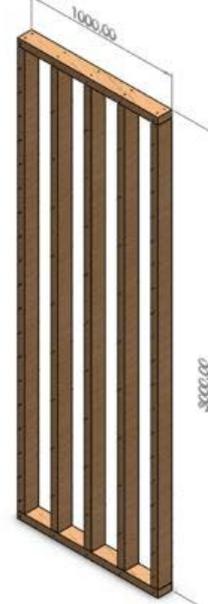
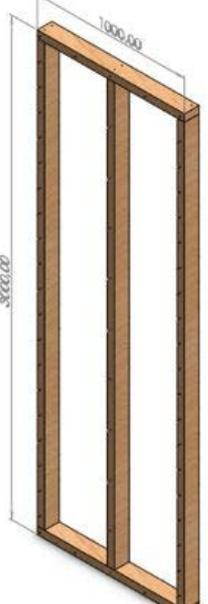
MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de se analisar o comportamento dos painéis de madeira quando submetidos a esforços horizontais, foram utilizadas nesta pesquisa simulações numéricas baseadas em dados obtidos experimentalmente em laboratório.

Para as simulações, têm-se como objetos cinco modelos diferentes de painéis compostos por um quadro montado por peças de madeira e envelopamento realizado por tábuas de madeira serrada. Os mesmos são submetidos a um carregamento pontual na extremidade superior,

a fim de avaliar a resistência do conjunto (painel como um todo), e as diferenças de resistência entre os modelos elaborados.

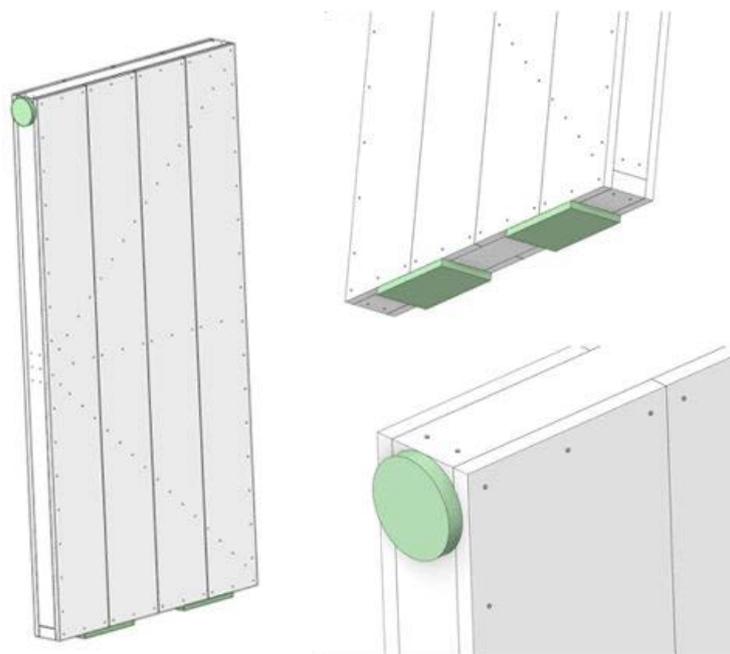
Tabela 1 – Ossatura dos modelos de projeto 01 a 05 no software Solidworks.

Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
				

Fonte: Autor.

Os Softwares Solidworks - 2020 e Ansys - 2021 foram utilizados neste processo, possibilitando modelar digitalmente as peças dos quadros, as tábuas do fechamento, os pregos, as ligações entre peças e também os engastes na base e a aplicação de carregamento.

Figura 2 - Modelo 01 no software Ansys com cilindro de carga e placas de apoio



Fonte: Autor.

Para que o acima exposto fosse possível, foi necessário também calibrar o modelo com

dados pré-existent. Esta calibração tomou por base dados da literatura, medições realizadas em laboratório e o experimento realizado por Paixão (2018), que foi inserido no software visando obter os resultados próximos aos empíricos, o que valida a eficácia da simulação.

No ensaio realizado por Paixão (2018), dentre os painéis rompidos obteve-se uma média de carregamento máximo de 22493N, no modelo replicado para calibração se utilizou então um carregamento pontual arredondado para 22500N. O mesmo foi aplicado sobre uma placa metálica circular de 125mm de diâmetro, que simula a prensa de ensaio do laboratório. Assim, foi possível ajustar os valores no software até se obter resultados semelhantes aos do ensaio.

Tabela 2 - Máximo carregamento e rigidez aparente dos painéis de Paixão (2018)

Espécie	Carregamento Máximo	Carga máxima por metro	40% do carregamento máximo	Deslocamento para 0,4*Fmáx	Rigidez Aparente
	Pmáx	Su	Fesc	Δ esc	G'
	(N)	(N/m)	(N)	(mm)	(mm)
S2	23450	19542	9384	40,3	466
S3	23250	19375	9348	44,4	421
S4	24600	20500	9839	40,3	489
S5	22090	18408	8833	39,2	451
S6	24660	20550	9837	39,1	503
S7	18730	15608	7498	45,9	327
S8	20670	17225	8271	34,9	474
Média	22493	18744	9001	40,6	447
Desvio Padrão	2171	1809	865	4,0	59
Coef. de Variação COV%	9,65	9,65	9,65	8,95	13,26

Fonte: Paixão (2018)

A espécie considerada foi o Pinus spp., a mesma utilizada no trabalho de Paixão (2018). Este material, peças do quadro e do envelopamento, foi estocado e acondicionado nas instalações do laboratório de estruturas da Universidade Estadual de Londrina visando obter dados como a densidade da madeira utilizada e o módulo de elasticidade das peças.

Foi realizada a separação das peças de madeira por grupos através de classificação visual e mecânica. Para cada peça foram medidas as dimensões de comprimento, largura e altura em três pontos, início, meio e fim. Posteriormente as peças foram pesadas, aferidas em teor de umidade com auxílio do aparelho Digisystem DL2000 e tiveram medições de ondas aferidas pelo aparelho de Ultrassom Agricef USLab.

Com o intuito de avaliar o comportamento estrutural dos painéis em madeira, a modelagem numérica se mostrou uma ferramenta altamente eficiente. A modelagem é uma estratégia de aproximação do elemento estudado, permite diminuir a vasta gama de possibilidades de en-

saio, focar no objeto de estudo e, desde que embasado em ensaios prévios e respectivos dados, obter também resultados numéricos sem a necessidade de novos ensaios. Nesta pesquisa, são utilizados os softwares SolidWorks, da Dassault Systemes - 2020 para concepção de projeto e análises prévias e o Software Ansys Benchmark - 2021 para as análises finais e refinadas.

Conforme elenca Fereguetti (2018), no software SolidWorks, é possível visualizar o produto por dentro e por fora, identificar falhas no projeto, realizar simulações para testar resistência dos componentes, avaliar os impactos ambientais, gerenciar dados e outros. Com tantos recursos assim em um único software, ele é uma ferramenta poderosa para a concepção de projetos.

Tanto o software SolidWorks quanto o Ansys são geralmente utilizados para se projetar estruturas metálicas, como peças e componentes, porém também são viáveis para o cálculo de estruturas de madeira. Para tanto é necessário criar-se um material cujas propriedades são as mesmas da madeira a ser empregada e configurar o desenho do elemento para utilização deste material.

A dificuldade de simulação de peças em madeira nestes softwares se dá no fato da madeira ser um material anisotrópico, ou seja, se comporta de maneira desigual e não proporcional nos 3 planos de simetria: radial, tangencial e longitudinal, devido à disposição de suas fibras. Isto fez com que os dados coletados em laboratório para Módulo de Elasticidade Dinâmico, que foram os de um material isotrópico, não resultassem em análises iniciais muito precisas.

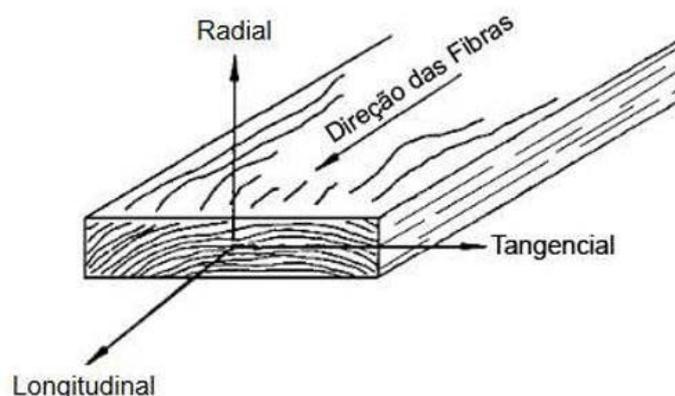
Foi possível, porém, fazer uma melhor aproximação definindo a madeira como material ortotrópico, ou seja, àquele que “não apresenta simetria em três direções, porém suas propriedades não variam numa mesma direção, variando apenas de uma direção para outra” (DE MELO, 2002).

Segundo de Melo (2002):

Para efeito de caracterização física, pode-se idealizar a madeira como um material ortotrópico, com três direções principais, perpendiculares entre si, coincidentes com a direção longitudinal (ao longo do comprimento da árvore), tangencial (tangente aos anéis de crescimento) e radial (em direção ao centro da árvore).

Para a madeira Pinus, os valores de Módulo de Elasticidade e os coeficientes de Poisson podem ser obtidos em cada uma das três direções ortotrópicas do plano cartesiano, a direção das fibras (ou longitudinal), a direção tangencial e a radial. Estas direções são padronizadas conforme imagem:

Figura 3 – Direções ortotrópicas da madeira



Fonte: Green (1999)

Este tema de definição de propriedades ortotrópicas na madeira foi estudado por Pizzini (2017), que obteve os valores de constantes elásticas da tabela 3. Nesta tabela “E” se refere ao módulo de elasticidade, ao coeficiente de poisson, “G” o módulo de elasticidade transversal, e L, R e T são as direções longitudinal, radial e transversal, conforme figura 3.

Tabela 3 - Valores médios para as constantes elásticas da madeira (e em MPa)

Espécie	E_L	E_R	E_T	G_{LT}	G_{LR}	G_{RT}
Guarapuvú	3507,5	519,5	287,2	420,8	377,8	72,9
Ipê	18043,9	1748,1	960,5	831,2	620,2	356,3
Angico	8558,5	759	462,1	727,1	542,4	248,6
Pinus	5471	1049,4	737,6	307	542,6	116,3
Espécie	V_{RT}	V_{RL}	V_{TR}	V_{TL}	V_{LR}	V_{LT}
Guarapuvú	0,6802	0,0662	0,3458	0,0448	0,4818	0,5019
Ipê	0,6136	0,0371	0,3532	0,0270	0,4345	0,4790
Angico	0,8068	0,0484	0,4975	0,0239	0,5089	0,4549
Pinus	0,6393	0,0858	0,4509	0,0477	0,3701	0,3346

Fonte: Pizzini (2017).

Tanto o software SolidWorks quanto o Ansys trabalham com o método dos elementos finitos, conforme explana Tavares (2014), “O método FEM (Finite Element Method) substitui um problema complexo por um conjunto de problemas simples. Divide o modelo em muitas peças pequenas (por exemplo, tetraedros) de formas simples, chamados elementos”. Os resultados desta análise são fornecidos em valores de tensão em MPa e deslocamento em mm.

Na tensão, segundo Tavares (2014), um escalar positivo avalia a falha ou não da estrutura em determinado ponto do corpo e pode ser definida em termos das tensões normais e de corte pela equação da tensão de Von-Mises (2), onde se refere ao tensor tensão de Cauchy, ou seja, às tensões em cada direção dos planos de um sólido elementar. O critério de Von-Mises é desenvolvido para materiais dúcteis, como é o caso do aço, em que a falha é governada pelo cisalhamento, porém também pode ser aplicado para avaliação de efeitos cisalhantes em outros materiais.

$$\sigma_{vonmises} = \sqrt{\frac{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2)}{2}}$$

*Onde 1 é a direção x, 2 é a direção y e 3 é a direção z,

Baseado neste conceito é possível simular e entender o comportamento do elemento quando submetido a cargas estáticas, proporcionando a possibilidade de fazer alterações no projeto de acordo com os resultados obtidos para o design antes de partir para a etapa de produção do elemento de estudo.

Variáveis de Projeto

Para os dados relativos às propriedades dos materiais, os valores de Pizzini (2017), Tabela 3, para madeiras ortotrópicas tiveram de ser adaptados para cada uma das peças, uma vez que ora a maior dimensão está no eixo X, ora no eixo Y ou Z. Deste modo, foram inseridos no banco de dados do Ansys diferentes materiais para as tábuas, montantes, travessas e pregos,

como segue:

Figura 4 – Lista de Materiais utilizados no Software Ansys – Montantes/Tábuas.

The image shows a screenshot of the Ansys software interface. At the top, there is a list of materials for 'Montantes/Tábuas' (rows 5-9) and 'Travessia' (rows 7-9). Below this, two property tables are displayed. The first table, 'Properties of Outline Row 5: Pinus Ortótrópico - Montante', lists properties such as Density (530 kg m⁻³), Young's Modulus (1049,4 MPa), and Poisson's Ratio. The second table, 'Properties of Outline Row 6: Pinus Ortótrópico - Tábuas', lists similar properties for the boards, including Young's Modulus (737,6 MPa) and Poisson's Ratio (0,3701).

Property	Value	Unit
Material Field Variables	Table	
Density	530	kg m ⁻³
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
Orthotropic Elasticity		
Young's Modulus X direction	1049,4	MPa
Young's Modulus Y direction	5471	MPa
Young's Modulus Z direction	737,6	MPa
Poisson's Ratio XY	0,0858	
Poisson's Ratio YZ	0,3346	
Poisson's Ratio XZ	0,6393	
Shear Modulus XY	0,001843	MPa
Shear Modulus YZ	307	MPa
Shear Modulus XZ	116,3	MPa

Fonte: Autor

Figura 5 – Lista de Materiais utilizados no Software Ansys – Travessas.

The image shows a screenshot of the Ansys software interface. At the top, there is a list of materials for 'Travessas' (rows 7-9). Below this, a property table is displayed for 'Pinus Ortótrópico - Travessa'. The table lists properties such as Density (530 kg m⁻³), Young's Modulus (5471 MPa), and Poisson's Ratio (0,3701).

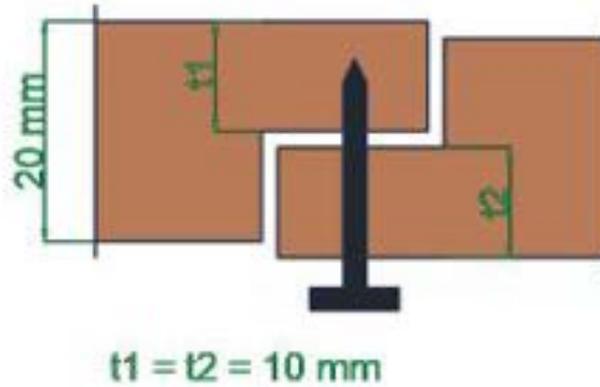
Property	Value	Unit
Material Field Variables	Table	
Density	530	kg m ⁻³
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
Orthotropic Elasticity		
Young's Modulus X direction	5471	MPa
Young's Modulus Y direction	1049,4	MPa
Young's Modulus Z direction	737,6	MPa
Poisson's Ratio XY	0,3701	
Poisson's Ratio YZ	0,6393	
Poisson's Ratio XZ	0,3346	
Shear Modulus XY	542,6	MPa
Shear Modulus YZ	116,3	MPa
Shear Modulus XZ	307	MPa

Fonte: Autor

Foi realizado o cálculo da resistência das ligações entre prego e madeira conforme preconiza a NBR 7190 a fim de verificar se o estado limite último seria o escoamento dos pregos ou o fendilhamento das peças de madeira.

Os modelos 04 e 05 sugerem a abertura de encaixes a meia madeira entre tábuas, a fim de minimizar o número de montantes verticais presentes no interior dos painéis. Como as tábuas de pinus convencionais possuem comercialmente entre 20 e 25 mm de espessura, decidiu-se tomar partido a favor da segurança e adotar a menor dimensão possível:

Figura 6 - Esquema de ligações entre tábuas de fechamento nos modelos 04 e 05



Fonte: Autor.

Para o cálculo, o conhecimento de algumas variáveis foi necessário. A NBR 7190 considera os pregos estruturais como tendo um $f_{yk} = 600 \text{ MPa}$, a resistência ao embutimento da peça ($f_{ed.}$) foi obtida segundo um estudo empírico, o trabalho De Araújo et. Al. (2014), que obteve em laboratório 6 valores de resistência, variando entre 30,83 e 40,35 Mpa, obtendo assim uma média de aproximadamente 35 Mpa de resistência ao embutimento.

O procedimento de cálculo da NBR 7190 preconiza que se $\beta > \beta_{lim}$ será o prego a atingir a ruptura antes de a madeira ceder, segundo a expressão:

$$\beta = \frac{t}{d} \quad (2)$$

Sendo "t" a menor espessura de ligação entre peças e "d" o diâmetro dos pregos de ligação

Assim, é possível analisar dois casos, um utilizando o prego de 2,5mm e outro com um prego de maior diâmetro, de 2,7 mm, nestes:

$$\beta_{2mm} = \frac{10}{2,5} = 4 ; \beta_{3mm} = \frac{10}{2,7} = 3,7$$

Segundo a NBR 7190:

$$\beta_{lim} = 1,25 \sqrt{\frac{f_{yd}}{f_{ed}}} \quad (3)$$

Tem-se então para a ligação em questão:

$$\beta_{lim} = 1,25 \sqrt{\frac{600}{35}} = 5,17$$

Como em ambos os casos $\beta < \beta_{lim}$, a ruptura se dará na madeira, apresentando fendilhamento, e o prego não escoará, mesmo com 2,5mm. Para este caso, a norma brasileira apresenta a resistência ao cisalhamento segundo a expressão:

$$R_{vd,1} = 0,4 \frac{t^2}{\beta} \cdot f_{ed} \quad (4)$$

Realizando os cálculos para ambos os pregos se obtém,

Para o prego de 2,5mm:

$$R_{vd,2mm} = 0,4 \frac{10^2}{4} .35 = 350 \text{ MPa por prego}$$

Para o prego de 2,7mm:

$$R_{vd,3mm} = 0,4 \frac{10^2}{3,7} .35 = 378 \text{ MPa por prego}$$

Conforme a NBR 7190, as ligações estarão fora do limite de segurança quando os valores de tensão se aproximarem de 378 MPa em pregos 2,7mm ou 350 MPa em pregos 2,5mm. Deste modo, para não atingirem o limite de escoamento, os dados de simulação não devem ultrapassar estes valores para os carregamentos aplicados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Várias configurações de painéis foram consideradas na simulação numérica, conforme disposto na Tabela 1. São 5 modelos no total, avaliados segundo as mesmas condições de carregamento pontual na extremidade superior, simulando o ensaio realizado por Paixão (2018). Os modelos que extrapolaram o trabalho de Paixão (2018) tiveram as mesmas configurações de carregamento, ou seja, uma carga pontual aplicada em placa de carregamento na extremidade superior, estando a base do painel engastada ao solo por outras placas.

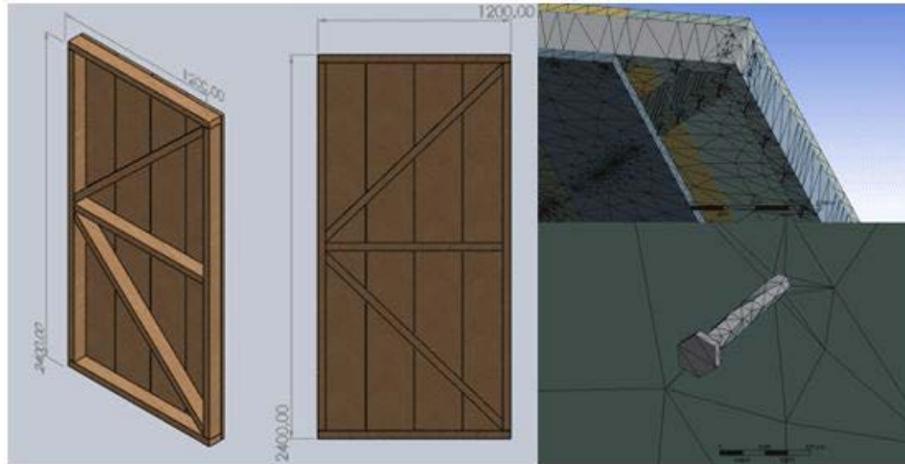
O Modelo 02 consiste na troca de diagonais do modelo inicial tal qual concebido por Paixão, por mais montantes: o Modelo 03 consiste em uma versão de 3,0m do modelo 02. O modelo 04 apresenta encaixes nas tábuas de envelopamento e o Modelo 05 é a versão com menos montantes do Modelo 04.

A seguir estão representados os esforços e deslocamentos encontrados para os modelos no software Ansys, os mesmos foram elaborados no software Solidworks e posteriormente exportados em formato parasolid para o Ansys, no qual foi possível editar suas propriedades.

O Modelo 01 é o ponto de partida, pois, permite calibrar o modelo computacional com a proposta de Paixão (2018) através dos valores observados de tensão e deslocamento. Para tanto, na modelagem considerou-se a base engastada em duas placas metálicas de 30cm x 15cm e a carga pontual aplicada sobre uma superfície metálica circular de 125 mm diâmetro que simula a prensa de laboratório. A malha da simulação foi refinada de modo a ficar com subdivisões menores na região das ligações. As ligações entre peças se dão apenas pelos pregos de 2,5x60mm (entre tábuas) e 2,7x75mm (entre peças), em que se considerou perfeita união entre a superfície dos pregos e os furos das peças de madeira. Considerou-se também um coeficiente de atrito estático de 0,2 existente no encontro entre peças.

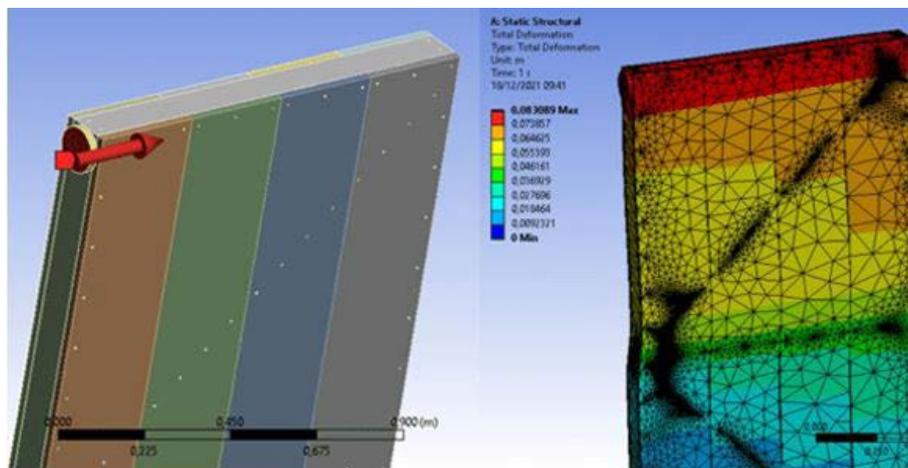
O modelo inicial simula as condições de laboratório da resistência do painel quando solicitado a carga pontual de 22500N em sua extremidade superior esquerda. Neste caso, obteve-se deslocamento máximo de 83,0mm, que se aproxima dos valores médios obtidos experimentalmente por Paixão (2018), que obteve para uma média de força de 22490 N cerca de 90mm de deslocamento médio.

Figura 7 - Design do modelo inicial com fechamento no Solidworks e malhas utilizadas no Ansys



Fonte: Autor.

Figura 8 - Simulação do Modelo Inicial para calibração de Software (22500N).

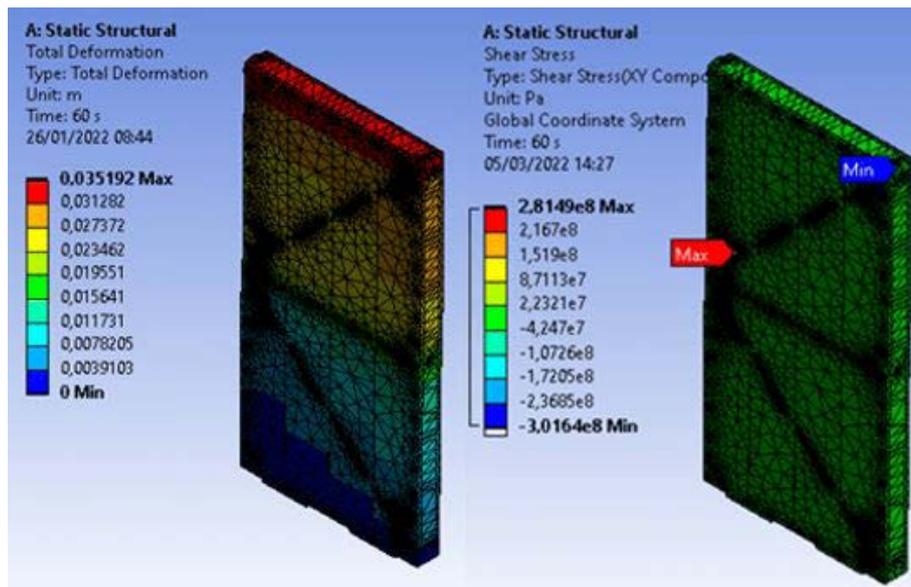


Fonte: Autor.

O trabalho de Paixão (2018) analisa os dados com os painéis submetidos a 40% do carregamento máximo, uma vez que este valor representa as condições de uso, conforme preconizado pela norma EN:26891 (1991). Seguindo esta lógica, para todos os painéis desta pesquisa simulados no Ansys aplicou-se de 9000N, o equivalente à 40% dos 22500N.

Na figura 9 pode-se observar as deformações e esforços cortantes no modelo inicial de calibração para um esforço de 9000N, valores máximos de 35,2mm e 281,49MPa respectivamente:

Figura 9 - Simulação para calibração de Software, deslocamento e esforços cortantes para 9000N.

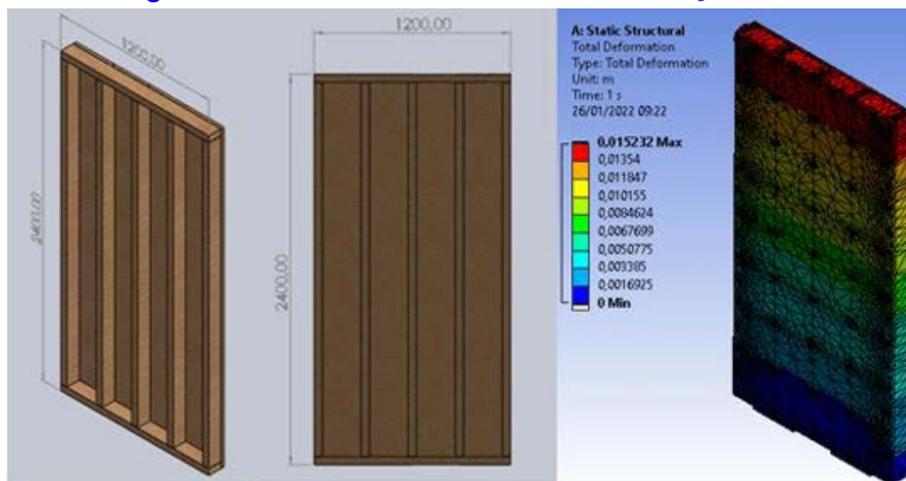


Fonte: Autor.

A simulação do painel concebido por Paixão (2018) com 9000N indicou 281,49MPa de máximos esforços cortantes nas ligações pregadas e um deslocamento máximo de 35,2 mm, ao passo que a média de seu experimento resultou em 40,6mm de deslocamento, conforme tabela 2. Visto que o programa simula as peças de madeira em condições ideais (sem empenamento ou avarias), condições que raramente são alcançadas em laboratório, os valores se mostraram satisfatórios e a validação se mostrou efetiva.

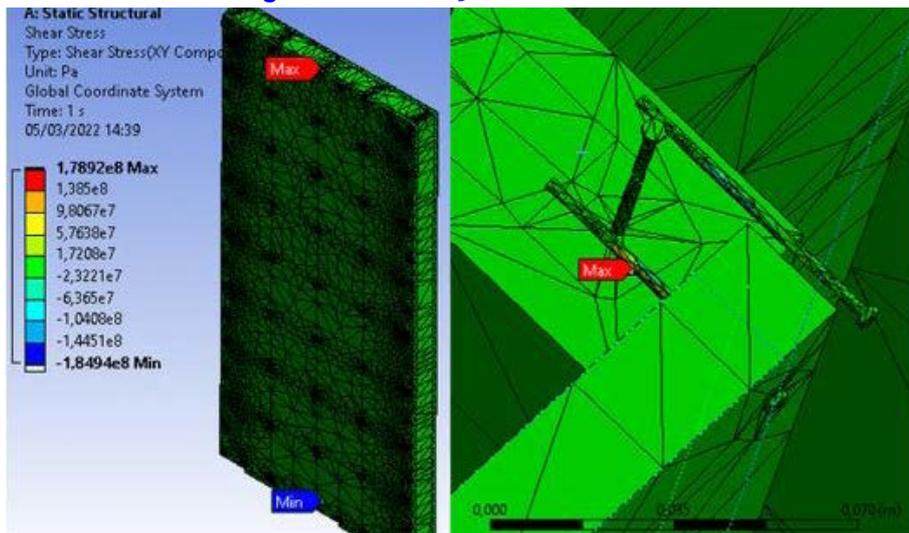
Para o segundo modelo, as diagonais de travamento foram removidas e aumentou-se o número de montantes. Este modelo preservou a rigidez do modelo inicial, como se observa nas simulações com 9000N. As características do modelo estão descritas na figura 10:

Figura 10 - Design do modelo 02 com fechamento e simulação de deslocamento.



Fonte: Autor.

Figura 11 – Esforços no modelo 02.

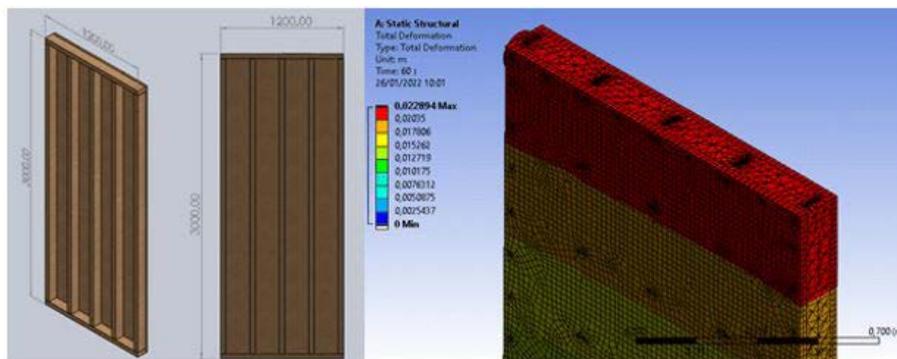


Fonte: Autor.

Este modelo se mostrou o mais resistente, apresentando deslocamento máximo de 15,2mm e tensões máximas nos conectores de 178,92 MPa. Conforme se observa nas figuras 46 e 49, o fechamento em tábuas combinado com a inclusão de mais montantes confere a rigidez necessária para minimizar o deslocamento, se comparado ao modelo 01, que apresentou 35,2 mm de deslocamento. Com relação às tensões, conforme se observa na figura 50, os esforços cortantes máximos nos pregos também sofreram uma redução e estão abaixo do valor de 378 MPa calculado segundo a norma NBR 7190 no capítulo 4.4.

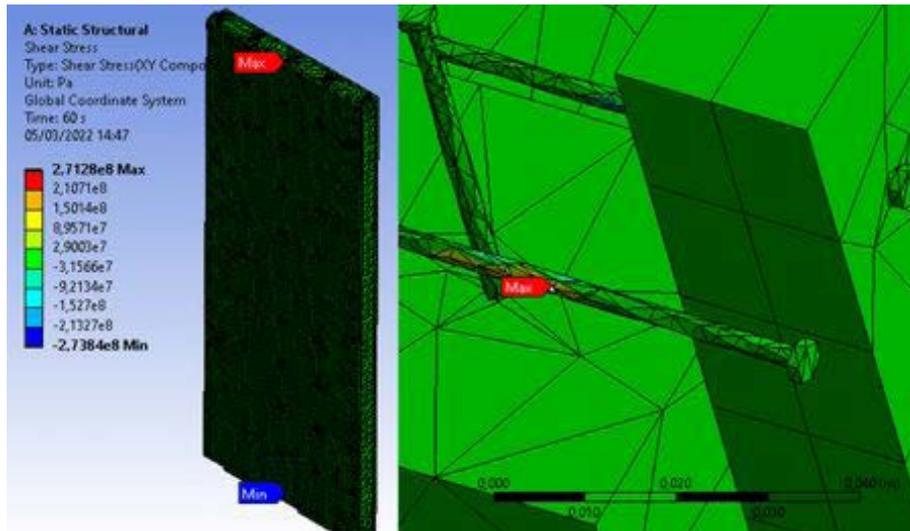
O modelo projetado de número 03 é semelhante ao anterior, porém, com 3,00 metros de altura. Este modelo com maior altura foi concebido ao se pensar na construção e baixa usabilidade de painéis com 2,40 metros de altura, que, além de não serem aceitos por código de obras de diversas cidades, apresentam dificuldades para se construir espaços entre forros para tubulações.

Figura 12 - Design do modelo 03 com fechamento e simulação de deslocamento.



Fonte: Autor.

Figura 13 – Esforços no modelo 03.

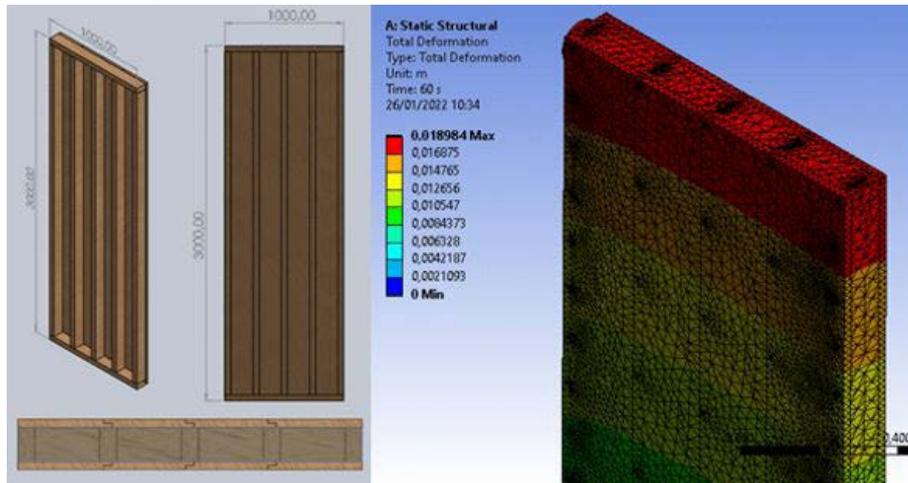


Fonte: Autor.

De modo análogo à simulação do modelo inicial na versão de 3 metros, neste modelo, a altura do painel alterou o desempenho da estrutura como um todo, porém de modo não significativo. Observa-se através de comparação das figuras 10 e 12 que o deslocamento máximo aumentou de 15,2mm para 23,0mm, o equivalente a 50,6%.

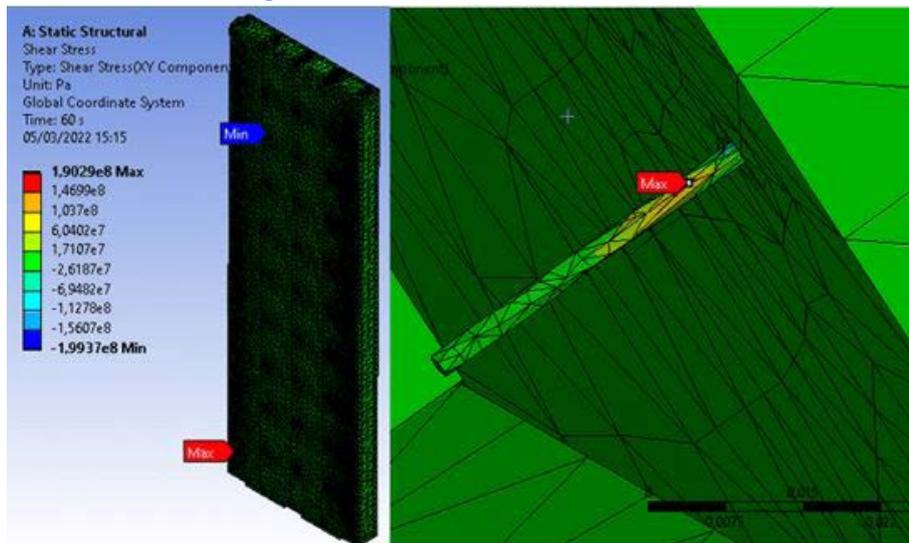
O modelo 04 foi elaborado a partir de encaixes tipo meia-madeira entre as tábuas, utilizando 2,5cm de cada lado das tábuas e fazendo com que sua dimensão fosse reduzida de 30cm para 25cm e isso fez com que o tamanho dos painéis fosse diminuído para múltiplos de 1,00m ao invés de 1,20m, conforme imagem:

Figura 14 - Design do modelo 04 com fechamento e simulação de deslocamento.



Fonte: Autor.

Figura 15 – Esforços no modelo 04.



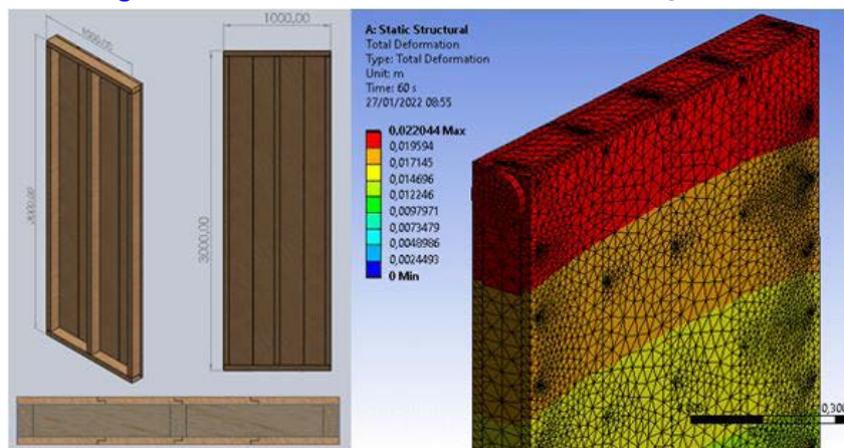
Fonte: Autor.

Conforme se observa, o acréscimo na proximidade entre montantes reduziu levemente o deslocamento e esforços internos se comparado ao modelo 03 anterior, de 23,0mm e 271,28 Mpa para 19,0mm e 190,29MPa.

A opção por este modelo implicaria o consumo de mais material, uma vez que o painel se torna mais curto, além de requerer trabalho adicional de usinagem das tábuas.

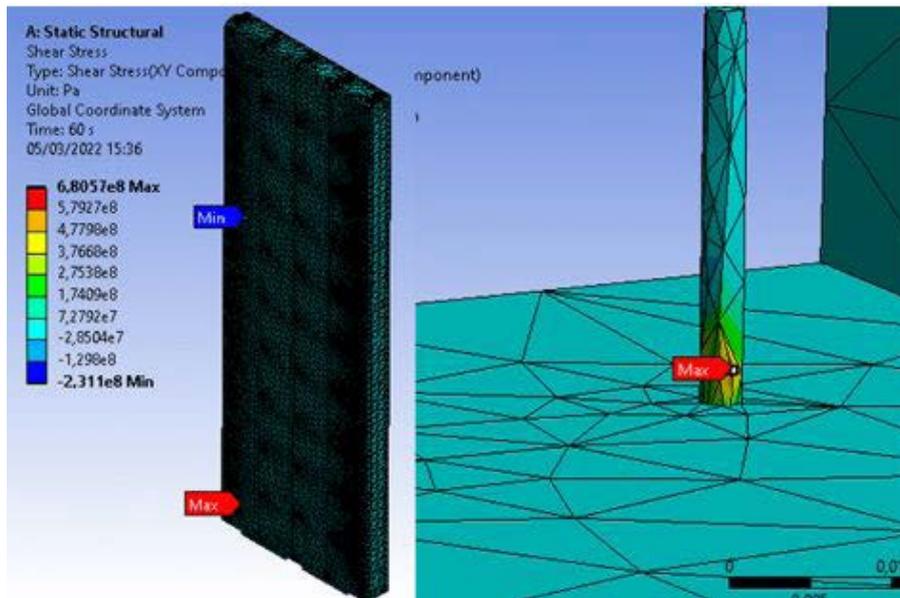
O quinto modelo apresenta a mesma premissa do anterior, diminuindo-se o número de montantes entre as peças, de modo que estes ficaram dispostos a cada dois encaixes entre tábuas. Este modelo objetivou o gasto mínimo de material:

Figura 16 - Design do modelo 05 com fechamento e simulação de deslocamento.



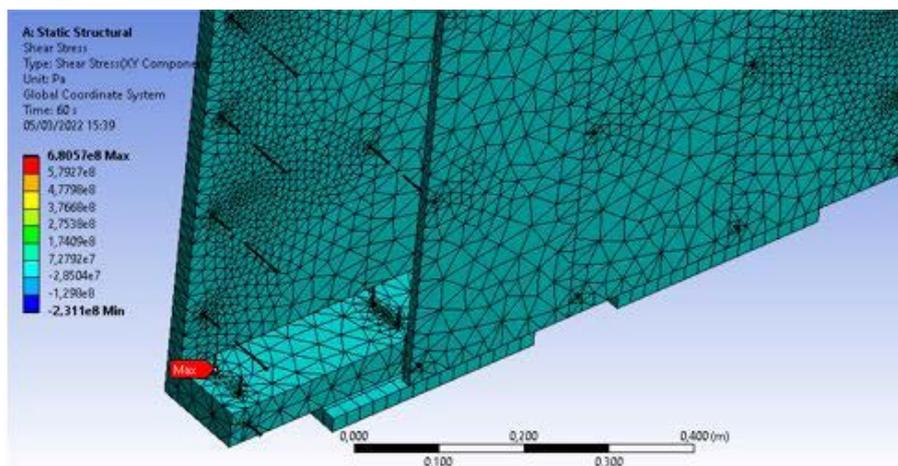
Fonte: Autor

Figura 17 – Esforços no modelo 05.



Fonte: Autor.

Figura 18 – Pregos na base com esforços excessivos no modelo 05



Fonte: Autor.

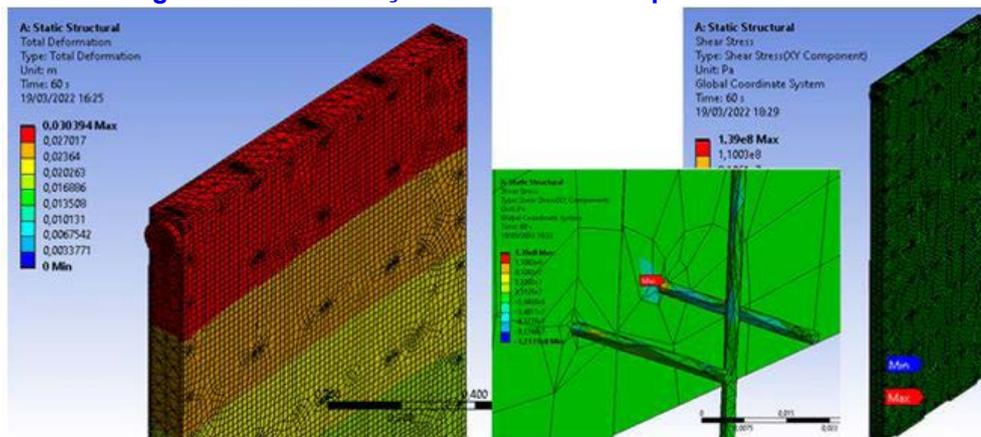
A simulação deste modelo de gasto mínimo de material mostrou que apesar de os deslocamentos serem de ordem semelhante aos modelos anteriores, (deslocamento máximo de 22,0mm), os esforços máximos internos foram muito elevados, com um valor de 680,57MPa, o que supera o limite de uso de 378,00 MPa preconizado pela NBR 7190 (capítulo 4.4). Com estes valores de tensão, as ligações podem vir ceder por escoamento dos pregos ou rachamento das tábuas, sendo o rachamento mais provável devido ao fato de a espessura ser reduzida nos entalhes deste modelo e também por imperfeições que a peça possa vir a apresentar. Este modelo é, portanto, o único não adequado/indicado ao uso em construções.

O modelo 03, conforme será discutido nos tópicos seguintes de resultados gerais e conclusão, se mostrou uma boa opção para aprofundamento em pesquisa e com isto em mente, foi elaborada uma versão com a espessura reduzida das peças de envelopamento para este modelo. Os modelos de 01 a 05 consideram a espessura das tábuas com 25mm, que combinadas com os montantes de 100mm, somam o equivalente à uma parede padrão de alvenaria de 150mm

de espessura.

Para o Modelo 03 Reduzido considerou-se uma espessura de tábuas de 11mm, um valor que é comumente utilizado em chapas de OSB no sistema wood frame (empresa Tecverde p.e.), ao passo que também pode ser facilmente obtido ao se desdobrar e aparelhar tábuas convencionais de pinus.

Figura 19 – Deformação no Modelo 03 Espessura reduzida



Fonte: Autor

Comparando-se os modelos “03” e “03 Espessura reduzida”, é possível perceber que reduzir a espessura das tábuas de vedação fez com que o deslocamento máximo aumentasse de 23,0mm para 30,4mm, um acréscimo de 32% e as tensões reduzissem de 271,28MPa para 139,00MPa, uma redução de 49%. Valor ainda abaixo de Paixão que obteve 40,6mm.

O aumento no deslocamento e redução nas tensões internas se deve ao fato de que, com menos material na vedação para resistir à carga aplicada, o corpo do painel, que é um conjunto de todas as peças se comportando como um pilar em balanço, tem menor capacidade de fornecer a força de reação para a ação da prensa simulada.

A seguir estão dispostos os valores de tensão e deslocamento para os casos das simulações com fechamento em madeira serrada. É possível realizar uma análise comparativa entre modelos com base nos deslocamentos e tensões apresentadas em cada um destes.

Tabela 4 – Comparativo de valores entre os painéis da simulação e o modelo

Modelo	Deslocamento máximo (mm)	Esforços cortantes máximos (MPa)	Rigidez Linear G' (N/mm)
01 Paixão (2018) – Modelo experimental com reforço do quadro em diagonal	40,6	(dados não disponíveis)	447
01 Simulação – Modelagem digital do modelo 01 (Paixão, 2018) para calibração	35,2	281,49	511
02 Simulação – Dimensões de 2,40x1,20m com 3 montantes internos	15,2	178,92	1184
03 Simulação - Dimensões de 3,00x1,20m com 3 montantes internos	23,0	271,28	978
03 Espessura Reduzida Simulação – Modelo 03 com a espessura reduzida das tábuas de 25mm para 11mm	30,4	139,00	740
04 Simulação - Dimensões de 3,00x1,00m com 3 montantes internos e entalhes de sobreposição nas tábuas	19,0	190,29	1421
05 Simulação - Dimensões de 3,00x1,00m com 1 montante interno e entalhes de sobreposição nas tábuas	22,0	680,57	1227

Fonte: Autor.

Através da análise computacional foi possível estabelecer algumas relações ao comparar os painéis entre si. O modelo 02 se assemelhou ao modelo de Paixão (2018) em termos de dimensões (2,40x1,20). Ao se comparar o modelo “01 Simulação” com o modelo “02 Simulação”, observa-se que houve um acréscimo na resistência estrutural do painel, uma vez que se reduziu o deslocamento máximo e também os esforços cortantes máximos nas ligações. Esta redução indica que é vantajoso substituir diagonais de travamento por mais montantes verticais, uma vez que a configuração com diagonais permite maior liberdade para deslocamento/escorregamento relativo entre tábuas, ainda que com um consumo maior de madeira (4,0 metros lineares de peças de madeira na ossatura a mais).

Seguindo a mesma premissa de se utilizarem mais montantes e aumentando-se a altura do painel de 2,4m para 3,0m têm-se o modelo 03. Na comparação dos modelos “02 Simulação” e “03 Simulação” percebe-se que há um aumento no deslocamento máximo e também nas tensões internas, porém, os valores ainda ficam abaixo do modelo “01 Simulação”.

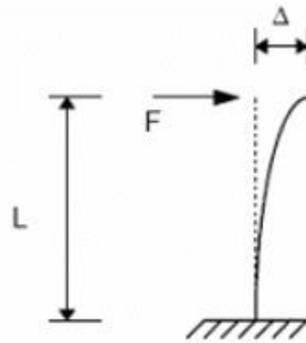
Para o modelo 04, ao reduzir-se a largura de 1,20m para 1,00m e considerar tábuas encaixadas entre si, tanto o deslocamento máximo quanto os esforços internos se mostraram menores do que o modelo anterior, “03 Simulação”. Isto porque o atrito existente no encaixe entre tábuas e a maior proximidade entre montantes fez com que a rigidez linear do painel aumentasse em cerca de 45%.

O modelo 05 têm a premissa de diminuir o gasto de material ao remover alguns montantes internos uma vez que já existem ligações nos encaixes entre tábuas. Porém, conforme demonstra a simulação, a dependência apenas dos encaixes entre tábuas fez com que houvesse uma maior concentração de tensões em outras regiões e esforços excessivos aparecessem em certos pontos, estando estes acima dos limites de norma.

Dos novos modelos (02 a 05), o 02 foi o que apresentou o melhor desempenho estrutural, porém não é o mais indicado para construções devido ao seu pé-direito ser limitado em 2,40m. O modelo 03 se mostrou o mais vantajoso por apresentar um bom desempenho estrutural e ao mesmo tempo, também é de fácil construção. Sob esta ótica, elaborou-se também o Modelo 03 de espessura reduzida, que apresenta bom aproveitamento de material e um bom desempenho geral além de uma fácil execução.

Outra análise consiste no critério de norma para construções em balanço do item 9.2 da NBR 7190 (1997), em que “A flecha efetiva, determinada pela soma das parcelas devidas à carga permanente e à carga acidental, não pode superar 1/200 dos vãos, nem 1/100 do comprimento dos balanços correspondentes”.

Figura 20 – Exemplo do item 9.2 da NBR 7190 (1997)



Fonte: Kennedy (2013)

Assim, considerando o painel similar a uma viga em balanço, fixado à base, ao se comparar os deslocamentos da tabela 10 com os critérios da NBR 7190 (1997), tem-se que todos os novos modelos apresentaram um bom desempenho em termos de deslocamento, uma vez que estes não excederam o valor normativo para vãos em balanço, em que os deslocamentos limites ($l_b/100$) seriam: para o modelo 02, $2400/100 = 24.0\text{mm}$, que apresentou 15.2mm ; para os modelos 03, 04 e 05, $3000/100 = 30.0\text{ mm}$, que apresentaram 23.0mm , 19.0mm e 22.0mm , respectivamente. Este deslocamento normativo também é de 30.0mm para o Modelo 03 Reduzido que apresentou um valor muito próximo ($30,4\text{mm}$), demonstrando um excelente desempenho segundo este critério de norma, não estando subdimensionado nem superdimensionado.

Tabela 5 - Deslocamentos limites verticais

	Ações a considerar	Deslocamentos calculados	Deslocamentos limites
Construções correntes	Permanentes+variáveis em combinação de longa duração	Em um vão l entre apoios	$l/200$
		Em balanço de vão l_b	$l_b/100$
Construções com materiais frágeis não estruturais	Permanentes+variáveis em combinação de média duração	Em um vão l entre apoios	$l/350$
		Em balanço de vão l_b	$l_b/175$
	Variáveis em combinação de média ou curta duração	Em um vão l entre apoios	$l/300 \leq 15\text{mm}$
		Em balanço de vão l_b	$l_b/150 \leq 15\text{mm}$

Fonte: NBR 7190/97.

Através da Rigidez Linear ainda é possível realizar uma análise comparativa entre os painéis simulados e painéis de outros estudos, como os de Dias (2005) e Veloso (2003) que estudaram painéis convencionais em Light Wood Frame e Rosa (2017) que estudou painéis convencionais em Light Steel Frame, suas dimensões e resultados estão dispostos na tabela seguinte:

Tabela 6 – Comparativo de rigidez com outros estudos

Autor	Sistema	Dimensões do Painel (m)		Força de Escoamento (N)	Deslocamento de Escoamento (mm)	Rigidez Aparente G' (N/mm)
		Altura(h)	Largura (L)			
Paixão (2018)	LWF	2,40	1,20	9001	40,6	447
Rosa (2017)	LSF	2,80	1,20	6988	25,0	652
Dias (2005)	LWF	2,76	2,44	8625	17,4	561
Veloso (2003)	LWF	2,40	2,40	11172	10,0	1117
Spolador M01	LWF	2,40	1,20	9000	35,2	511
Spolador M02	LWF	2,40	1,20	9000	15,2	1184
Spolador M03	LWF	3,00	1,20	9000	23,0	978

Spolador M03 R	LWF	3,00	1,20	9000	30,4	740
Spolador M04	LWF	3,00	1,00	9000	19,0	1421
Spolador M05	LWF	3,00	1,00	9000	22,0	1227

Fonte: Autor.

A rigidez dos painéis 02, 03, 03R e 04 foram de 1184, 978, 740 e 1421 N/mm, respectivamente. Ou seja, os modelos 02 e 04 apresentaram rigidez superior aos 4 estudos de outros autores e os modelos 03 e 03R apenas não superaram a rigidez do estudo de Velozo (2003), que utilizou uma chapa com maior largura e menor altura (2,40x2,40m), de modo que o modelo 03 apresentou cerca de 87,5% de sua rigidez.

Assim, por apresentarem rigidez igual ou superior, os modelos 02, 03, 03R e 04 são passíveis de serem construídos em conformidade ao padrão normativo americano IRC (2018), de modo que o painel se enquadre na categoria “continuous sheathing”, ou seja, todo o painel confere resistência estrutural à fachada.

A tabela seguinte demonstra o consumo de madeira em termos de metros lineares de peças e volume de tábuas em cada modelo:

Tabela 7 – Consumo de Madeira nos modelos por painel

Modelo	Peças internas em metros lineares	Peças internas em metros cúbicos	Tábuas em metros cúbicos	Consumo Total em metros cúbicos
1	10,6 (3,4 de diagonais internas)	0,053	0,144	0,197
2	14,6	0,073	0,144	0,217
3	17,4	0,087	0,180	0,267
03R	17,4	0,087	0,079	0,166
4	17,0	0,085	0,150	0,235
5	11,0	0,055	0,150	0,205

Fonte: Autor

Segundo cotação de preços realizada no dia 03/04/2022, conforme Anexo I, a média de preço da madeira pinus por metros cúbicos está em torno de R\$ 1075,00, o equivalente em dólares neste dia à US\$ 228,80 com o dólar valendo 0,2128384 reais. Visando a análise de custo para a maior acessibilidade à população, têm-se então a seguinte tabela:

Tabela 8 – Comparativo de custo entre os modelos de painéis

Modelo	Consumo de madeira em metros cúbicos	1 painel		Fachada com 6 metros	
		Custo em Reais	Custo em dólares	Custo em Reais	Custo em dólares
1	0,197	R\$ 211,78	\$ 45,07	R\$ 1.058,88	\$ 225,37
2	0,217	R\$ 233,28	\$ 49,65	R\$ 1.166,38	\$ 248,25
3	0,267	R\$ 287,03	\$ 61,09	R\$ 1.435,13	\$ 305,45
03R	0,166	R\$ 178,67	\$ 38,03	R\$ 893,33	\$ 190,13
4	0,235	R\$ 252,63	\$ 53,77	R\$ 1.515,75	\$ 322,61
5	0,205	R\$ 220,38	\$ 46,90	R\$ 1.322,25	\$ 281,43

Fonte: Autor

Esta tabela demonstra que, ao comparar o modelo 01 com os demais, o enrijecimento do envelopamento com mais montantes faz com que haja um acréscimo no custo para os modelos 02,03,04 e 05 e um decréscimo no valor para o Modelo 03 Reduzido, sendo esta abordagem eficiente do ponto de vista financeiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivando um projeto em wood frame mais acessível à população em geral, esta pesquisa consistiu na análise da substituição do envelopamento estrutural em chapas de OSB por tábuas de madeira serrada, sendo escolhido o gênero pinus, por meio de análise realizada com base em modelagem numérica.

Como consequência, o painel, que é um elemento único, se torna, para efeitos de cálculo, fracionado em diversos planos na sua superfície por meio da malha gerada para simulação, que, ao dividir o elemento para utilizar o método dos elementos finitos, faz com que este permaneça uno e coeso.

Estudos anteriores priorizaram o enrijecimento da ossatura interna através da inserção de diagonais. Os resultados mostraram um escorregamento relativo excessivo entre as tábuas de fechamento, indicando que uma limitação mais efetiva deste efeito, seria a maneira mais eficiente de melhorar o comportamento do painel como um todo. Este estudo se baseou na limitação do efeito deste escorregamento relativo das tábuas de envelopamento, pela substituição do travamento do quadro pela introdução de montantes adicionais posicionados sob as interfaces entre tábuas com o objetivo de travar o conjunto de envelopamento.

Nesta pesquisa, foi possível perceber como o painel se comporta de acordo com os esforços horizontais, que agem na estrutura e também a influência da geometria no desempenho estrutural (altura ou pé-direito, largura do painel, número de montantes e travamentos).

Os modelos 03 e 03R possuem uma maior praticidade construtiva, não dependendo de entalhes entre tábuas, e, devido à sua também elevada resistência estrutural se comparada aos demais, são os mais indicados para a construção e também para aprofundamentos em pesquisa.

Os resultados mostraram que a hipótese inicial se verificou, ou seja, o enrijecimento do envelopamento se mostrou estruturalmente mais vantajoso que aquele da ossatura interna, com ganhos de simplificação na execução dos painéis e pouco acréscimo no custo geral dos materiais componentes. Como sugestão de aprofundamento em pesquisa, elenca-se os estudos de desempenho termo-acústico do painel, de estanqueidade e também da presença de aberturas nos painéis, portas e janelas.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 7190: Projetos de estrutura de madeira. Rio de Janeiro, 1997. ABNT NBR 6627: Pregos comuns e arestas de aço para madeiras. Rio de Janeiro, 1981.

ASTM E564 – 06. Standard Practice for Static Load Test for Shear Resistance of Framed Walls for Buildings. ASTM International, 2018.

DATec Nº 020-D - Sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada – Tecverde (tipo light wood framing). TECVERDE Engenharia S.A. São Paulo/SP 2020.

DE MELO, JULIO EUSTAQUIO. Madeira: Características e Aplicações. Brasília: LPF, 2002

BORTOLETO, Leonardo Teixeira. Estudo Experimental de Painéis Wood Frame com Envolvimento de Tábuas. 2019.

DE ARAUJO, VICTOR ALMEIDA ET AL. Woodframe: light framing houses for developing countries. Revista De La Construccion. Santiago: Pontificia Univ Catolica Chile, Escuela Construccion Civil, v. 15, n. 2, p. 78-87, 2016.

DIAS, Gustavo L. Estudo experimental de paredes estruturais de Sistema Leve em Madeira (Sistema Plataforma) submetidas a força horizontal no seu plano. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

FEREGUETTI, LARISSA. SolidWorks na Engenharia: conheça e entenda o seu uso. 16/08/2018. Disponível em <https://engenharia360.com/solidworks-na-engenharia/>, acesso em 05/10/2020.

GREEN, David W.; WINANDY, Jerrold E.; KRETSCHMANN, David E. Mechanical Properties of Wood. Wood handbook—Wood as an engineering material. Madison, WI: U.S. 1999.

IRC Wall Bracing. A Guide for Builders, Designers and Plan Reviewers. Conducted for the Membership of the Foam Sheathing Committee (FSC). Madison, 2018.

ISO/TR 12910: Light-frame timber construction. 2010.

PAIXÃO, AMANDA. Painel Estrutural com Fechamento de Tábuas de Madeira de Pinus spp. Londrina, 2018.

PIZZINI, PAULO ROBERTO. Determinação Experimental das Constantes Elásticas da Madeira de Eucalyptus grandis e Chapas de OSB. UTFPR, Campo Mourão, 2017.

ROSA, Nuno *et al.* Resistência mecânica de painéis com estrutura leve em aço (LSF) sujeitos a cargas laterais. XI Congresso de Construção Metálica e Mista. Coimbra, Portugal, 2017.

SINAT Nº 005. Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves “Light Wood Frame”). Brasília, 2020

TAVARES, JO Fonseca - Universidade do Porto, 2014, “Introdução ao SolidWorks (X): Análise de Tensões de Peças - SimulationXpress” – Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~tavares/ensino/CFAC/Downloads/Apontamentos/SolidWorks%20X_p.pdf

VELOSO, Luís A. C. M. Paredes diafragmas de madeira. 151 p. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.



Sistema antifalhas da quinta roda para cavalo mecânico (SAF5)

Fifth wheel anti-failure system for tractor (AFS5)

Angelo Eizo Shiguematsu

Discente do Curso de Engenharia de Produção – Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI) - Manaus – AM – Brasil

Siomara Dias da Rocha

Docente dos Cursos de Engenharias – Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI) - Manaus – AM – Brasil

Alexandre Lopes Martiniano

Docente dos Cursos de Engenharias – Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica (FUCAPI) - Manaus – AM – Brasil

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.172.3

RESUMO

Esse estudo demonstra a problemática relacionada a segurança no transporte com cavalo mecânico e carretas nas atividades de logística em uma empresa do Pólo duas rodas. Para essa investigação foram utilizadas ferramentas de segurança do trabalho afim de detectar as principais falhas. E no intuito de resolver o problema foi realizada uma pesquisa de mercado e tomando como base o sistema da empresa Jost foi desenvolvido um circuito que ao identificar a falha no sistema, interage com a ignição do veículo desligando-o instantaneamente, assim criamos o sistema antifalhas (SAF5) que após sua implementação eliminou 100% das quedas de carretas pelos fatores falhas humanas e mecânicas.

Palavras-chave: sistema antifalhas. transportes. incidente. quinta roda.

ABSTRACT

This study demonstrates the problem related to safety in transport with mechanical horse and carts in logistics activities in a company in the Pole Two Wheels. For this investigation, work safety tools were used in order to detect the main flaws. And in order to solve the problem, a market research was carried out and based on the Jost company's system, a circuit was developed that, when identifying the failure in the system, interacts with the vehicle's ignition, turning it off instantly, thus creating the anti-failure system. (SAF5) which, after its implementation, eliminated 100% of trailer falls due to human and mechanical failures.

Keywords: anti-failure system. transportation. incident. fifth wheel.

INTRODUÇÃO

Um aspecto fundamental no desenvolvimento de sistemas confiáveis é o estabelecimento de hipóteses a respeito dos tipos de falhas a que o sistema estará sujeito. Durante a elaboração do mesmo são assumidas diversas hipóteses de falhas, que limitam o escopo das várias estratégias de confiabilidade utilizadas na implementação do sistema. As hipóteses de falhas humanas e mecânicas assumidas no sistemas antifalhas, por exemplo, podem não ser as mesmas da fase de tolerância. Portanto, é de suma importância, que em cada fase desse processo sejam definidas claramente as hipóteses de falhas assumidas [Kaâniche, Laprie & Blanquart, 2000 *apud* Pacheco, 2011].

Baseando-se na observação do mercado para o desenvolvimento de sistemas antifalhas e o estudo de novas tecnologias voltadas ao transporte com carretas, conforme Jost (2022) e a problemática interna da empresa, fundamentada nas análises dos anos de 2018 a 2022 (Atual). Identificamos que 95% das ocorrências de incidentes estão ligadas diretamente com Máquinas e Equipamentos e devido à complexidade da operação, se fez necessário um estudo profundo das ocorrências para entender o fenômeno real dos incidentes.

O risco mecânico, por extremamente comum nos ambientes de trabalho, é um dos principais causadores de incidentes. É um tipo de risco ocupacional que demanda uma análise fre-

quente do impacto, com o objetivo de introduzir ações preventivas que reduzam a exposição ou a probabilidade de ocorrer um incidente durante a execução do trabalho [Estadão, 2021].

A investigação dos fatores de risco deve ser conduzida com o uso de metodologias que permitam reconhecer o risco ocupacional como, por exemplo, o *Brainstorming*, Análise Preliminar de Risco (APR), HAZOP (*Hazard and Quality Studies*), FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), Análise de Consequências de Acidentes, Análise por Árvore de Falhas, Diagrama de Causa-Efeito (Ishikawa), Tabela de Excesso de Risco (NR 03), entre outras.

Nesse sentido, com respaldo em análise preliminar de dados da empresa investigada do Polo duas rodas, foi evidenciado que a principal fonte geradora de ocorrências envolvendo cavalos mecânicos representam 53% de todos os incidentes com máquinas e equipamentos demonstrado pelo histórico de ocorrências, os quais são devidos aos desatrelamentos involuntários, ou popularmente conhecido como, queda de carretas durante o transporte.

Ressalta-se como problemática desse estudo de caso, o atrelamento falso e uma falha mecânica que intercorre pela falha de um componente chamado de garra de fechamento, popularmente conhecido por (gavião), uma manobra executada de forma incorreta ou a falha do equipamento, ocasionando o não fechamento por completo da trava que conecta o cavalo mecânico a carreta, assim gerando o (falso atrelamento).

Este trabalho teve por objetivo a criação de um sistema mais seguro nas operações de transportes, eliminando ou mitigando as falhas humanas e mecânicas do processo. Assim, foi possível obter resultados positivos de (zero incidente por queda de carretas) após onze meses de implantação do sistema antifalha da quinta roda (SAF5).

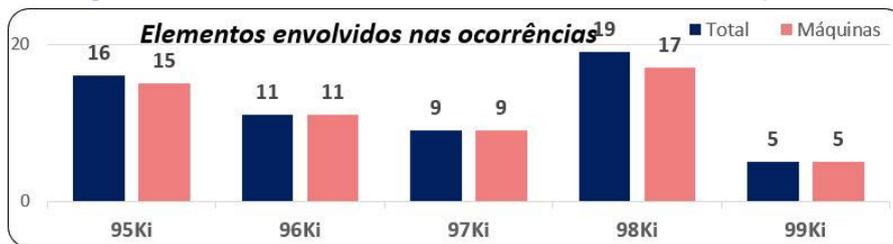
METODOLOGIA APLICADA

O escopo sistemático desse estudo de caso apresenta uma abordagem quali-quantitativa baseado no atual Estado da Arte da literatura e no Network com a empresa Jost. Inicialmente realizamos uma reunião sobre as tecnologias aplicadas nas quintas rodas das empresas. Também foram utilizadas ferramentas de qualidade como: “Gráficos de Pareto, Tabelas de Tendência e Ocorrências, Ferramentas de Segurança do Trabalho, Investigação de Incidentes e Ocorrências, KPIs, 5W2H, Matriz GUT, Ishikawa, Mapa de Risco, Avaliação de Risco, PGR, Programa de Gerenciamento de Riscos, Entrevistas com motoristas, Acompanhamento das Atividades, Reprodução de Ocorrências, Ferramenta Japonesa, (*Saiguen Test*) Teste de Reprodução, Elaboração do Fluxo de Sistema, Desenvolvimento e desenho do sistema em parceria com empresa de tecnologia, Teste de aplicabilidade nos veículos, Teste de funcionamento de correntes elétricas, Teste de sinalização de alerta de segurança, Teste de bloqueio do sistema de falhas, Validação do sistema com montadora de cada marca dos veículos, Teste de rodagem em estrada com o sistema acionado, Treinamento das equipes, Motoristas, Gestores, Segurança do Trabalho e Fiscais de Pátios. Utilizando as medições qualitativas e concitativas, aplicamos as ferramentas de validação dos resultados, método de resultados: CAPDo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

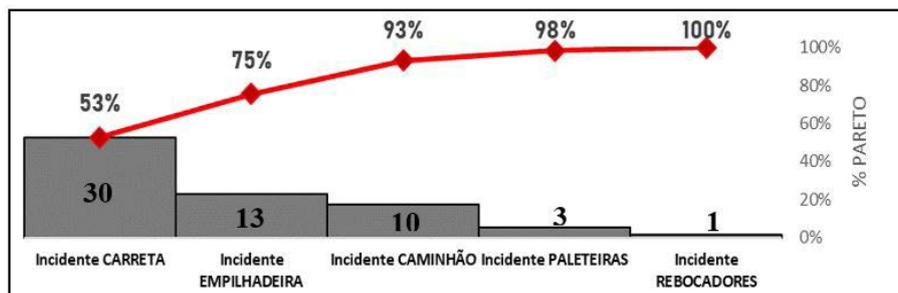
A etapa de validação do Projeto foi realizada em reunião com a direção da empresa e clientes, após a demonstração funcional de operação do sistema (antifalhas atrelamento de 5ª roda) e apresentação dos resultados dos testes que estavam em conformidade com os requisitos solicitados, testamos o sistema durante três meses em dois cavalos mecânicos da frota, realizamos testes de rodagem com mais de 350 Km, e mais de 12.000 movimentações de carretas na operação logística. As (Figuras 1 e 2), respectivamente, apresentam o controle de ocorrências com máquinas e por modelos de máquinas, enquanto a (Figura 3) apresenta o Quadro de tendências e ocorrências.

Figura 1 - Gráfico de Controle de Ocorrências com Máquinas.



Fonte: CAPDo interno – 2018 a 2022.

Figura 2 - Gráfico de Controle por Modelos de Máquinas.



Fonte: CAPDo interno – 2018 a 2022.

Figura 3 - Quadro de Tendência e Ocorrência.

INCIDENTES (95Ki ~ 99Ki)	QTD	%	Pareto
Incidente CARRETA	30	53%	53%
Incidente EMPILHADEIRA	13	23%	75%
Incidente CAMINHÃO	10	18%	93%
Incidente PALETEIRAS	3	5%	98%
Incidente REBOCADORES	1	2%	100%

Tipos de Ocorrências		
Desatrelamento Involuntário	23	76,7%
Colisão X Estruturas	5	16,7%
Falha Mecânica	2	6,7%

Fonte: CAPDo interno – 2018 a 2022.

Com base nestas informações foram detectados alguns problemas de funcionamento, tais como: falhas do circuito de interação com a ignição do veículo e quebra dos suportes que sustentam os sensores, atribuídos pelos fortes impactos durante o atrelamento do cavalo mecânico com a carreta.

Padrão de serviço: correções das falhas no processo

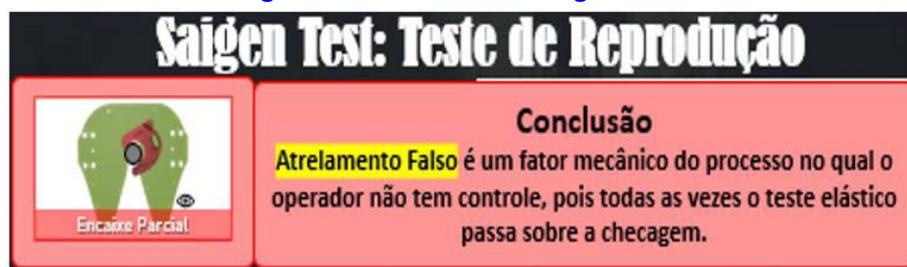
A partir da elucidação dos problemas dos equipamentos, com o uso de uma placa para o circuito com maior qualidade e suportes mais resistentes, conseguimos aprovação para implantação em 100% da frota pesada. Observamos com o auxílio das ferramentas de investigação, falhas no padrão de serviço elaborado para realização das atividades, como, vários erros de execução, fora de sequência de aplicação, e erros de linguagem, os motoristas executavam as tarefas de formas aleatórias, cada um do seu jeito, o resultado dessas falhas de processos, também ocasionava erros no cumprimento das atividades.

A causa de uma das ocorrências foi o descumprimento do padrão de serviço, além do descumprimento, ocorreu um incidente que o padrão foi cumprido de forma correta, porém a carreta caiu, (desatrelou) do cavalo mecânico, com isso, a linha de investigação para o descumprimento do padrão foi o reforço no treinamento e entendimento do documento. Já para a segunda ocorrência, a linha de investigação foi diferente, a equipe tinha que realizar uma imersão na atividade para conseguir identificar a causa raiz.

Saigen Test

Ferramenta de investigação japonesa (Figura 4), teste de reprodução da falha ou sinistro, reproduzimos as manobras em ambiente controlado, avaliando cada movimento de manobra, com isso, chegamos à uma causa real dos incidentes: **(falso atrelamento de carretas)**.

Figura 4 - Ferramentas Saigen Test.

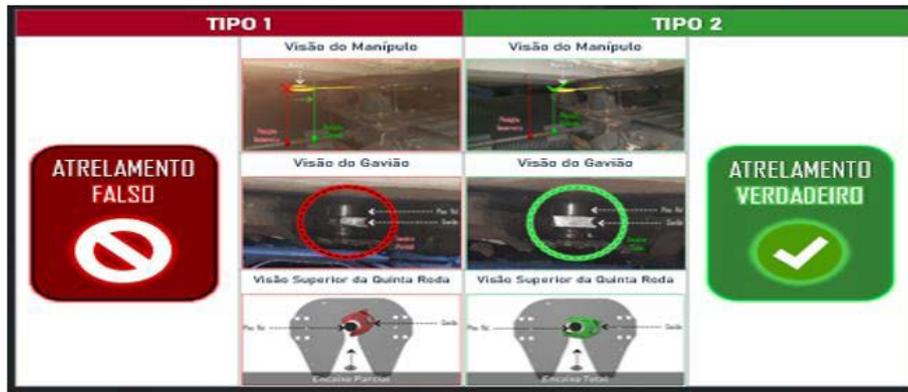


Fonte: Próprio Autor, 2022.

Demonstrativo real do fenômeno de falso atrelamento

O esquema da (Figura 5) apresenta imagens e croqui (à esquerda) que representam o falso atrelamento na prática, ele se dá por uma falha mecânica, ocasionada por falta de lubrificação, desgaste da peça ou defeito de fabricação da mesma (chamada popularmente de gavião), garra de travamento. As fotos e croqui (à direita) demonstram o atrelamento correto, com a peça fechada por completo no pino da carreta, assim, possibilitando um transporte seguro.

Figura 5 - Ferramenta de reprodução, Falso Atrrelamento.



Fonte: Próprio Autor, 2022.

INSTALAÇÃO DO SISTEMA

Primeira etapa do projeto

Instalação dos sensores de percurso no (manipulo) trava de abertura da quinta roda, função dos sensores, realizar a leitura do posicionamento do (manipulo), conforme o posicionamento da peça, pode se definir que o (gavião) garra de travamento somente fecha 100% corretamente quando o (manipulo) também está fechado, os dois conjuntos funcionam de forma sincronizada. A (Figura 6) apresenta pontos de fixação de sensores.

Figura 6 - Pontos de fixação dos sensores.



Fonte: Próprio Autor, 2022.

Segunda etapa do projeto

Instalação dos LEDs no interior do cavalo mecânico, a função de cada LED e sinalizar para o motorista o posicionamento dos conjuntos, (trava da quinta roda e manipulo da quinta roda). A função do LED verde e demonstrar ao motorista que o procedimento de atrrelamento foi realizado corretamente, com isso o motorista pode seguir com o transporte. A função do LED vermelho e a sinalização que o atrrelamento não foi realizado de forma correta, ao acender, caso o motorista insista em continuar com a manobra, o motor do cavalo mecânico será interrompido de forma imediata, com isso impossibilitando a movimentação do veículo. A (Figura 7) apresenta o esquema dos LEDs.

Figura 7 - Ponto de referência dos sensores e geolocalização.



Fonte: Próprio Autor, 2022.

FINALIZAÇÃO DO PROJETO

Foi elaborado um fluxo de funcionamento do dispositivo antifalhas, o fluxo demonstra como o sistema irá atuar no processo de manobras. Conforme o padrão de serviço, o motorista alinha o cavalo mecânico com a carreta, coloca o veículo em marcha ré, inicia o atrelamento e tem o ponto de decisão, o atrelamento foi executado de forma correta? Se sim prossegue com a manobra. Caso o sistema acuse atrelamento falso, o motorista tem que corrigir o processo, liga o veículo novamente, coloca na marcha ré para liberar o sistema, e realiza a correção da falha. A (Figura 8) apresenta o esquema de funcionamento do Sistema.

Figura 8 - Fluxo de funcionamento do sistema.



Fonte: Próprio Autor, 2022.

Após a definição do fluxo de funcionamento do sistema, vamos avaliar os resultados na operação, o sistema foi instalado em 28 cavalos mecânicos de movimentação interna na fábrica.

RESULTADOS DO SISTEMA

Conforme resultados e acompanhamento das atividades, não houve casos de incidentes com queda de carretas após a implantação do sistema antifalhas da quinta roda para cavalo mecânico (SAF5). A (Figura 9) apresenta o gráfico de projeção de redução de quedas de carretas.

Figura 9 - Gráfico de projeção de queda de carretas.



Fonte: Próprio Autor, 2022.

TRABALHOS SIMILARES

O sensor de acoplamento JOST é apenas um assistente para o acoplamento e desacoplamento do semirreboque. A inspeção antes da partida mencionada na seção deve ser feita na íntegra, não se tornando dispensável devido a presença do sensor de acoplamento. O sensor de acoplamento JOST informa ao motorista o status do travamento da Quinta Roda. Display do Conjunto Sensor de acoplamento com 3 sensores. Display do Conjunto Sensor de acoplamento com 2 sensores. Os componentes individuais devem ser utilizados apenas com Quintas Rodas JOST projetadas especificamente para este fim. O status de operação da Quinta Roda é mostrado pelos símbolos abaixo (ISO 2575).

Modificações de qualquer tipo tornarão a garantia e a aprovação do projeto inválidas perdendo a homologação do órgão certificador. A exibição do sensor de acoplamento pode ser mostrada no display JOST ou integrada ao painel do veículo.

Informação de segurança para instalação

O trabalho de montagem deve ser executado por especialistas autorizados. Sigas as instruções de segurança para trabalhar no sistema elétrico dos veículos como estabelecido no manual do fabricante do veículo. A bateria deve ser desconectada antes de iniciar qualquer trabalho no sistema elétrico do veículo. O aterramento dos equipamentos elétricos não deve ser realizado diretamente no chassi do veículo, mas através do terminal de aterramento localizado na porta fusível.

Durante a instalação dos chicotes elétricos atente para que os mesmos não sejam esmagados. Não fixe os chicotes elétricos aos sistemas de freio. Fixe os chicotes elétricos a uma distância adequada das fontes de calor, como o sistema de exaustão e turbina. Antes de fixar os chicotes elétricos garanta que haja comprimento suficiente entre o veículo e a Quinta Roda.

Se a Quinta Roda não estiver corretamente fechada e segura o semirreboque pode se soltar. Isto pode causar um acidente e lesões a você e outras pessoas. Sempre verifique se a Quinta Roda está em boas condições e travada após conectar ao semirreboque. Uma inspeção pré-partida sempre deve ser feita, mesmo quando o display indicar Quinta Roda travada (verde). O sensor de acoplamento é apenas um assistente para acoplar e desacoplar o semirreboque.

Tesla e Axicle Engineering

A quinta roda está equipada com sensores que levam em consideração fatores como o peso da carga vibração, vento, posição de operação e verifica continuamente o ângulo do cavalo ao qual o dispositivo está conectado. O sistema, que detecta capotamento com 99% de precisão, inicia em milissegundos, destrava a trava que prende a cabine ao equipamento e isola o semirreboque do caminhão.

Essa tecnologia inovadora foi criada na Califórnia por um dos engenheiros Tesla, que já estava desenvolvendo um projeto para o Tesla Semi Truck. A Axicle aprimorou seus testes e criou algo inédito no mercado. Embora ainda em fase de aprovação, a empresa continua buscando investidores para o projeto e a esperança é desenvolver um equipamento universal e ajustável a qualquer tipo de caminhão.

Conforme reportagem do Estadão (2021) em acidentes com tombamento, é comum que o implemento tombe primeiro, causando um efeito de “chicote” na cabine fazendo com que ela tombe. Isso pode ser fatal para o motorista, pois a única saída possível é esperar o veículo parar completamente.

Essa tecnologia consiste em detectar quedas iminentes e acionar a quinta roda para evitar a ocorrência de “chicotes”. Ou seja, quando o sistema detecta que o implemento vai cair, a quinta roda desconecta a carreta do cavalo mecânico e evita que a cabine tombe com a carreta. Isso evita não só o tombamento da carga mas também a morte do motorista.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo foi realizada uma análise de um dispositivo de segurança no transporte com cavalo mecânico e carretas nas atividades de logística em uma empresa do Pólo de duas rodas, as informações estudadas foram referentes a 5 anos (2018 – 2022). Tendo como objetivo principal a redução ou eliminação de ocorrências relacionadas a quedas de carretas nas atividades de transportes.

Todas as empresas relacionadas nas atividades de transportes que fornecem serviços ao Pólo de duas rodas, relatam os problemas de incidente com carretas, durante o desenvolvimento e implantação do projeto, sistema antifalhas da quinta roda (SAF5), as únicas ações eram de treinamento e orientações aos motoristas, deixando 100% da responsabilidade sobre o trabalhador.

A implantação do sistema proposto gerou bons resultados, considerando o baixo investimento aplicado quando comparado com o sistema existente no mercado. O sistema antifalhas da quinta roda desenvolvido internamente com a parceria de uma empresa de tecnologia está sendo avaliado por outras empresas de transporte para trazer maior segurança aos motoristas e clientes.

REFERÊNCIAS

CAPDo. CAPDo (Check, Action, Plan, Do) interno da Empresa do Pólo 2 Rodas – Manaus – AM. //<< Acessado em: 19 de setembro de 2022 às 12h e 30 min.<<

Estadão (2021). Tecnologia - Quinta roda com sistema antitombamento vem aí. Redação Estadão. 22 de Set., 2021 (Online). Disponível em: >><https://estradao.estadao.com.br/caminhoes/quinta-roda-com-sistemaantitombamento-vem-ai/><< Acessado em: 09 de novembro de 2022 às 11h e 13 min.<<

Jost (2022). Tecnologia Líder Mundial em Quinta Roda. (Online). Disponível em: >><https://www.jost.com.br/><< Acessado em: 29 de setembro de 2022 às 12h e 30 min.<<

Pacheco, Luciana de Almeida. GCAD – Um modelo conceitual para gerenciamento e controle autônomo e distribuído para sistemas industriais automatizados. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica – Salvador, 2011. 166p.



Responsabilidade social no setor hidrelétrico do estado do Amapá: o estudo de caso da empresa Ferreira Gomes Energia S.A

Luiz Otávio Pereira do Carmo Júnior

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.172.4

RESUMO

Este estudo propõe-se analisar a Responsabilidade Social da empresa Ferreira Gomes Energia S.A, responsável pelo empreendimento da Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes, no estado do Amapá, sob o enfoque da Teoria dos Stakeholders. O estudo recuperou a história da evolução da Responsabilidade Social Empresarial, marcada pela dicotomia entre a Teoria dos Acionistas e a dos Stakeholders, em seguida, realizou-se a descrição do objeto de estudo e a análise dos resultados da pesquisa. Metodologicamente, utilizou-se a abordagem quali-quantitativa e a base lógica de tratamento dos dados seguiu o método dedutivo. Quanto ao seu delineamento, optou-se pela modalidade de Estudo de Caso. Como resultado, conclui-se que a Ferreira Gomes Energia S.A prescindiu de um bom relacionamento com a comunidade, obtendo nível geral baixo de responsabilidade social nos municípios de Ferreira Gomes e Porto Grande, além de uma nítida vinculação entre parte das ações sociais externas ao cumprimento das exigências do Plano Básico Ambiental-PBA, sendo, neste aspecto, mais reativas do que espontâneas.

Palavras-chave: responsabilidade social. teoria dos stakeholders. hidrelétrica.

ABSTRACT

This study proposes to analyze the Social and Environmental Responsibility of the company Ferreira Gomes Energia S.A, responsible for the enterprise of the Ferreira Gomes Hydroelectric Power Plant, in the state of Amapá, under the focus of the Stakeholder Theory. The study retrieved the history of the evolution of Corporate Social Responsibility, marked by the dichotomy between the Theory of Shareholders and that of Stakeholders, then the description of the object of study and the analysis of the research results were carried out. Methodologically, the qualitative and quantitative approach was used and the logical basis for data treatment followed the deductive method. As for its design, the Case Study modality was chosen. As a result, it is concluded that Ferreira Gomes Energia SA did not have a good relationship with the community, obtaining a low general level of social responsibility in the municipalities of Ferreira Gomes and Porto Grande, in addition to a clear link between part of the social actions external to compliance the requirements of the Basic Environmental Plan-PBA, being, in this respect, more reactive than spontaneous.

Keywords: social responsibility. stakeholder theory. hydroelectric.

INTRODUÇÃO

A ideia acerca da Responsabilidade Social, no final do século XIX até a metade do século XX, limitou-se em reconhecer as ações filantrópicas praticadas por empresários ou gerentes da época, esse modelo de assistencialismo baseado na benevolência e na caridade caracterizou as formas incipientes de intervenção social empresarial.

Gradualmente o foco deixou de limitar-se a lógica assistencialista para envolver um grande número de objetos de interesse das organizações, compostos pelos mais diversos grupos e áreas estratégicas, com as quais as empresas passariam a se relacionar e a buscar apoio para a legitimação de suas atividades, Edward R. Freeman, em 1984, em seu livro *Strategic management: a stakeholders approach*, denominou estes grupos estratégicos de *stakeholders*, lançando

assim, a pedra fundamental da teoria atual da responsabilidade social. (BARBIERI; CAJAZEIRA, 2012; DIAS, 2012).

A escala com que os *stakeholders* exigem das empresas posturas comprometidas com a Responsabilidade Social depende do grau das implicações socioambientais geradas pela atuação das organizações que, por sua vez, estão relacionadas à natureza da atividade desenvolvida.

Os empreendimentos que visam o aproveitamento hidrelétrico dos rios na Amazônia trouxeram inúmeras perspectivas de desenvolvimento para a região. No Amapá, os primeiros estudos sobre as potencialidades hidroelétricas do Rio Araguari iniciaram no final dos anos 1940, passaram-se três décadas para que fosse concretizada a construção da primeira hidrelétrica no Amapá (Hidrelétrica de Coaracy Nunes) sendo inaugurada oficialmente somente em 13 de janeiro de 1976 (CEA, 2013; ELETRONORTE, 2006).

Após mais de trinta anos, novos empreendimentos visando o aproveitamento energético do Rio Araguari foram se delineando sem que estudos detalhados sobre as contrapartidas aos municípios atingidos fossem devidamente elaborados antes do processo de licenciamento. O aproveitamento Hidrelétrico AHE - Ferreira Gomes partiu das evidências desses estudos, representando a alternativa de maior viabilidade econômica e ambiental, embora a realidade observada pudesse revelar matizes diferentes da realidade idealizada na redação dos relatórios de impacto ambiental que subsidiaram a obtenção das licenças.

Portanto, a relevância do presente estudo reside no fato de que, em virtude das novas exigências que passaram a ser impostas pelos *stakeholders* das organizações (acionistas, colaboradores, clientes, fornecedores, comunidades locais), maior será, portanto, a cobrança por ações éticas por parte das empresas, isso inclui uma gestão da Responsabilidade Social eficiente dentre os fatores críticos a serem observados.

A partir de uma abordagem qualiquantitativa sobre o tema em questão, tem-se a seguinte questão norteadora:

Qual a percepção comunitária sobre a Responsabilidade social da empresa Ferreira Gomes Energia S.A, sob o enfoque da teoria dos *stakeholders*?

Em resposta à questão norteadora da presente pesquisa, cria-se a perspectiva de que a Ferreira Gomes Energia S.A, no período que antecedeu a obtenção da licença de operação, tenha desenvolvido uma gestão correta da responsabilidade social junto ao público externo (comunidade).

O objetivo geral desta pesquisa foi o de analisar a Responsabilidade social da empresa Ferreira Gomes Energia S.A. Os objetivos específicos foram o de apresentar a construção teórica sobre responsabilidade social, a dicotomia existente entre as duas principais teorias e analisar qualitativamente a responsabilidade social da empresa Ferreira Gomes Energia S.A sob o enfoque da teoria dos *stakeholders*.

CONSTRUÇÃO TEÓRICA DA RESPONSABILIDADE SOCIAL

A evolução conceitual da responsabilidade social remonta ao início do século XX, em meio a efervescência da Revolução Industrial na Europa muitos dos diagnósticos dos estudos sobre a prática corporativa demonstravam a necessidade de se pensar nas responsabilidades para além daquelas circunscritas ao campo de atuação dos homens de negócios que, naquele momento estavam integralmente voltados à maximização do lucro, reorganização dos sistemas de produção com a adesão de novas tecnologias e produção em larga escala.

Muito embora formulações conceituais já tenham sido produzidas até meados do século XX, o protagonismo e originalidade das ideias dos autores que conceituaram a Responsabilidade Social entre as décadas de 1950 até final dos anos 1980 deram o conteúdo e a forma para as concepções incipientes de seus antecessores.

No decorrer desse processo de busca de um melhor entendimento sobre o significado e extensão da responsabilidade social, muitas contribuições enriqueceram o portfólio de acepções sobre uma prática que viria a se tornar tão importante quanto as demais dirigidas à gestão dos negócios, questões como ética, responsabilidade pública, responsividade e retorno social passaram a fazer parte da discussão teórica no campo da Responsabilidade Social Corporativa-RSC e, de alguma forma, influenciou o pensamento de alguns executivos, principalmente das grandes corporações.

Da leitura do referencial teórico percebe-se que existe um elemento comum que é o reconhecimento gradual da responsabilidade corporativa para além dos muros da empresa, juntamente a este processo, foi possível definir, neste artigo, dois paradigmas conceituais que acompanham a teorização e a prática referente à responsabilidade social:

O primeiro, correspondente ao que a literatura distingue como era antiga da responsabilidade social corporativa (final do século XIX e primeira metade do século XX);

O segundo, que estaria presente nas formulações conceituais mais abrangentes e reflexivas sobre os destinatários de uma postura ética e socialmente responsável, esta seria a era moderna da responsabilidade social, inaugurada com a publicação do livro *Social Responsibilities of the businessman*, de Howard Bowen, em 1953, até os dias atuais.

A partir da análise da construção teórica que percorre ambos os paradigmas acima, foi possível estabelecer três linhas gerais que nortearam a elaboração dos conceitos e que estão presentes no discurso da Responsabilidade Social, a saber:

- a) A da responsabilidade sob o viés puramente econômico;
- b) A Responsabilidade Social a partir da ação filantrópica derivada da racionalização de princípios de caridade e compromissos éticos individuais;
- c) A Responsabilidade Social enquanto estratégia da empresa para atender as expectativas das partes interessadas, buscando maximizar os resultados econômicos, sociais e ambientais da organização.

DICOTOMIA ENTRE A TEORIA DOS ACIONISTAS E DOS STAKEHOLDERS

Por muito tempo, predominou no meio corporativo a ideia de que a única responsabilidade social que as empresas teriam seria a de garantir o lucro aos acionistas e donos das empresas. Sob este raciocínio, as organizações teriam liquidez para honrar com seus compromissos financeiros, dentre eles o pagamento de tributos ao Estado. Este, por sua vez, seria o responsável por realizar os investimentos e benfeitorias necessárias para assegurar a qualidade de vida das pessoas, pois o Estado, devidamente representado na figura de seus agentes políticos, possui a competência técnica para investir em áreas de interesse da sociedade, garantindo o bem comum das pessoas e o atendimento das demandas sociais.

Este pensamento caracterizou a Teoria dos Acionistas, cujo principal expoente foi o economista Milton Friedman que, em seu livro *Capitalism and Freedom* e no artigo *The social responsibility of business is to increase its profits* defendeu de forma veemente que o papel da empresa deveria ser unicamente o de gerar lucro para os acionistas; qualquer prescrição que viesse a conferir responsabilidades além desta seria considerada insensata.

Em oposição ao ideal de responsabilidade social utilitarista presente na visão dos acionistas, surge a Teoria dos *Stakeholders*, também conhecida como Teoria das Partes Interessadas. Flexível e receptiva a este conjunto de mudanças no ambiente organizacional, ela tem como pressuposto o fato de que a empresa, para alcançar os seus objetivos maiores e garantir a sua existência, deverá considerar em suas ações as demandas e necessidades das partes interessadas, grupos de interesse ou grupos estratégicos, a quem a literatura convencionou chamar apenas de *stakeholders*.

A Teoria dos *Stakeholders* tem exercido influência significativa no modo de administrar as empresas. Tão grande é a sua importância que ela vem sendo utilizada em áreas vitais para as organizações, além de contribuir para o discurso da responsabilidade social, na medida em que fomenta o debate sobre uma nova função-objetivo da empresa, para além da Teoria dos Acionistas e dos objetivos propagados pelos economistas do século XX.

No tocante aos usos e aplicações da teoria, Donaldson e Preston (1995) vislumbraram três possíveis tipos de aplicação:

- Descritiva: Considera a corporação como uma constelação de interesses cooperativos e competitivos que possuem valor intrínseco; a função da teoria, neste caso, é a de descrever as relações que a empresa mantém com o conjunto de grupos e seus respectivos interesses;
- Instrumental: Relaciona o uso da Teoria dos Stakeholders para o alcance de desempenhos maiores em termos gerenciais;
- Normativa: Utiliza a teoria para inferir as bases morais e filosóficas que orientam as empresas.

Em termos práticos, a relação da teoria dos stakeholders com a Responsabilidade Social consiste no fato de que esta teoria reconhece explicitamente a necessidade de levarem-se em consideração o conjunto de atores internos e externos na gestão organizacional. Isso implica, necessariamente, a correta gestão dos relacionamentos com tais grupos estratégicos, que por

sua vez, se realiza a partir da escolha eficiente das ferramentas, instrumentos e engajamento destes grupos, ao colocar em prática sua postura socialmente responsável.

A EMPRESA FERREIRA GOMES ENERGIA

A Ferreira Gomes Energia (FGE) é uma Sociedade de Propósito Específico – SPE, criada pela Alupar Investimento S.A. para a implantação e a operação da UHE Ferreira Gomes, no Amapá. A FGE administra os ativos, contratos e fluxo de caixa de maneira independente, mas com a prestação de contas à companhia que lhe deu origem (RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE, 2012)

O grupo Alupar é formado por um conglomerado de empresas com atuação no setor de energia, especificamente nos segmentos de transmissão e geração. Atualmente, a companhia detém um total de 5.665 km de linhas de transmissão de energia distribuídas em vinte empresas, destas, sete são empresas de geração de energia, sendo seis usinas hidrelétricas e um projeto eólico composto por dez parques, totalizando uma capacidade instalada total de 663MW (megawatts).

Após o aporte de capital em 2009, o grupo Alupar deu início a seu maior empreendimento de geração de energia, a UHE Ferreira Gomes, cuja capacidade instalada supera a soma de todas as outras usinas do grupo em funcionamento. A obra fez parte do Programa de Aceleração do Crescimento 2 (PAC 2), e de acordo com o cronograma de operação comercial, a primeira turbina entraria em operação em dezembro de 2014. Abaixo, as características técnicas e as imagens do estágio da construção da Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes à época da pesquisa:

Tabela 1 - Características Técnicas da UHE de Ferreira Gomes

Características técnicas da UHE Ferreira Gomes	
Capacidade instalada	252 MW
Energia assegurada	150,2 MW
Área do reservatório	17,7 km ²
Quantidade de turbinas	3
Tipo de turbina	Kaplan
Tensão da linha de transmissão	230 kV
Extensão da linha de transmissão	92 km

Fonte: Relatório de Sustentabilidade (2012)

O ritmo das obras cumpriu com o cronograma de execução que previa a operação comercial para dezembro de 2014, logo após a emissão da licença de operação. As imagens a seguir ilustram o estágio da construção da UHE Ferreira Gomes durante a visita da pesquisa de campo.

Figura 1 - Operários trabalhando na Instalação das turbinas na casa de força.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2014)

Figura 2 - Imagem externa da UHE Ferreira Gomes (vertedouro e casa de força)



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2014)

Figura 3 - Vazão da água pelos vertedouros da Usina

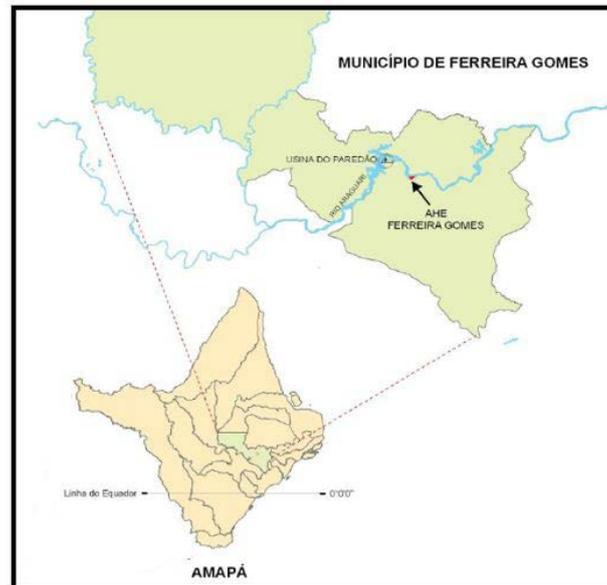


Fonte: Arquivo pessoal do autor (2014)

A UHE de Ferreira Gomes irá operar sob o regime de fio d'água. Nesta modalidade, a Usina não necessitará de grandes reservatórios de água para entrar em operação, somente o suficiente para garantir pressão nas turbinas para a geração de energia.

A Usina está situada no rio Araguari, no município de Ferreira Gomes no Estado do Amapá, a jusante da Usina Hidrelétrica Coaracy Nunes, em operação desde 1976, conforme quadro abaixo:

Figura 4 - Localização geográfica da UHE de Ferreira Gomes.



Fonte: ECOTUMUCUMAQUE (2010)

METODOLOGIA

A pesquisa, em qualquer campo do conhecimento científico, deve estar fundamentada em pressupostos metodológicos, que assegurem um procedimento racional e sistemático, que seja coerente com o objeto pesquisado e que conduza às respostas aos problemas propostos (GIL, 2007).

Nesta pesquisa, o método que forneceu a base lógica do tratamento dos dados foi o método dedutivo; no processo racional de análise do objeto utilizou-se uma abordagem que partiu do geral para o particular. Conforme Oliveira (2012), no método dedutivo “parte-se dos princípios já reconhecidos como verdadeiros e indiscutíveis para se chegar a determinadas conclusões”. Relacionando com a presente pesquisa, buscou-se primeiramente associar as teorias sobre responsabilidade social com o universo da gestão empresarial, para depois abordar o objetivo geral da pesquisa, que foi analisar a responsabilidade social da empresa Ferreira Gomes Energia S.A, sob o enfoque da Teoria dos *Stakeholders*.

No que tange o delineamento da pesquisa, optou-se pela modalidade de Estudo de Caso, usualmente empregado em pesquisas no campo das ciências sociais aplicadas. Segundo Cooper e Schindler (2011), a utilização de estudos de caso em administração tem como objetivo “possibilitar a obtenção de perspectivas múltiplas de uma organização, situação, evento ou processo em um ponto no tempo ou por um período de tempo”. Neste contexto, o estudo de caso possibilitou a análise da responsabilidade social praticada pela empresa Ferreira Gomes Energia

S.A. Uma das vantagens do estudo de caso consiste na flexibilidade em se trabalhar com os mais variados métodos e técnicas de pesquisa.

As fontes de dados utilizadas na pesquisa foram as seguintes:

Fontes de dados Primárias: Entrevista com representante da empresa, da Prefeitura de Ferreira Gomes e Porto Grande, do IMAP, SEMA e aplicação de questionários junto aos moradores.

Fontes de dados Secundárias: Relatórios de Sustentabilidade 2011 e 2012, Boletim informativo + Energia, Revista Nossa Energia, Plano Básico Ambiental – PBA, Estudo e Relatório de Impacto Ambiental – EIA-RIMA, Site institucional, Reportagens em Rádio e Tv.

A seleção do caso baseou-se na amostragem por critério, ou seja, optou-se pela Ferreira Gomes Energia S.A tendo em vista a natureza dos impactos socioambientais que provoca na área afetada pelo empreendimento. Sob a égide de uma proposta de desenvolvimento, muitos aspectos do complexo processo social de instalação de uma Usina Hidrelétrica não são tratados com a devida atenção, sobretudo no que tange a relação entre a empresa e os diversos atores sociais que interagem e reivindicam interesses e demandas próprias. Sobre este assunto, Reis e Bloemer (2001) assinalam:

A instalação de grandes UHEs deve ser vista como um processo social, resultante de iniciativas complexas e multidimensionais, que compreendem aspectos econômicos, técnicos, políticos, socioculturais e ecológicos, relacionados em um intrincado jogo de mútuas interações e condicionamentos (REIS E BLOEMER, 2001, p. 72)

Metodologicamente, definiram-se como amostragem dois grupos distintos de *stakeholders*: os moradores dos Municípios de Ferreira Gomes e de Porto Grande. Utilizou-se a amostragem aleatória simples em ambos os municípios.

Primeiro listou-se as residências por área (quarteirão) de diferentes localizações em ambos os municípios, atribuindo-se um número para cada residência, após, sorteou-se aleatoriamente os números e as correspondentes residências nas quais seriam aplicados os questionários.

Ao todo, a pesquisa de campo envolveu a aplicação de 100 questionários em diferentes bairros de ambos os municípios. No município de Ferreira Gomes foram aplicados 53 questionários, devido à localização da UHE de Ferreira Gomes e tendo em vista que a grande maioria dos impactos socioambientais e das ações mitigadoras se concentrarem naquele município; já em Porto Grande, foram aplicados 47 questionários.

Na abordagem junto aos moradores para a aplicação dos questionários, as questões foram devidamente contextualizadas, os temas foram apresentados em uma linguagem apropriada para que os entrevistados estivessem à vontade para responder os questionários e assim, contribuir para a pesquisa.

Como o objetivo de melhor respaldar as opiniões expostas neste estudo, utilizou-se a técnica de triangulação dos dados, permitindo-se olhar para um mesmo fenômeno a partir de diversas fontes de informações, o que incluiu, além da pesquisa de campo e das fontes de dados secundárias, entrevistas junto a representantes do poder público, dos órgãos e instituições diretamente envolvidas com a instalação da UHE Ferreira Gomes, dentre elas: a Prefeitura Municipal

de Ferreira Gomes, Prefeitura de Porto Grande, Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Amapá-SEMA, Instituto do Meio Ambiente e de Ordenamento Territorial do Estado do Amapá-IMAP, Ministério Público do Estado do Amapá-AP e a Secretaria de Estado da Indústria Comércio e Mineração – SEICOM.

O nível de adequação da responsabilidade social foi considerado alto, se o percentual de respostas positivas fosse igual ou superior a 60%; Médio, entre 59% e 40%; e Baixo, até 39%. Concomitantemente a apresentação destes níveis, utilizando-se a triangulação dos dados foi realizada a análise e, ao final das explicações, foi apresentado o nível obtido para responsabilidade social da Empresa Ferreira Gomes Energia S.A no relacionamento com a comunidade.

Segundo Oliveira (2012), para se realizar uma pesquisa, é necessário que haja um corte epistemológico para a realização do estudo segundo um corte temporal-espacial, portanto, o presente estudo de caso contemplou o período compreendido entre a implantação do canteiro de obras em novembro de 2011, culminando na expedição da Licença de Operação nº. 0317, em 11 de julho de 2014.

De acordo com o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA da UHE Ferreira Gomes, a área de Influência direta do empreendimento compreende os municípios de Ferreira Gomes e Porto Grande; estes dois municípios constituem o corte espacial no qual incidiu a pesquisa de campo.

Do ponto de vista da natureza, enquadra-se como uma pesquisa básica, pois ela objetiva gerar conhecimentos novos e úteis para a ciência. Devido à especificidade do objeto de estudo, cria-se uma perspectiva favorável de que os resultados apresentados neste artigo irão somar-se a outros trabalhos posteriores, proporcionando amadurecimento do campo das pesquisas organizacionais no Estado do Amapá.

Sob o aspecto da forma de abordagem do problema, adotou-se a abordagem qualiquantitativa, pois os resultados derivados da pesquisa tiveram por base a reflexão e análise de dados provenientes tanto de métodos da pesquisa qualitativa quanto da pesquisa quantitativa.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A responsabilidade social, além do componente técnico do processo administrativo, requer, sob o enfoque da Teoria dos *Stakeholders*, a gestão eficiente do relacionamento junto às partes interessadas. Isto induz, primeiramente, ao reconhecimento da responsabilidade social por parte da empresa, devendo a mesma estar ciente dos impactos socioambientais que provoca, e, a partir de então, atuar para que as expectativas, interesses e demandas destes públicos sejam permanentemente considerados em suas atividades.

A legislação ambiental brasileira tem dado atenção especial no tratamento das questões socioambientais relacionadas a empreendimentos com potencial ou efetivamente causadores de impactos ao meio ambiente; a exemplo, têm-se as diretrizes da Lei nº. 6.938/81 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, artigo nº 225 da Constituição de 1988 e Resoluções CONAMA que, por intermédio do poder público, exigem do particular a apresentação de um conjunto de estudos técnicos que indiquem a melhor alternativa referente ao empreendimento, visando à mitigação dos impactos ambientais. No caso de construção de uma hidrelétrica, por exemplo, foram exigidos o EIA-RIMA e posteriormente o Plano Básico Ambiental-PBA.

Referente ao objeto desta pesquisa, o cumprimento das etapas de licenciamento não exige a responsabilidade por parte da Ferreira Gomes Energia - FGE de manter o diálogo permanente com as partes interessadas, que signifique ir além do momento inicial de discussão nas audiências públicas sobre os impactos socioambientais do empreendimento.

No referencial teórico, ficou demonstrado que um grande número de autores, dentre eles Barbieri (2012), Ashley (2005), Borger (2001), Mitchel, Agle e Wood (1997), descrevem que as organizações devem responder às expectativas dos segmentos da sociedade que legitimamente reclamarem-se como partes interessadas no negócio. Esta legitimidade, no que tange à FGE, refere-se ao fato de que, com a construção da Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes, várias expectativas serão criadas por um universo de atores, dentre os quais existirão aqueles que estão mais próximos da empresa e; portanto, relacionam-se de maneira mais intensa, e aqueles mais afastados, que não interagem com tanta intensidade.

Na visão moderna da RSE, as organizações reconhecem as partes interessadas no negócio e as consideram como um dos aspectos mais importantes do processo decisório. Ashley (2005) e Aligleri, Aligleri e Kruglianskas (2009), sucintamente, descrevem que a responsabilidade social envolve um processo contínuo, iniciando-se com a filantropia corporativa até as configurações mais radicais, que envolvem os atuais e futuros stakeholders.

A articulação junto às partes interessadas envolve uma relação de mão dupla, em que de um lado encontra-se a empresa, que deseja alcançar seus objetivos com o apoio incondicional da comunidade local e, do outro lado, um conjunto de indivíduos, grupos ou até mesmo outras instituições com suas respectivas demandas e interesses no negócio.

A seguir serão apresentados os resultados da análise da percepção comunitária sobre a responsabilidade social da empresa Ferreira Gomes Energia, tendo por base a aplicação dos questionários entre os moradores dos municípios de Ferreira Gomes e Porto Grande, conforme definido na metodologia da pesquisa.

Item 1 do Questionário - Município de Ferreira Gomes

Item: 1.Você considera a empresa Ferreira Gomes Energia S.A como uma empresa socialmente responsável no relacionamento com a comunidade?					
Total de Respostas Positivas	%	Total de Respostas Negativas	%	Total de Respostas Neutras	%
22	41,5%	24	45,3%	7	13,2%

Item 1 do Questionário - Município de Porto Grande

Item: 1.Você considera a empresa Ferreira Gomes Energia S.A como uma empresa socialmente responsável no relacionamento com a comunidade?					
Total de Respostas Positivas	%	Total de Respostas Negativas	%	Total de Respostas Neutras	%
16	34%	23	48,9%	8	17%

O total de respostas positivas para o item 1 foi de 41,5 % no Município de Ferreira Gomes, o nível de avaliação da gestão neste item foi **médio**.

Pode-se inferir, a partir do grau *Médio* alcançado neste item, que a responsabilidade social da empresa, neste aspecto, precisa ser melhor gerenciada. Os moradores demonstraram-se insatisfeitos com a postura e práticas da empresa no tocante ao relacionamento com a comunidade, corroborado pelo alto índice de respostas negativas neste item e nos comentários colhidos durante a aplicação dos questionários.

Como havia sido descrito anteriormente, a Responsabilidade Social se caracteriza quando as expectativas e demandas dos grupos de interesse são levadas em consideração no desenvolvimento das atividades da empresa. Da análise dos resultados acima, depreende-se que uma das justificativas para a insatisfação dos moradores incidiria sobre a forma como o processo de participação social vem sendo realizado e, por conseguinte, como ele é percebido pelos munícipes de Ferreira Gomes.

A partir da análise das entrevistas junto aos representantes da empresa e da leitura dos relatórios de sustentabilidade, revela-se, aparentemente, que os mecanismos desenvolvidos pela FGE possuem o foco centrado mais na comunicação do que no relacionamento, restando criar novos espaços democráticos, permanentes e inclusivos para a efetiva interação da população

No Município de Porto Grande, o total de respostas positivas para o item 1 foi de 34%, o grau de avaliação da gestão neste item foi **baixo**.

No município de Porto Grande, o nível de responsabilidade social associado ao relacionamento da empresa junto à comunidade foi *Baixo*, o que denota que a FGE não desenvolveu uma política de relacionamento eficiente junto à comunidade local. Os recursos que poderiam estimular um bom relacionamento não foram eficientemente explorados. Um bom relacionamento permitiria satisfazer ambas as partes envolvidas, além de possibilitar feedbacks importantes para a avaliação daquilo que já foi feito.

O que a literatura ensina é que, assim como todas as organizações de mercado, a Ferreira Gomes Energia necessita estar atenta às reivindicações dos atores sociais com os quais se relaciona, sendo preconizado que os compromissos assumidos institucionalmente não venham de encontro aos anseios das comunidades de Ferreira Gomes e Porto Grande, no sentido de que as conquistas sociais realizadas no plano dos direitos, positivados ou não, sejam respeitadas e consideradas nas decisões da empresa.

Item 2 do Questionário - Município de Ferreira Gomes

Item: 2. Em sua opinião, a empresa atende às expectativas e necessidades da comunidade?					
Total de Respostas Positivas	%	Total de Respostas Negativas	%	Total de Respostas Neutras	%
16	30,2%	14	26,4%	23	43,4%

Item 2 do Questionário - Município de Porto Grande

Item: 2. Em sua opinião, a empresa atende às expectativas e necessidades da comunidade?					
Total de Respostas Positivas	%	Total de Respostas Negativas	%	Total de Respostas Neutras	%
5	10,6%	15	31,9%	27	57,4%

O total de respostas positivas para o item 2 nos municípios de Ferreira Gomes e Porto Grande foi de 30,2 % e 10,6% respectivamente, portanto, o grau de avaliação da gestão neste item foi **baixo**.

Com base na apresentação dos dados acima e utilizando-se a técnica de triangulação de dados, inferem-se duas perspectivas de análise sobre os resultados, a primeira de natureza organizacional e a segunda de natureza sociológica.

De acordo com a primeira perspectiva, pode-se deduzir que há uma desvantagem das comunidades de ambos os municípios na via de mão dupla que caracteriza a responsabilidade

social da FGE; seria necessário um adequado equilíbrio entre as expectativas e necessidades da comunidade e aquilo que a empresa pode oferecer, a não correspondência entre as expectativas das comunidades e a postura adotada pela empresa pode justificar o nível baixo neste item.

Considerando um horizonte de longo prazo, a manutenção desta situação poderá ocasionar um cenário desfavorável para a FGE. A insatisfação manifestada pelos moradores torna patente o risco de conflitos, ajuizamento de ações contra a empresa e, na pior das hipóteses, causar a paralisação de suas atividades, ou ainda, sob um viés sociológico, a ausência de um pragmatismo dos atores sociais atingidos pelas atividades da empresa causará um nível de resignação tendencioso à manutenção das relações existentes entre empresa e comunidade.

Por outro lado, discriminando a análise por município, percebe-se que em Porto Grande a insatisfação é maior, apenas 10,6 % acreditam que a empresa atende integralmente as expectativas da comunidade. Uma das explicações refere-se ao fato de que boa parte das medidas estruturantes e de compensação dos impactos socioambientais derivadas do cumprimento das condicionantes do licenciamento dirigiu-se para Ferreira Gomes, enquanto que Porto Grande, por ter uma infraestrutura melhor, recebeu proporcionalmente menos investimentos e ações sociais por parte da FGE.

A segunda perspectiva, de natureza sociológica, sugere que, com a chegada de um empreendimento de grande porte, como é o caso da Usina Hidrelétrica Ferreira Gomes, é natural que se crie uma grande expectativa por parte dos moradores, tanto com relação aos benefícios diretos do empreendimento (geração de emprego e renda, estímulo ao mercado local, realização de investimentos em educação, saúde, infraestrutura, habitação) quanto aos indiretos (iniciativas socioambientais, apoio a eventos culturais e esportivos, ações filantrópicas, realização de projetos comunitários, participação em eventos, dentre outros).

Algumas destas expectativas repousam sobre as contradições históricas que caracterizam a maioria dos estados brasileiros, marcadas pela falta de investimentos em setores chave como saúde, educação, saneamento básico e pela precarização dos serviços públicos em geral.

Devido à fragilidade econômico-financeira de determinados municípios, certas demandas sociais simplesmente deixam de ser atendidas ou são oferecidas de forma precária, essa situação faz crescer as expectativas por melhorias e, com a chegada de grandes empreendimentos cria-se um grau de dependência destas comunidades sobre os investimentos realizados por essas empresas, ou, no mínimo, estima-se sobremaneira as possibilidades de atuação organizacional em setores de investimento típicos de Estado, como no caso da relação entre a FGE e a comunidade de Ferreira Gomes e Porto Grande.

Reforçando a análise acima, Melo Neto e Froes (2001) destacaram que o Estado está perdendo parte de sua capacidade de concretizar os objetivos de suas políticas públicas de desenvolvimento econômico e social, e em consequência disto, o nível de influência das empresas passou a caracterizar as novas formas de relacionamento junto aos públicos internos e externos à organização.

Segundo os autores, cresce a ideia do surgimento de uma nova racionalidade econômica que, em substituição do estado de bem-estar social, consolida-se o poder econômico e social das empresas privadas. Tendo em vista o caráter emergente deste novo quadro em que se reproduzem novas formas de relação entre empresas, Estado e sociedade, redefinem-se os

papeis dos agentes partícipes destas transformações, ou ainda, tem-se que o foco das ações sociais migra do Estado e da sociedade para as grandes corporações.

Em virtude destas constatações, é necessário que seja levado em consideração o conjunto de necessidades que ambos os municípios possuíam antes da instalação da Usina de Ferreira Gomes. Informações do próprio Relatório de Impacto Ambiental-RIMA demonstram que a situação de ambos os municípios era bastante semelhante, com deficiências nas áreas de saneamento básico, infraestrutura, educação e saúde, condições ainda presentes.

Portanto, é natural que parte considerável dos moradores que responderam ao questionário tenha levado em conta o conjunto de necessidades coletivas vivenciadas pelos municípios e, por que razão, tenham acrescentado tais expectativas ao analisarem a postura da Ferreira Gomes Energia, que é a responsável pelo empreendimento.

Diante destas constatações e após a análise das entrevistas informais junto à responsável pelo setor de Comunicação Social e Relações Institucionais da FGE, constatou-se que a filosofia da empresa é a de sempre atender às expectativas da comunidade que estão ao seu alcance, sem, no entanto, tomar para si responsabilidades que são do poder público, conforme relato abaixo:

P – Qual a percepção da empresa sobre as expectativas geradas pela instalação de uma hidrelétrica de grande porte como é caso da UHE de Ferreira Gomes Energia?

E – Bom, a maior expectativa sempre é da comunidade, a gente (sic) não fala nem de órgão público, a gente fala sempre da comunidade, a expectativa que realmente eles tem é de trazermos um mundo melhor, mas infelizmente nem tudo depende da empresa que vem, depende muito da gestão pública, então a gente sempre tenta separar, gestão pública é gestão pública, empresa é empresa, a gente não pode (sic) moldar um município da nossa forma, nós não somos os responsáveis pelo município, então a gente sempre tenta (sic) deixar claro isso que é a parte mais difícil, então, às vezes, o gestor público peça (sic) alguma coisa e eles querem cobrar da empresa, só que a gente mostra, gestão pública é uma coisa, empresa é outra, a nossa responsabilidade a gente está fazendo, o que é de responsabilidade da administração pública a gente não pode interferir.

Deste modo, fica patente na aplicação dos questionários e nas impressões colhidas durante a pesquisa de campo, que existe uma expectativa elevada por parte dos moradores sobre a atuação social da empresa, no entanto, o atendimento de determinadas demandas defronta-se com o questionamento sobre o limiar da legitimidade dessas ações enquanto estratégias de responsabilidade social da empresa e as atribuições inerentes do governo.

De certo que Melo Neto e Froes (2001), ao destacarem que o Estado vem perdendo parte de sua capacidade de concretizar os objetivos de suas políticas públicas de desenvolvimento econômico e social, não o eximiram das responsabilidades que lhe são inerentes, cabendo ao mesmo prover o desenvolvimento econômico e social por meio de políticas públicas setorializadas.

O contributo das empresas, de uma maneira geral, em termos de ações de responsabilidade social, tem como referência um conjunto de iniciativas sociais e mercadológicas desenvolvidas para atender tanto aos interesses da comunidade quanto da empresa. Não seria justo, portanto, creditar à RSE desenvolvida pela FGE a panaceia para os problemas sociais encontrados

nos municípios de Ferreira Gomes e Porto Grande, porquanto determinados interesses fogem da competência da empresa e de uma possível estratégia empresarial, por serem atribuições específicas do poder executivo de ambos os municípios.

O que a teoria da RSE prescreve é que os empresários precisam compatibilizar a realização de iniciativas sociais aos recursos disponíveis na empresa e aos objetivos estratégicos do negócio, no sentido de que a ação tenha sempre um sentido social e um alcance organizacional, seja na melhoria da imagem e opinião pública, seja em uma maior confiabilidade dos investidores sobre o empreendimento.

Item 3 do Questionário - Município de Ferreira Gomes

3- Qual o nível de satisfação com a responsabilidade social da empresa Ferreira Gomes energia?					
Total de Respostas Positivas	%	Total de Respostas Negativas	%	Total de Respostas Neutras	%
23	43%	24	45%	6	11%

Item 3 do Questionário - Município de Porto Grande

3- Qual o nível de satisfação com a responsabilidade social da empresa Ferreira Gomes energia?					
Total de Respostas Positivas	%	Total de Respostas Negativas	%	Total de Respostas Neutras	%
12	26%	31	66%	4	9%

Conforme os resultados acima, o município de Ferreira Gomes apresentou um nível **médio** no item que avaliou a satisfação dos moradores com a responsabilidade social da FGE. Esses dados, em conjunto com outros indicadores, fornecem a evidência de que neste município as ações relacionadas à RSE precisam ser melhor administradas.

Já em Porto Grande, o cenário não foi muito otimista, alcançando nível Baixo neste item, fato este que nos remete novamente à política de gestão da responsabilidade social desenvolvido pela empresa junto à comunidade. Devido estar dentro da Área de Influência Direta do empreendimento é necessário que a FGE monitore o nível de satisfação da comunidade para evitar conflitos desnecessários, e que este processo utilize métodos e periodicidade adequada. A partir de um processo eficiente de comunicação e relacionamento a FGE poderá perceber os pontos chave a serem trabalhados visando à melhoria do relacionamento institucional junto à comunidade.

Percebeu-se que uma das razões da insatisfação da comunidade está relacionada com a perspectiva dos moradores sobre o cumprimento pela FGE das ações propostas no Plano Básico Ambiental-PBA, fato este percebido na interação durante a aplicação dos questionários. Em entrevista concedida à época da pesquisa de campo, a um jornal local, o presidente da Associação dos Atingidos por Barragem de Ferreira Gomes (ATIMBA) assim se manifestou:

A empresa disse que abriria ramais e faria a terraplanagem das áreas para a comunidade. É uma condicionante do contrato que todos os moradores deveriam ter acesso as suas residências, pois os ramais ficaram alagados por causa da hidrelétrica. Além disso, foram encontrados sítios arqueológicos e nós deveríamos ter o nosso museu. A hidrelétrica entrou em fase de operação e até agora não temos nada (TV AMAPÁ, 2014).

Sendo o parâmetro mínimo de responsabilidade social empresarial o atendimento dos requisitos legais, serão apresentadas, a seguir, informações pertinentes à execução e fiscalização do PBA, relacionando-as com as opiniões dos moradores.

A empresa Alupar Investimento S.A após sagrar-se vencedora do Leilão nº. 03/2010 constituiu a empresa Ferreira Gomes S.A. para conduzir o empreendimento da UHE Ferreira Gomes, assumindo todas as obrigações legais necessárias para a consecução das etapas do licenciamento ambiental, conforme prescreve a legislação ambiental brasileira.

Dentre os requisitos do licenciamento, o Plano Básico Ambiental - PBA, tal como determinado na Resolução CONAMA nº 237 de 19/12/1997, é o documento pelo qual o responsável pelo empreendimento especifica os programas ambientais e sociais propostos no Estudo de Impacto Ambiental. No caso da UHE Ferreira Gomes, as condicionantes foram estipuladas pela SEMA/IMAP na Licença Prévia nº. 40/2010, e das sugestões formuladas durante o processo de licenciamento (ECOTUMUCUMAQUE, 2010).

O Instituto de Meio Ambiente e Ordenamento Territorial do Amapá-IMAP e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente-SEMA, após analisarem o PBA da empresa Ferreira Gomes Energia S.A consideraram suficientes as especificações quanto aos programas apresentados e, em setembro de 2010, foi emitida a Licença de Instalação do Canteiro de Obras.

Sendo uma das responsabilidades dos órgãos ambientais envolvidos, criou-se o Grupo de Trabalho (GT) que teve como objetivo avaliar e monitorar a implantação dos programas constantes no PBA do empreendimento UHE Ferreira Gomes, o GT foi criado por meio do Ato Conjunto nº. 001/2012-SEMA/IMAP/SEICOM de 01 de fevereiro de 2012 e publicado no Diário Oficial do Estado em 03 de fevereiro de 2012.

Após ser notificado oficialmente pela Associação dos Atingidos por Barragem de Ferreira Gomes (ATIMBA) sobre as possíveis irregularidades no processo de licenciamento ambiental e descumprimento pela FGE dos acordos firmados, o GT do PBA empreendeu minucioso trabalho de investigação, baseado em reuniões, vistorias técnicas, nos relatórios (trimestrais e mensais) e demais documentos emitidos pela FGE para acompanhamento dos programas.

Ao final, elaborou-se um relatório conclusivo sobre a situação da execução dos programas socioambientais do PBA, tendo por base as reuniões realizadas no período de abril de 2013 a junho de 2014, visando dirimir possíveis não conformidades antes da expedição da licença de Operação.

No geral, o Grupo de Trabalho concluiu que a Ferreira Gomes Energia realizou com êxito a grande maioria das ações previstas no PBA. No entanto, fizeram a ressalva de que para determinados programas houve a dilação do prazo de execução para que os resultados dos programas atingissem os seus objetivos, principalmente naquela cuja execução depende de ações de órgãos municipais e estaduais da administração pública.

Conforme exposto acima, considerando que a grande maioria dos programas socioambientais previstos no PBA da UHE Ferreira Gomes foi concluída totalmente, para efeito de análise da gestão da responsabilidade social externa da Ferreira Gomes Energia entende-se que a empresa atendeu ao aspecto mínimo de responsabilidade social empresarial que consiste no cumprimento das exigências legais do licenciamento.

No entanto, a partir das evidências da pesquisa de campo nos municípios de Ferreira Gomes e Porto Grande torna-se patente a existência de grupos de moradores insatisfeitos com as soluções adotadas, principalmente com relação ao Programa de Indenização de Terras e

Benfeitorias, neste aspecto, cabe à empresa acompanhar e/ou monitorar o nível de satisfação ou insatisfação destes moradores, no sentido de solucionar as divergências encontradas e evitar conflitos judiciais, o que poderia, em último caso, colocar em risco a concessão da licença de operação e a manutenção do empreendimento.

Item 4 do Questionário - Município de Ferreira Gomes

4. Com que frequência ocorre ou ocorreu o contato da empresa para tratar de assuntos de interesse da comunidade?					
Total de Respostas Positivas	%	Total de Respostas Negativas	%	Total de Respostas Neutras	%
24	45%	20	38%	9	17%

Item 4 do Questionário - Município de Porto Grande

4. Com que frequência ocorre ou ocorreu o contato da empresa para tratar de assuntos de interesse da comunidade?					
Total de Respostas Positivas	%	Total de Respostas Negativas	%	Total de Respostas Neutras	%
8	17%	17	36%	22	47%

Nesse aspecto, o índice de respostas positivas para a perspectiva do momento de ocorrência de contato entre a empresa e a comunidade foi médio para o município de Ferreira Gomes, enquanto que no município de Porto Grande o nível alcançado foi baixo.

Partindo do referencial teórico e da constatação empírica sobre o processo de licenciamento da UHE de Ferreira Gomes, os indicadores positivos para a avaliação da responsabilidade social teriam o propósito de demonstrar que o relacionamento entre a empresa e a comunidade seria legítimo, na medida em que a natureza desse relacionamento estivesse fundada em compromissos duradouros e que demonstrassem ir além do cumprimento de obrigações legais. O marco desta discussão nos remete ao próprio conceito de Responsabilidade Social, que reconhece as atitudes voluntárias da empresa, além das exigências legais, como sendo aquelas que se identificam com o perfil da RSE.

Embora a FGE não tenha alcançado um nível Alto de gestão, no município de Ferreira Gomes as respostas positivas da comunidade superaram as negativas. Neste cenário, conclui-se que o contato entre a FGE e a comunidade foi além do momento inicial do licenciamento ambiental, enquanto que no município de Porto Grande ocorreu o inverso, houve mais respostas negativas do que positivas, sendo que 21% dos entrevistados responderam que o contato ocorreu uma única vez, na etapa de licenciamento da obra.

Confrontando-se as respostas dos questionários com os dados coletados das entrevistas depreende-se que o processo de engajamento dos *stakeholders*, cujo objetivo seria o de perceber as demandas e expectativas sociais sobre o empreendimento, ocorreu prioritariamente no momento de discussão nas audiências públicas.

Também ficou evidente, tanto na análise das informações constantes dos relatórios de sustentabilidade quanto das fornecidas pela empresa, que a gestão da RSE externa da Ferreira Gomes Energia está intimamente vinculada ao processo de licenciamento ambiental da obra. Basicamente todo o processo de gestão das ações sociais da empresa seguiu a cronologia de execução dos 39 programas ambientais definidos no PBA.

Por conseguinte, o nível Médio e Baixo na perspectiva da frequência de contato da empresa para tratar de assuntos de interesse da comunidade justifica-se pela ênfase dada ao

processo de licenciamento, tanto que, pelo conjunto das respostas, indicou-se o momento das audiências públicas como aquele em que foi oportunizada a interação entre os moradores e a empresa.

Em suma, observa-se que à época da pesquisa a FGE vivenciou um estágio reativo, no qual o interesse maior foi o de atender primeiramente os aspectos legais do empreendimento, incluindo-se todas as ações mitigadoras dos impactos socioambientais especificadas no Plano Básico Ambiental. A responsabilidade social em si e conseqüentemente a sua gestão ainda estão em muito atreladas aos aspectos legais do licenciamento, sendo assim, boa parte das iniciativas não pode ser considerada voluntária, pois derivam do PBA.

Em síntese, analisando os resultados da aplicação dos questionários nos municípios de Ferreira Gomes e Porto Grande, a responsabilidade social externa da FGE apresenta-se com nível baixo, conforme quadro abaixo:

Quadro 22 - Avaliação Geral da Gestão da responsabilidade social externa – Comunidade

	Item	Avaliação
1	Ferreira Gomes	Médio
	Porto Grande	Baixo
2	Ferreira Gomes	Baixo
	Porto Grande	Baixo
3	Ferreira Gomes	Médio
	Porto Grande	Baixo
4	Ferreira Gomes	Médio
	Porto Grande	Baixo
	Nível Prevalente	Baixo

Reforçando as análises anteriores, para melhorar a responsabilidade social externa, a Ferreira Gomes Energia poderia utilizar outros expedientes de participação comunitária, além daqueles previstos no processo de licenciamento.

Para que a atuação da empresa esteja sempre vinculada à noção de responsabilidade social empresarial, é necessário que as ações sociais por ela desenvolvidas se estendam para além do final do processo de licenciamento, pois, conforme ressaltado anteriormente, se boa parte das iniciativas divulgadas como parte integrante da política de responsabilidade social da empresa estão vinculadas ao Plano Básico Ambiental, cria-se a perspectiva de que, após o cumprimento dos programas ambientais e aprovação pelo comitê gestor do PBA a grande maioria destas iniciativas deixará de existir ou diminuirá exponencialmente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Da análise dos resultados da aplicação dos questionários, para uma amostra de 100 (cem) moradores, divididos entre os municípios de Ferreira Gomes e Porto Grande, conclui-se que a gestão da responsabilidade social externa apresentou nível predominantemente baixo.

No decorrer da pesquisa, constatou-se que para determinadas ações a empresa experimentou um estágio reativo, em que o interesse maior foi o de atender aos aspectos legais do processo de licenciamento ambiental. Por esta razão, uma grande parte dos investimentos sociais divulgados nos relatórios de sustentabilidade de 2011 e 2012 foram os mesmos realizados para

atender ao Plano Básico Ambiental-PBA. Nesta situação, a gestão da responsabilidade social confundiu-se com a gestão dos 39 programas ambientais previstos no PBA.

Por outro lado, no período de construção da UHE de Ferreira Gomes a empresa realizou diversas iniciativas além daquelas previstas no PBA, com objetivo de atender aos interesses dos moradores e colaboradores em áreas importantes como em saúde, meio ambiente, segurança no trabalho, esporte e lazer. Embora não tenha sido destinado o mesmo montante de investimentos das ações derivadas do PBA, traduz uma postura mais próxima da perspectiva da responsabilidade social.

Conclui-se ainda, no que tange as impressões na pesquisa de campo, que algumas das expectativas dos moradores repousam sobre as contradições históricas que caracterizam a maioria dos municípios brasileiros, marcadas pela falta de investimentos em setores estratégicos, precarização dos serviços públicos e a ausência de investimentos em áreas importantes, tais como saúde, educação, cultura, dentre outras. Tudo isso gerou uma pressão social sobre os recentes empreendimentos hidrelétricos instalados nas proximidades dos municípios de Ferreira Gomes e Porto Grande. Por conseguinte, muitos dos serviços que são de responsabilidade do poder público e que afetam diretamente a vida das pessoas passaram a ser exigidos das empresas sob a égide da Responsabilidade Social.

Logicamente que a Responsabilidade Social Empresarial desenvolvida pela Ferreira Gomes Energia não é a panaceia dos problemas sociais existentes nos municípios afetados; ela age concomitante ao desenvolvimento de políticas públicas pelo Estado.

Desta forma, será necessário que a Ferreira Gomes Energia reforce os mecanismos de engajamento permanentes e adequados para que empresa, poder público e sociedade cheguem a um consenso em torno de uma solução que irá atender as expectativas dos grupos de interesse envolvidos.

Como sugestão deste trabalho, destaca-se a necessidade de realização de estudos sociais posteriores, que objetivem a investigação sobre o processo de mobilização social inerente às etapas do licenciamento ambiental, de forma a descortinar a dinâmica política subjacente às soluções aplicadas para mitigação dos impactos socioambientais e o empoderamento dos grupos sociais diretamente afetados pela construção de usinas hidrelétricas no Estado do Amapá.

REFERÊNCIAS

AA1000. AA1000 Stakeholder Engagement Standard 2011. Disponível em <<http://www.accountability.org/images/content>>. Acesso em 30/08/2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Despacho nº. 530 de 16 de dezembro de 1999. Aprova os Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Araguari, sub-bacia 30, Estado do Amapá. Diário Oficial da União. Brasília, DF, seção 1, p. 35, v. 137, n. 241-E. 12 dez. 1999.

_____. Banco de Informações de Geração. Brasília: 2014. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/ResumoEstadual.cfm>> Acesso em 03/06/2014.

_____. Relatório de Acompanhamento de Estudos e Projetos de Usinas Hidrelétricas. ANEEL, 2014. Disponível em http://www.aneel.gov.br/visualizar_arquivo.cfm?idarq=13405 Acesso em 03/06/2014.

_____. Atlas de energia elétrica do Brasil. 3. ed. Brasília: 2008. Disponível em: <www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689>. Acesso em: 14 nov. 2013.

_____. Informações gerenciais: março 2014. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/IG_Mar_14.pdf>. Acesso em 03/06/2014.

ALIGLERI, Lilian; ALIGLERI, Luiz Antônio; KRUGLIANSKAS, Isak. Gestão socioambiental: responsabilidade e sustentabilidade do negócio. São Paulo: Atlas, 2009.

ALUPAR INVESTIMENTO S/A. Plano Básico Ambiental da UHE de Ferreira Gomes. Ecotumucumaque, 2010.

ASHLEY, Patrícia Almeida (coordenação). Ética e responsabilidade social nos negócios. São Paulo: Saraiva, 2005.

BARBIERI, José Carlos. Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Saraiva, 2007.

BARBIERI, José Carlos; CAJAZEIRA, Jorge Emanuel Reis. Responsabilidade social empresarial e empresa sustentável: da teoria à prática. 2. ed. Atual. e ampl. São Paulo: Saraiva, 2012.

BORGER, F. G. Responsabilidade social: efeitos da atuação social na dinâmica empresarial, 254 p. Tese (Doutorado em Administração). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001. <[Http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-04022002-105347/pt-br.php](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-04022002-105347/pt-br.php)> Acesso em: 03/12/2012.

BORGER, F.G. Considerações teóricas sobre gestão da responsabilidade social, Uniethos. São Paulo: Peirópolis, 2008. Disponível em <http://www.ethos.org.br/_Uniethos/Documents> Acesso em: 03/12/2012.

BRASIL. Agenda 21. Brasília: Câmara dos Deputados, 1995. Disponível em <<http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/7706>>. Acesso em: 20 dez. 2013.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 20 dez. 2013.

_____. Constituição. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em <www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 20 dez. 2013.

_____. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Disponível em <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9427cons.htm>. Acesso em: 20 dez. 2013.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acesso em: 22 de dez. 2013.

_____. Superior Tribunal de Justiça. Recurso Especial Nº 1.179.156 - PR (2010/0020733-3). Relator: Ministro Mauro Campbell Marques, Brasília-DF, 12 de abril de 2011, in: JusBrasil. Disponível em <<http://stj.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/19105418/recurso-especial-esp-1179156-pr-2010-0020733-3/inteiro-teor-19105419>>, acesso em 15 de julho de 2013.

CARROLL, Archie B. Corporate social responsibility: evolution of a definitional construction. *Business & Society*, v.38, n.3, p.268-295, 1999.

CARROLL, A. B., SHABANA, K. M. The business case for corporate social responsibility: A review of concepts, research and practice. *International Journal of*

Management Reviews, vol. 12, n.1, p. 85-105, 2010.

CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL. Linha do Tempo: Consolidação e crise do modelo estatal (1964-1990). Rio de Janeiro. Disponível em < <http://www.memoriadaeletricidade.com.br>>. Acesso em: 21 dez. 2013.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA – CEPEL. Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas. Rio de Janeiro, 2007.

COMUNIDADE QUESTIONA LICENÇA DO IMAP PARA OPERAÇÃO DE HIDRELÉTRICA. *Jornal do Amapá*. Macapá, TV Amapá, 19 jul. 2014. Programa de TV.

COOPER, Donald R.; SCHINDLER, Pamela S. Métodos de pesquisa em administração. 10ª Edição, Porto Alegre: Bookman, 2011.

DIAS, Reinaldo. Responsabilidade Social: fundamentos e gestão. São Paulo: Atlas, 2012.

DONALDSON, Thomas; PRESTON, Lee. The stakeholders theory of the corporation: concepts, evidence and implications. *Academy of Management Review*, Mississippi State, v.20, jan.1995.

ECOTUMUCUMAQUE. Relatório de Impacto Ambiental: Aproveitamento Hidrelétrico Ferreira Gomes. Relatório Técnico. Macapá/AP: Ecotumucumaque, 2009.

_____. Plano Básico Ambiental da UHE Ferreira Gomes. Macapá/AP: Ecotumucumaque, 2010.

_____. Plano Básico Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico Cachoeira Caldeirão. Macapá/AP: Ecotumucumaque, 2013.

EDP Energias do Brasil. Geração Amapá/Pará. Disponível em <www.edp.com.br/geracao-renovaveis/geracao/Paginas/default.aspx#0> Acesso em 15/05/2014.

ELETRONORTE. Usina hidrelétrica de Coaracy Nunes, a energia que move o Amapá. *Revista Corrente Contínua*. Brasília: Eletronorte, 2006.

ELETRONORTE, ODEBRECHT e NEOENERGIA. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do projeto do Aproveitamento Hidrelétrico de Ferreira Gomes. ECOTUMUCUMAQUE, 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano Nacional de Energia 2030. Brasília: MME/EPE, 2007.

FERREIRA GOMES ENERGIA. Relatório de Sustentabilidade 2011. Ferreira Gomes Energia. Amapá: 2012.

_____. Relatório de Sustentabilidade 2012. Ferreira Gomes Energia. Amapá: 2013

_____. Boletim informativo + Energia nº 01. Ferreira Gomes Energia. Amapá: 2013

_____. Boletim informativo + Energia nº 02. Ferreira Gomes Energia. Amapá: 2013

_____. Boletim informativo + Energia nº 03. Ferreira Gomes Energia. Amapá: 2013

_____. Boletim informativo + Energia nº 04. Ferreira Gomes Energia. Amapá: 2013

FRIEDMAN, M. The social responsibility of business is to increase its profits. *New York Times Magazine*. September, 1970. Disponível em <<http://www.umich.edu/~thecore/doc/Friedman.pdf>>. Acesso em 16 out. 2013.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE. Diretrizes para Relatório de Sustentabilidade 2006. Disponível em: <<https://www.globalreporting.org>>.

MITCHELL, R. K., AGLE, B. R., WOOD, D. J. Toward a theory of stakeholder identification and salience: Defining the principle of who and what really counts. *Academy of Management Review*, 22(4), 853-886. 1997. Disponível em <<http://www.thecourse.us/5/library/Salience.pdf>>. Acesso em 14 out. 2013.

MÜLLER, A. C. Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo: Makron Books/Itaipu Binacional, 1995.

NBR ISO 26000. Diretrizes sobre responsabilidade social. ABNT: 2010.

OLIVEIRA, José Angelo de Souza. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Monitoramento e avaliação do cumprimento das condicionantes da LI nº. 056/2011 e dos programas do PBA da UHE Ferreira Gomes. Amapá: SEMA, 2014. Relatório.

OLIVEIRA, Maria Marly de. Como fazer pesquisa qualitativa. 4. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FERREIRA GOMES. Plano Diretor Participativo do Município de Ferreira Gomes, Estado do Amapá. Assessoria Técnica – M. Allegretti Consultoria & Amapaz Projetos Sustentáveis, 2013.



**Projeto paisagístico sustentável da
Praça Miguel Rossafa, Umuarama –
Paraná**

**Sustainable landscape design of
Miguel Rossafa Square, Umuarama –
Paraná**

Ana Carolina Fagundes Ferreira

*Mestranda em Sustentabilidade, Programa de Pós Graduação em Sustentabilidade UFPR/UEM.
Umuarama, Paraná – Brasil.*

Andreia Cristina Peres Rodrigues da Costa

*Doutora em Produção Vegetal Programa de Pós Graduação em Sustentabilidade UFPR/UEM.
Umuarama, Paraná – Brasil.*

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.172.5

RESUMO

Objetivo do estudo: O presente estudo teve por objetivo identificar espécies espontâneas com potencial ornamental e propor um projeto paisagístico de baixo custo na Praça Miguel Rossafa, Umuarama, Paraná. Metodologia: Realizou-se um levantamento de campo das espécies com potencial ornamental e após se projetou o paisagismo da praça em estudo. Originalidade/Relevância: Fornecer subsídio para a utilização de vegetação espontânea, para um paisagismo ecológico que possa contribuir para a melhor qualidade de vida das pessoas, e a redução no custo de manutenção de jardins públicos. Resultados: O desenvolvimento da presente pesquisa possibilitou o aprofundamento no paisagismo contemporâneo, compreendendo a sustentabilidade ao preferir espécies da própria região às vegetações que demandam gastos, sejam monetários ou ecológicos, para serem transportadas de um local para outro.

Palavras-chave: sustentabilidade. vegetação espontânea. baixo custo.

ABSTRACT

The present study aimed to identify spontaneous species with ornamental potential and to propose a low-cost landscaping project in Praça Miguel Rossava, Umuarama, Paraná. Methodology: A field survey of species with ornamental potential was carried out and after that, the landscaping of the square under study was designed. Originality/Relevance: To provide subsidies for the use of spontaneous vegetation, for an ecological landscaping that can contribute to a better quality of life for people, and to reduce the cost of maintaining public gardens. Results: The development of the present research made it possible to delve deeper into contemporary landscaping, understanding sustainability by preferring species from the region itself to vegetation that demands expenses, whether monetary or ecological, to be transported from one place to another.

Keywords: sustainability. spontaneous vegetation. low cost.

RESUMEN

Objetivo: El presente estudio tuvo como objetivo identificar especies espontáneas con potencial ornamental y proponer un proyecto de paisajismo de bajo costo en la Praça Miguel Rossava, Umuarama, Paraná. Metodología: Se realizó un relevamiento de campo de especies con potencial ornamental y posteriormente se diseñó el paisajismo de la plaza en estudio. Relevancia: Brindar subsidios para el uso de vegetación espontánea, para un paisajismo ecológico que pueda contribuir a una mejor calidad de vida de las personas y para reducir el costo de mantenimiento de los jardines públicos. Aportes: El desarrollo de la presente investigación permitió profundizar en el paisajismo contemporáneo, entendiendo la sustentabilidad al preferir especies propias de la región a la vegetación que exige gastos, ya sean monetarios o ecológicos, para ser transportada de un lugar a otro.

Palabras-clave: sostenibilidad, vegetación espontánea, bajo costo

INTRODUÇÃO

As plantas ornamentais estão cada vez mais sendo utilizadas nas grandes cidades, principalmente, devido à conscientização que se adquiriu sobre a qualidade de vida, não se concebe hoje avenidas e ruas sem árvores, praças e parques sem jardim. Este fato, abre espaço a um produto comercial pouco conhecido dos produtores agrícolas e, na maioria das vezes, dos técnicos. Isto sugere também a existência de um mercado consumidor nos grandes centros urbanos, (GRACIÉLIO QUEIROZ, 2014).

Atualmente existe uma tendência no paisagismo no que diz respeito ao uso da vegetação nas cidades, que tem levado em consideração não apenas a estética, mas também as funções ecológicas que as espécies desempenham¹, além da valorização da relação sociedade-natureza (STUMPF *et al.*, 2015; CESAR E CIDADE, 2003; ERICKSON *et al.*, 2021). No entanto, grande parte das plantas ornamentais utilizadas em áreas urbanas ainda é composta por espécies exóticas (SILVA E ANDRADA, 2013).

A trajetória da produção paisagística brasileira reflete legados, influências e até mesmo preconceitos em relação ao uso da vegetação nativa, o que dificulta a apreensão de seu potencial em projetos que envolvam a paisagem (SILVA E MOURA, 2020).

A paisagem dentro de um contexto contemporâneo passa a ser avaliada como uma interação de fatores envolvendo os valores ecológicos, funcionais e socioambientais que contribuem para a melhor qualidade de vida das pessoas (DEMARCHI, 2015).

Roberto Burle Marx, importante expoente do paisagismo modernista no mundo, foi responsável por promover diversas espécies nativas em seus marcantes projetos pelo Brasil, estimulando a criação de uma identidade paisagística coerente com a flora brasileira e suas paisagens (SIQUEIRA, 2016).

A flora brasileira é considerada uma das mais ricas do mundo (MYERS *et al.*, 2000), em torno de 49.168 espécies (AGÊNCIA BRASIL, 2020). Diante disso tornam-se necessário mais estudo sobre plantas com potencial ornamental.

Ultimamente têm surgido diversos estudos abordando a necessidade da utilização de espécies nativas em áreas urbanas, incluindo listas de espécies que possuem atributos ornamentais (HEIDEN *et al.*, 2007; CARRION E BRACK, 2012; MARCHI E BARBIERI, 2015; ROLIM *et al.*, 2020; ROLIM *et al.*, 2021; ARAUJO *et al.*, 2022).

É importante salientar, que o uso de plantas ornamentais nativas no paisagismo além de fornecer de maneira mais harmoniosa o efeito estético, tem uma baixa necessidade de manutenção e serve sobre tudo de atração para borboletas e pássaros que se alimentam dos frutos ou de pequenos insetos atraídos pela vegetação, pólen ou néctar, propiciando ao homem um contato com a natureza (HEIDEN *et al.*, 2006).

A proposta do projeto é empregar a sustentabilidade através da pouca taxa de manutenção por meio da implantação de vegetação espontânea com potencial ornamental, contribuindo para paisagismo da cidade, apresentando possíveis contenções de gastos para a prefeitura

¹ As vegetações podem auxiliar no controle do clima e da poluição, contribuindo para a conservação de água de lagos e nascentes, reduzem a erosão e ajudam a economizar energia, além de auxiliarem na biodiversidade e no bem-estar do ser humano (ALBUQUERQUE E LOPES, 2016).

local, e diminuir o impacto no meio ambiente que essas constantes manutenções podem gerar.

METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido na cidade de Umuarama, que está localizado na região noroeste do estado do Paraná, à 430m acima do nível do mar, entre a latitude 23° 47 55 Sul e Longitude 53° 18 48 Oeste. Em virtude da formação geológica, os solos dessa região são constituídos predominantemente por arenitos de frações médias a finas, sendo classificado como Argissolo Vermelho distrófico.

O clima da região é classificado como Cfa, por ser subtropical, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C (mesotérmico) e temperatura média do mês mais quente acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses do verão, contudo, sem estação seca definida (IDR, 2022).

O município foi fundado em 1955 e conta com mais de 110 mil habitantes (IBGE, 2021). O projeto urbano original de 1956 é de autoria do engenheiro geodésico Wladimir Babcov, que se utilizou do conceito cidade-jardim onde a urbe caracteriza-se por um plano radial no sistema viário que se adapta à topografia da região, incorporando malhar ortogonais e diagonais no traçado de vias, possibilitando a implementação de diversas praças e rotatórias (CARDOSO *et al.*, 2017).

Foram selecionados para o estudo, juntamente com a Praça Miguel Rossafa, alguns trechos no município de Umuarama (Figura 1) para identificação por meio de fotografias tiradas de espécies espontânea existentes nas localidades observadas.

No projeto original da cidade, a Praça Miguel Rossafa se situava próxima do perímetro urbano e afastada do centro da cidade. A Praça em estudo, inicialmente, não apresentava nenhum equipamento que incentivasse o uso do espaço livre. Na década de 2000, o local recebeu uma intervenção em sua estrutura, porém permaneceu sem equipamentos de lazer ou culturais. Somente a partir de 2011 equipamentos foram gradualmente incorporados à praça, que atualmente apresenta como principais atividades o lazer infantil e esportivo (CARDOSO *et al.*, 2017).

Figura 1 - Áreas analisadas para coleta ocular de vegetação em Umuarama – PR.



Fonte: Google Earth (2022), modificada pela autora.

Para o levantamento de plantas espontânea com potenciais ornamentais foi utilizado o método do caminhamento, que consiste em percorrer a área de estudo e catalogar as espécies presentes no percurso selecionado. O caminho percorrido foi escolhido ao acaso por se tratar de localidades mais acessadas pela autora, cada caminho foi percorrido pelo menos duas vezes no período de um ano. Após identificadas as plantas com o auxílio de literatura específica, as espécies vegetais encontradas foram catalogadas e realizado pesquisa bibliográfica para melhor entendimento sobre o uso de plantas espontânea com a potencial paisagístico a fim de atingir os objetivos propostos.

Após os levantamentos de campo, foram feitas as análises qualitativas dos dados, sendo estes tabulados em listas, quadros, pranchas de fotos e tabela com a família, nome científico e nome popular das plantas.

Após o estudo preliminar das espécies espontânea, foi realizado um estudo da praça por meio de visita in loco, para fazer o reconhecimento do espaço onde pode ser implantado o projeto paisagístico. Nesta visita foram coletadas informações sobre o local, como as dimensões da área, localização dos equipamentos e estruturas existentes, e a vegetação existente.

Com as espécies selecionadas e especificadas, foi elaborado um projeto paisagístico indicando a vegetação espontânea para o caso da Praça Miguel Rossafa com o objetivo de revitalização ou troca da vegetação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o levantamento a campo, foi observada grande diversidade de gêneros e espécies de plantas espontânea, sendo a comunidade infestante composta por 24 espécies, destacando-se a classe Magnoliopsida (eudicotiledôneas), com 20 espécies (83,3% das espécies identificadas) (Figura 2). A família Asteraceae foi a que apresentou o maior número de espécies com 8, seguida pela família Poaceae que apresentou 3 espécies.

Durante o levantamento das espécies espontâneas não foi levado em consideração se a vegetação estava no local propositalmente ou não; foram observados jardins residenciais e de pequenos comércios das regiões visitadas com a intenção de compreender quais espécies já são feitas uso no paisagismo.

A família Asteraceae possui distribuição cosmopolita e se caracteriza como a maior família de Eudicotiledôneas, com 1.620 gêneros e 23.600 espécies (SILVA E ANDRADE, 2013). De acordo com Paranhos (2017): “as Asteraceae se caracterizam como ervas anuais, bianuais ou perenes, arbustos, subarbustos, muito raramente árvores ou lianas, frequentemente terrestres e excepcionalmente epífitas ou aquáticas”. Algumas espécies são de interesse ornamental, possuindo relevância paisagística (SILVA E ANDRADE, 2013).

Figura 2 - Vegetações espontâneas observadas no levantamento de campo.



(A) *Arachis repens*. (B) *Tradescantia pallida*. (C) *Oxalis latifolia*. (D) *Setaria parviflora*. (E) *Bidens pilosa*. (F) *Cyperus flavus*. (G) *Synedrellopsis grisebachii*. (H) *Emilia fosbergii*. (I) *Hypochoeris radicata*. (J e K) *Turnera subulata*. (L) *Digitaria insularis*. (M) *Emilia coccinea*. (N) *Boerhavia diffusa*. (O) *Macroptilium atropurpureum*. (P) *Solanum sisymbriifolium*. (Q) *Peltaea sessiliflora*. (R) *Melochia tomentosa*. (S) *Richardia brasiliensis*. (T) *Eragrostis ciliaris*. (U) *Conyza* sp. (V) *Acanthospermum australe*. (W) *Amaranthus deflexus*. (X) *Soliva anthemifolia*. (Y) *Phyllanthus niruri*. Fonte: Autora (2021); GBIF (2021); (MOREIRA E BRAGANÇA, 2010/2011); Carvalho (2013).

Das vegetações espontâneas encontradas, foram pesquisados seus períodos de floração e comparadas graficamente com o período de floração das vegetações que são utilizadas pela prefeitura local e as propostas no plano de arborização do município utilizando literatura.

As variações foram analisadas em um gráfico para chegar à uma linha crescente ou decrescente para indicação de qual grupo (vegetação espontânea encontrada; vegetação utilizada pela prefeitura e vegetação proposta no plano de arborização) atenderia melhor à um visual paisagístico que pudesse suportar sua floração por mais tempo (FERREIRA, 2022).

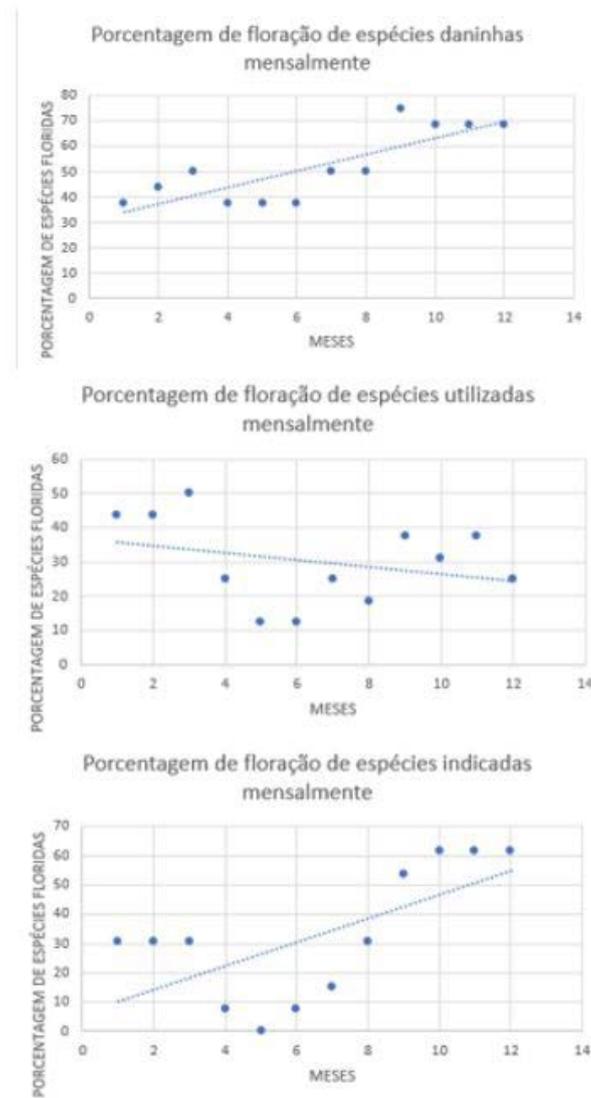
Os gráficos foram realizados com contagem para todos os meses do ano e foi estudado a capacidade de cada floração nos meses do ano (FERREIRA, 2022).

O artigo de Ferreira (2022) avaliou os meses de maior índice de floração de espécies daninhas nos meses entre setembro e dezembro, sendo 81,25% das espécies floridas; a vegetação

utilizada pela Prefeitura Municipal contou com o mês de março, sendo 47,05% das espécies floridas e quanto a vegetação indicada pelo Plano de Arborização Municipal contou com os meses entre outubro e dezembro, com 69,23% das espécies floridas.

Os gráficos foram analisados em porcentagem de espécies floridas e meses do ano, gerando funções crescentes para as vegetações daninhas e as espécies indicadas pelo Plano de Arborização Municipal, sendo que entre eles o gráfico para a vegetação daninha é o único que não possui nenhuma época do ano com vegetação sem floração (Figura 3).

Figura 3 – Comparação gráfica entre as porcentagens de floração anual das espécies encontradas, da vegetação utilizada pelo município e a sugerida pelo Plano de Arborização.



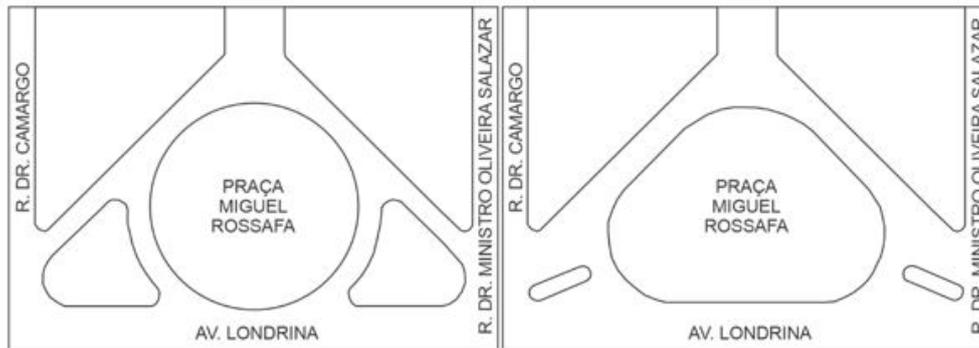
Fonte: Ferreira (2022).

A partir dos resultados do levantamento foi proposto um projeto para a elaboração paisagística da praça.

A morfologia da Praça Miguel Rossafa no seu período de implantação na década de 1950 consistia em três partes seccionadas, dentre elas uma rotatória circular contendo a maior área e duas partes livres menores para organização da circulação viária (Figura 03), no entanto, em 2000 foi autorizada a harmonização da praça, que contava com a readequação da tipologia do traçado urbano, alterando vegetações e mobiliários urbanos (CARDOSO, MIRANDA E DE

ANGELIS, 2017).

Figura 4 - Morfologia da Praça antes e depois da revitalização.



Fonte: Elaborado pela Autora (2022).

Quadro 1 - Levantamento quantitativo de equipamentos e estruturas existentes na Praça Miguel Rossafa.

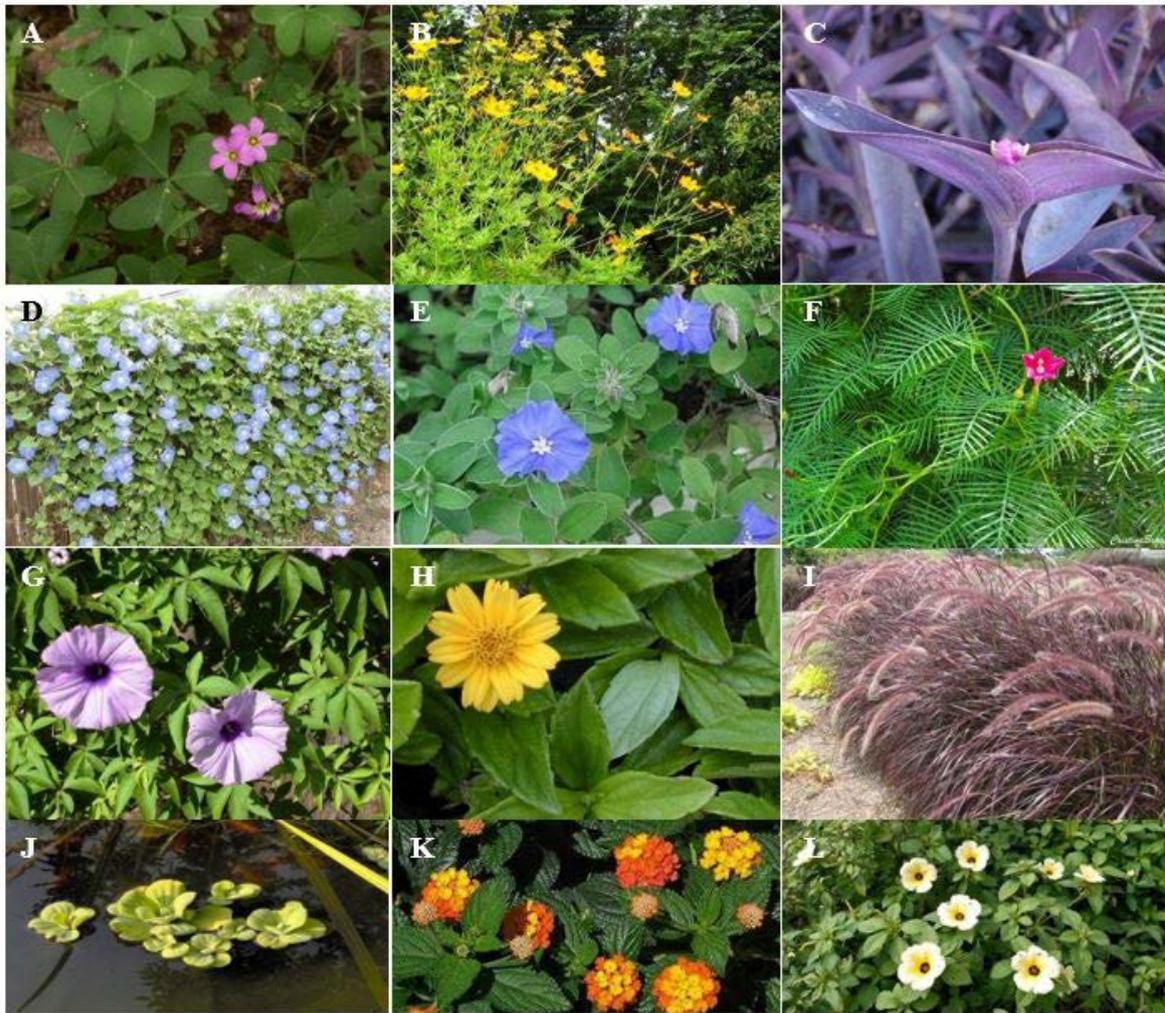
Equipamentos/Estruturas	Sim	Não	Quantidade
Bancos de concreto	X		08 (168m)
Mesa com bancos		X	-
Iluminação (incandescente)	X		20
Lixeiras	X		11
Sanitários	X		02
Caminhos	X		2983 m ²
Obra de arte	X		03
Espelho d'água/Chafariz	X		01
Equipamento para exercício físico	X		10 aparelhos
Parque infantil	X		01
Mastro para bandeira	X		03

Fonte: Modificado de Cardoso, Miranda e De Angelis (2017).

Quanto às vegetações, a Praça consta com espécies de árvores como Ficus, Oiti, Coreu-téria ou Árvore-da-China, Ipê Rosa, Ipê Amarelo e palmeiras como Palmeira Imperial e coqueiro Jerivá (CARDOSO, MIRANDA E DE ANGELIS, 2017). O levantamento de espécies existentes possibilitou a criação de uma proposta de projeto paisagístico para a próxima troca de vegetação da Praça Miguel Rossafa.

O projeto contou inicialmente com a análise de vegetações que poderiam ser inclusas juntas, sem que fosse afetada sua floração e que não houvesse competição por espaço entre as mesmas. As espécies listadas na Figura 5 são apenas sugestões do que se pode utilizar em um projeto paisagístico, não estando todas contempladas no projeto proposto.

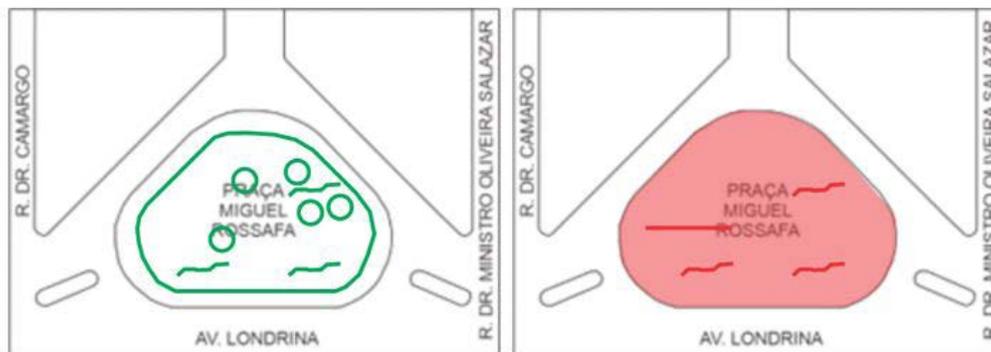
Figura 5 - Espécies de plantas espontâneas que possuem potencial ornamental para uso paisagístico na Praça Miguel Rossafa.



(A) *Oxalis latifolia*. (B) *Bidens sulphurea*. (C) *Tradescantia pallida*. (D) *Ipomoea nil*. (E) *Evolvulus glomeratus*. (F) *Ipomoea quamoclit*. (G) *Ipomoea cairica*. (H) *Sphagneticola trilobata*. (I) *Pennisetum setaceum*. (J) *Pistia stratiotes*. (K) *Lantana camara*. (L) *Turnera subulata*. Fonte: Elaborado pela Autora (2022).

Foram traçados originalmente onde se encontravam a área de vegetação que o município faz trocas e confeccionados croquis para melhor entendimento da relação 'da vegetação de transição e vegetação permanente' onde se entende por vegetação permanente as árvores já locadas que não serão retiradas e vegetação de transição as plantas que são retiradas após a floração.

Figura 6 - Croqui com relação a vegetação permanente e vegetação de transição.
(A) *Oxalis latifolia*. (B) *Bidens sulphurea*. (C) *Tradescantia pallida*. (D) *Ipomoea nil*. (E) *Evolvulus glomeratus*. (F) *Ipomoea quamoclit*. (G) *Ipomoea cairica*. (H) *Sphagneticola trilobata*. (I) *Pennisetum setaceum*. (J) *Pistia stratiotes*. (K) *Lantana camara*. (L) *Turnera subulata*. Fonte: Elaborado pela Autora (2022).

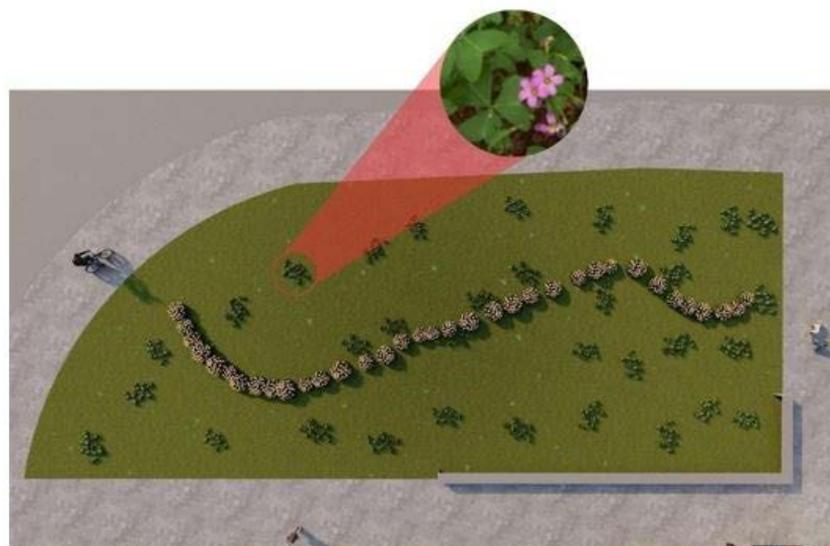


Fonte: Elaborado pela Autora (2022).

No projeto está sendo proposto que a forração vegetal seja mantida, e que aos poucos junto com a grama original e que aos poucos fosse sendo acrescentado o Trevo Azedo (*Oxalis latifolia*) para que se tenha outra espécie agregada na paisagem (Figura 7).

Marcondes 2002, estudou a influência da urbanização na distribuição da vegetação na cidade de Curitiba-Pr, observou que algumas espécies, consideradas plantas espontâneas, possuem alto potencial ornamental pelas suas características morfológicas (flores, folhas e porte) e fisiológicas (adaptação às condições adversas), dentre as quais destacou *Cuphea calophylla*, *C. calophylla*, *Oxalis comiculata*, *O. latifolia*, *Zephyranthes grandiflora*, *Ipomoea spp.* e *Leonorus sibiricus*.

Figura 7- Representação do entorno da Praça Miguel Rossafa com *Oxalis latifolia* a ser acrescentada.



Fonte: Elaborado pela Autora (2022).

Nos canteiros, por conta de um histórico de plantas arbustivas de 20 a 30 centímetros que já eram implantadas pela Prefeitura Municipal, foi proposto o uso de espécies como Albina (*Turnera melochioides*), Flor-do-guarujá (*Turnera subulata*), Margaridão (*Sphagneticola trilobata*) ou Daze Azul (*Evolvulus glomeratus*) (Figura 8).

Figura 8 - Representação do entorno com *Sphagneticola trilobata* a ser acrescentada.



Fonte: Elaborado pela Autora (2022).

Na fonte existente foi sugerida a implantação da espécie *Pistia stratiotes* (Alface d'Água) a qual deverá passar por modificação estrutural para valorização tanto da fonte quanto da espécie implantada.

P. stratiotes tem abundantes raízes pilosas e é uma das principais espécies utilizadas para tratamento de água em jardins filtrantes com lâmina d'água. Como ornamental, as principais características são a originalidade e a textura grossa, pela morfologia única que possuem e, pela cor da folhagem. O hábito flutuante torna difícil seu uso em aquários, e o uso em lagos exige constante manutenção para a retirada do excesso de biomassa. Não se deve permitir que as macrófitas ocupem toda a superfície de lagos, o que compromete as formas de vida submersas. Assim sendo, recomenda-se seu uso em pequenas fontes ou vasos, sempre sob sol pleno, onde possam ser observadas de perto e facilmente controladas (BITTENCOURT, 2018).

Figura 9 - Representação das modificações sugeridas na fonte d'água existente na Praça Miguel Rossafa com *Pistia stratiotes* a ser acrescentada.



Fonte: Elaborado pela Autora (2022).

Ainda foi proposto colocar uma cortina verde na lateral do espaço previamente criado na Praça, onde no período da tarde apresenta grande radiação solar (Figura 10), com uso de espécies como Carriola (*Ipomoea cairica*). A espécie apresenta alto potencial ornamental, tendo como diferencial a resistência ao déficit hídrico (TOGNON *et al.*, 2012)

Pelas suas características de rusticidade e fácil adaptabilidade aos diversos ambientes, o uso de Ipoméias nas composições paisagísticas tem um alto valor, mesmo não sendo muito utilizadas, essas espécies apresentam uma plasticidade ornamental incrível, podendo ser aplicadas aos mais diversos projetos paisagísticos (TOGNON, 2010).

Lorenzi e Souza (2001) e Paiva *et al.* (2008), indicam para utilização em paisagismo as espécies: *Ipomoea. purpurea*, *Ipomoea cairica*, *Ipomoea hederifolia*, *Ipomoea horsfalliae*, *Ipomoea asarifoli*, *Ipomoea chiliantha* e *Ipomoea alba*. Todas as espécies citadas por esses autores são bastante floríferas com alto potencial ornamental, apresentando algumas particularidades.

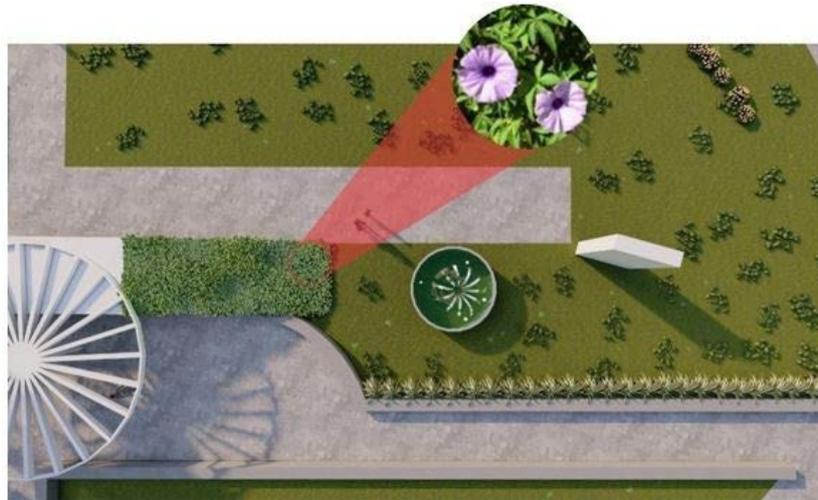
Figura 10 - Insolação no período da tarde na praça.



Fonte: Elaborado pela Autora (2022).

A vegetação é muito utilizada para o paisagismo de áreas urbanas, em vias e praças, ou em jardins, e vem crescendo a utilização de como componente de edificações em fachadas e coberturas. As fachadas verdes são um tipo extensivo de jardim vertical, de acordo com a nomenclatura adotada por Scherer, Alves e Redin (2018), pelo qual plantas trepadeiras são utilizadas para cobrir as paredes de edificações.

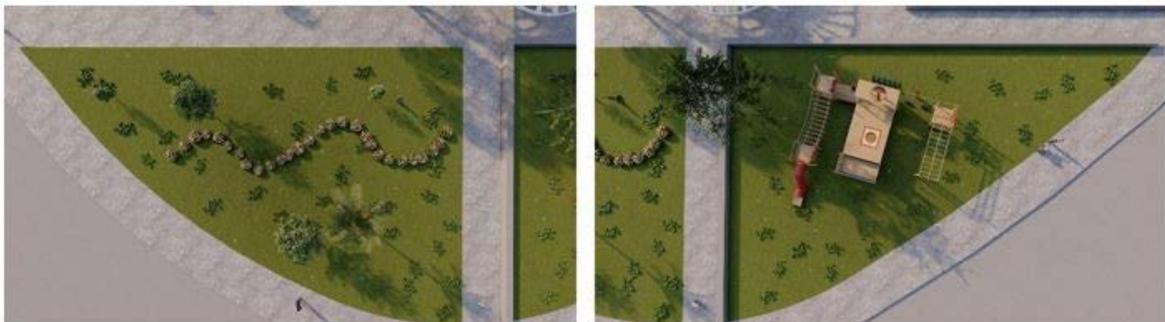
Figura 11 - Representação do entorno com a implantação de Ipomoea cairica.



Fonte: Elaborado pela Autora (2022).

No restante dos quadrantes da praça, foi proposto o mesmo tipo de vegetação já citado.

Figura 12 - Representação da vegetação proposta.



Fonte: Elaborado pela Autora (2022).

Com os estudos realizados a praça ganhará a nova vegetação aos poucos, sem interferir drasticamente na vegetação existente para que ambas possam coexistir.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da presente pesquisa possibilitou o estudo e conhecimento do paisagismo contemporâneo, compreendendo a sustentabilidade ao preferir espécies da própria região às vegetações que demandam gastos, sejam monetários ou ecológicos, para serem transportadas de um local para outro.

A proposta de diminuir o fluxo de manutenção das vegetações nas praças do município levou a pesquisa a optar por vegetações que demandassem poucos cuidados, o que levou ao levantamento de vegetação espontânea existente na região para compor o novo paisagismo da cidade, já que a espécie é utilizada para auxílio em plantações e até mesmo em jardins.

Com o presente trabalho pode-se obter uma proposta de paisagismo que contará com uma manutenção baixa, viável financeiramente e que trará benefícios ecologicamente e sustentavelmente para o município.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. M. de., LOPES, W. G. R. Influência da vegetação em variáveis climáticas: estudo em bairros da cidade de Teresina, Piauí. RA'EGA, v. 36, p. 38 – 68, Curitiba – PR, abr. 2016.
- ARAÚJO, F. P., KLEIN, P. FERNANDES, M., RENCK, V. K., ROLIM, R. G. Se essa rua fosse minha eu mandava semear: plantas ornamentais nativas para manutenção de polinizadores em áreas urbanas nos campos de cima da serra, Rio Grande do Sul, Brasil PESQUISAS, Botânica, n° 76.p. 193-217, 2022.
- CARDOSO, C., MIRANDA, Y. C., DE ANGELIS, B. L. D. Avaliação do Caráter das Praças de Umuarama – PR. In: II Simpósio Brasileiro sobre Governança e Desenvolvimento Sustentável. p. 68-82, 2017.
- CARRION, A.A.; BRACK, P. Eudicotiledôneas ornamentais dos campos do bioma Pampa no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental, n.18, p. 23-37, 2012.
- CARVALHO, L. B. de. Plantas daninhas. Editado pelo autor, Lages – SC, 2013.
- CESAR, L.P.M.; CIDADE, L.C.F. Ideologia, visões de mundo e práticas socioambientais no paisagismo. Sociedade e Estado. v.18, p. 115-136, 2003.
- DEMARCHI, R. de C. Na paisagem contemporânea. Revista Ge Arte, v. 2, n. 1, Instituto Federal de São Paulo, São Paulo – SP, 2015. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/gearte/article/view/54489>. Acesso em dez. 2022.
- ERICKSON, E., PATCH, H.M.; GROZINGER, C.M. Herbaceous perennial ornamental plants can support complex pollinator communities. Scientific Reports. v.11, p.17352, 2021.
- FERREIRA, A. C. F. Estudo de Vegetações Daninhas Aplicada ao Paisagismo Urbano: Análise para substituição da vegetação atual no município de Umuarama – PR. XVIII SEUR: Diálogo sobre Hortas Urbanas e Sustentabilidade nas Cidades, Pelotas – RS, 2022. Disponível em: http://even3.blob.core.windows.net/geral/Anais_VersoPreliminar_Trabalhos_XVIII_SEUR.a0dd2d3df8ca4be98d48.pdf. Acesso em jul. 2022.
- GBIF. Global Biodiversity Information Facility. Site, online, 2021. Disponível em: <https://www.gbif.org/>. Acesso em nov. 2021.
- GOOGLE EARTH. Município de Umuarama. Mapas, online, 2022. Disponível em: https://earth.google.com/web/search/Umuarama,+PR/@-23.76150234,-53.30514969,452.25290833a,17030.93713371d,35y,0h,0t,0r/data=CncaTRJHCiUweDk0ZjJkNmFhZDg4ZjEyYjc6MHg2MmU3NDFhNDRiYzdiZmM3GU-5eC5CwzfAlaxd5Tvp0rAKgxVbXVhcmFtYSwgUFiYAiABliYKJAI7g55nPMFDQBF9g55nPMFDwbnn_tK8zS9GQCHF84115shRwA. Acesso em dez. 2022.
- GRACIELIO Queiroz De Magalhães, plantas ornamentais para uso em sistemas agroflorestais: levantamento do potencial em área de agricultura familiar na Amazônia, Universidade Federal do Amazonas. Faculdade de Ciências Agrárias. Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, 2014.
- HEIDEN, G., BARBIERI, R. L., e STUMPF, E. R.T. (2006). Considerações sobre o uso de plantas ornamentais nativas. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental, v.12, n.1, p.2-7, 2006.
- HEIDEN, G., STUMPF, E. R. T., BARBIERI, R. L., e GROLLI, P. R. (2007). Uso de plantas arbóreas e arbustivas nativas do Rio Grande do Sul como alternativa a ornamentais exóticas. Revista Brasileira de

Agroecologia, v.2, n.1, p.854-857, 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Infográficos: dados gerais do município. Umuarama – Paraná. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/umuarama/panorama>. Acesso em: 03 outubro, 2021.

IDR. Dados meteorológicos históricos e atuais. Aplicativo IAPAR Clima, online, 2022. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Dados-Meteorologicos-Historicos-e-Atuais>. Acesso em dez. 2022.

LORENZI, H.; SOUZA, V. C. Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 3° ed. Nova Odessa: Plantarum, 448 p., 2001.

MARCHI, M. M.; BARBIERI, R.L. (Org.). Cores e formas no Bioma Pampa: Gramíneas ornamentais nativas. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 200 p., 2015.

MOREIRA, H. J. da C., BRAGANÇA, H. B. N. Manual de Identificação de Plantas Infestantes: Cultivos de Verão. FMC Agricultural Products, 2010.

MOREIRA, H. J. da C., BRAGANÇA, H. B. N. Manual de Identificação de Plantas Infestantes: Hortifrúti. FMC Agricultural Products, Campinas, 2011.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, v. 403, p. 853- 858, 2000.

PAIVA, P. D. de O.; GAVILANES, M. L.; NÉRI, F. C. S.; PAIVA, R. Principais plantas ornamentais utilizadas em paisagismo. In: PAIVA, P. D. de O. Paisagismo: conceitos e aplicações. Lavras: Editora UFLA, 608 p., 2008.

PARANHOS, Janaina Lopes Munhoz. Fenologia Reprodutiva de Espécies da Família Asteraceae. 2017. 25 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pampa, São Gabriel, 2017.

ROLIM, R.G.; OVERBECK, G.E.; BIONDO, E. Produção e comercialização de espécies vegetais nativas ornamentais no Rio Grande do Sul: normas legais e desafios. Revista Eletrônica Científica da UERGS. N.7, p. 30-40, 2021.

ROLIM, R.G.; MATIELLO, J.; OVERBECK, G.E.; BIONDO, E. Plantas nativas ornamentais comercializadas no Rio Grande do Sul - Ervas a arvoretas. São Francisco de Paula - RS: UERGS., 2020.

SCHERER, M. J.; ALVES, T. S.; REDIN, J. Envoltórias vegetadas aplicadas em edificações: benefícios e técnicas. Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, v. 7, n. 1, p. 84-101, out. 2018. ISSN 2318-1109. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/2693>.doi:<https://doi.org/10.18256/2318-1109.2018.v7i1.2693>. Acesso em jan. 2022.

SILVA, A. A.; ANDRADE, L. H. C. Utilização de Espécies de Asteraceae por Comunidades Rurais do Nordeste do Brasil: relatos em Camocim de São Félix, Pernambuco. Biotemas, Camocim de São Félix, v. 26, n. 2, p. 94-104, 2013.

SILVA. J.M. MOURA, C.H. R. Análise da vegetação de um remanescente de Floresta Atlântica: subsídios para o projeto paisagístico. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v.9, n.1, p. 002- 024, 2020.

SIQUEIRA, M. M. Jardins de cerrado: potencial paisagístico da savana brasileira. Revista do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UCB. v.4, p.32-47, 2016.

STUMPF, E. R. T., BARBIERI, R. L., FISCHER, S. Z., HEIDEN, G., NEITZKE, R. S. Uso ornamental de *Andropogon bicornis* L. (Poaceae). Revista Ceres. Mar/Abr 2009.

TOGNON, G. B. Potencial ornamental, propagação, rendimento de óleos essenciais e resposta a deficiência hídrica de ipoméias. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 133 p., 2010.

TOGNON, G. B.; PETRY, C.; CUQUEL, F. L. Response to water deficit of *Ipomoea cairica* (L.) Sweet. Ciência & Agrotecnologia, Lavras, v.36, n.3, p. 318-324, maio 2012., maio 2012.



Estabilização de um solo argiloso com areia e brita $\frac{3}{4}$ " para fins rodoviários

Tailson Campos Melo
Rafael de Souza Pereira
Cris Regina Ribeiro de Souza Godoi
Eduardo Felipe Lima dos Santos
Marcio Veiga Pinheiro
Gabriela Ferreira Abreu
Jhimy Gleison Cavalcante Strelou
Leandro Delgado Meirelles
Darlan Freire do Nascimento
Maurício Yuma Mendoza

DOI: [10.47573/ayd.5379.2.172.6](https://doi.org/10.47573/ayd.5379.2.172.6)

RESUMO

O presente trabalho aborda a avaliação do potencial uso da areia e brita $\frac{3}{4}$ " como material estabilizante de um solo argiloso. Para isso, foram estudadas 5 misturas, solo com 10% de areia (SNAR-90/10), solo com 20% de areia (SNAR-80/20), solo com 10% de brita $\frac{3}{4}$ " (SNBR-90/10), solo com 15% de brita $\frac{3}{4}$ " (SNBR-85/15) e solo puro (referência), denominada de SN-100/0. Na análise da capacidade de suporte do solo natural e das misturas estabilizadas foram considerados os parâmetros ótimos de compactação obtidos por meio do ensaio Proctor. Os resultados dos ensaios de compactação revelam que a adição tanto de areia como de brita $\frac{3}{4}$ " provoca um aumento da massa específica aparente seca máxima do solo e diminuição da umidade ótima. Já os ensaios de índice de suporte Califórnia (ISC) demonstraram que todos os teores de adição estudados elevaram a capacidade de suporte da mistura, quando confrontado ao solo original, configurando cerca de 54,30% e 114.14% de aumento mediante a adição de 10% e 15%, respectivamente, de brita $\frac{3}{4}$ ", enquanto para adição de 10% e 20% de areia houve um aumento de 29.08% e 18.59%, respectivamente.

Palavras-chave: solo argiloso. solo estabilizado. ISC.

ABSTRACT

The present work deals with the evaluation of the potential use of sand and gravel $\frac{3}{4}$ " as a stabilizing material for a clayey soil. For this, 5 mixtures were studied, soil with 10% sand (SNAR-90/10), soil with 20% sand (SNAR-80/20), soil with 10% gravel $\frac{3}{4}$ " (SNBR-90/10), soil with 15% gravel $\frac{3}{4}$ " (SNBR-85/15) and pure soil (reference), called SN-100/0. In the analysis of the support capacity of the natural soil and of the stabilized mixtures, the optimum compaction parameters obtained through the Proctor test were considered. The results of the compaction tests reveal that the addition of both sand and $\frac{3}{4}$ " gravel causes an increase in the maximum apparent dry mass of the soil and a decrease in the optimum moisture content. On the other hand, the California Support Index (CSI) tests demonstrated that all the addition contents studied increased the support capacity of the mixture, when compared to the original soil, configuring about 54.30% and 114.14% of increase with the addition of 10% and 15%, respectively, of crushed stone $\frac{3}{4}$ ", while for the addition of 10% and 20% of sand there was an increase of 29.08% and 18.59%, respectively.

Keywords: clay soil. stabilized soil. ISC.

INTRODUÇÃO

O solo é um material de construção natural em grande abundância em nosso planeta, porém, é um material finito. Há milhares de anos é usado para a construção, com variações entre culturas, solos distintos, maneiras de aplicações diferentes e com diversos nomes, por exemplo, taipa de pilão, adobe, blocos de terra ou lama.

A composição e as propriedades do solo variam, conforme as condições locais onde se encontram. Posterior a caracterização, constantemente é necessário realizar o processo de estabilização para corrigir e melhorar as características mecânicas e de longevidade. De uma forma ampla, a estabilização do solo consiste em alterar as propriedades do sistema solo-água

para ajustar a mistura às propriedades indispensáveis à aplicação que se quer dar.

Os atributos do solo podem ser corrigidos por estabilização física (melhor disposição de tamanho de partícula e equilíbrio da mistura), mecânica (compactação dinâmica) ou também por produtos químicos (cal, cimento, entre outros aglomerantes). A opção do tipo de estabilização tem que ter viabilidade técnica e econômica, podendo variar de acordo com o propósito do produto final, aspectos dos materiais utilizados e propriedades do solo que deseja corrigir ou regular.

Além disso, a adição de um estabilizador pode aumentar, também, a energia incorporada da taipa. Isto pode ocorrer devido ao processo de extração, ou de produção do material agregado, o que prejudica os benefícios ambientais da taipa, em paralelo ao uso da terra não estabilizada. A importância da redução dos impactos ambientais, leva à necessidade da escolha criteriosa dos estabilizadores. Buscando maior resistência do solo, este trabalho busca analisar o método de estabilização de um solo com a adição de areia e brita $\frac{3}{4}$ ".

METODOLOGIA

Materiais

Solo

As amostras de solo usadas no trabalho foram coletadas em uma jazida localizada no município de Jaru, Rondônia (RO). A Figura 1 e Tabela 1 mostram o mapa de localização da jazida e pontos de coletada, respectivamente.

Figura 1 - Mapa de localização



Fonte: Autores (2023).

Tabela 1 - Pontos de coleta

Furos	Norte	Leste	Cota
1	8844235.246	555914.697	168.763
2	8844269.034	555950.06	167.703
3	8844267.368	555979.814	171.326
4	8844279.293	555965.457	168.036
5	8844247.502	555959.745	172.431

Fonte: Autores (2023).

Para caracterização física das amostras de solo, foram utilizados os ensaios de granulometria por peneiramento (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER-ME 080/1994), limite de plasticidade (DNER-ME 082/1994), limite de liquidez (DNER-ME 122/1994), compactação (DNER-ME 129/1994) e equivalente de areia (DNER-ME 054/1997).

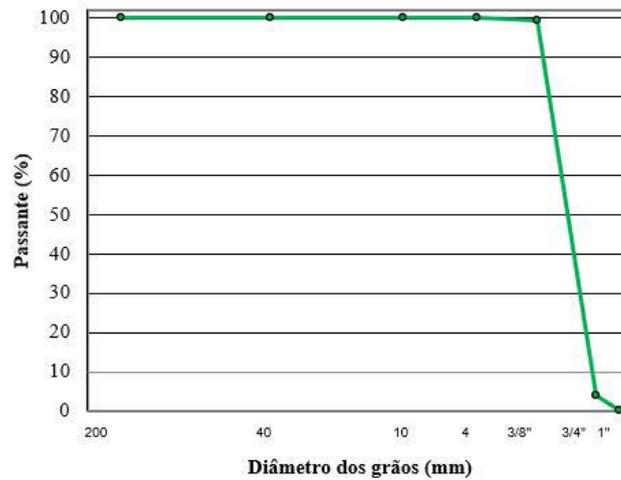
Areia e brita ¾”

A areia e brita ¾” usadas na pesquisa foram adquiridas no comércio local da cidade de Porto Velho/RO. Nas Figuras 2 e 3 são mostradas as curvas granulométricas dos materiais estabilizantes.

Figura 2 - Curva granulométrica da areia

Fonte: Autores (2023).

Figura 3 - Curva granulométrica da brita 3/4"



Fonte: Autores (2023).

Dosagem das misturas solo-areia

Para avaliar o comportamento do solo estabilizado com areia e brita 3/4" foram estudadas cinco misturas distintas: configuração convencional (solo *in natura*), sem a presença de material estabilizado, codificada por SN-100/0; solo com 10% de areia (SNAR-90/10); solo com 20% de areia (SNAR-80/20); solo com 10% de brita 3/4" (SNBR-90/10); e solo com 15% de brita 3/4" (SNBR-85/15). A Tabela 2 apresenta os resultados da caracterização física das amostras de solo.

Tabela 2 - Propriedades Físicas

Material	Equiv. de Areia	Limites Físicos		Granulometria							Classificação
				% que passa nas peneiras							
		LL	IP	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº 10	Nº40	Nº200	H.R.B
SN-100/0	3,2	40,5	7,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	66,0	46,1	A-5
SNBR-90/10	2,0	40,5	7,6	100,0	100,0	84,3	83,6	83,6	43,3	23,8	A-2-5
SNBR-85/15	3,5	42,6	17,1	100,0	100,0	85,2	84,8	84,8	64,2	40,2	A-7-6
SNAR-90/10	3,7	40,0	19,4	100,0	100,0	100,0	100,0	99,5	78,7	58,4	A-6
SNAR-80/20	3,8	34,6	13,9	100,0	100,0	100,0	100,0	99,2	67,2	41,0	A-6

Fonte: Autores (2023).

Ensaio Mecânicos

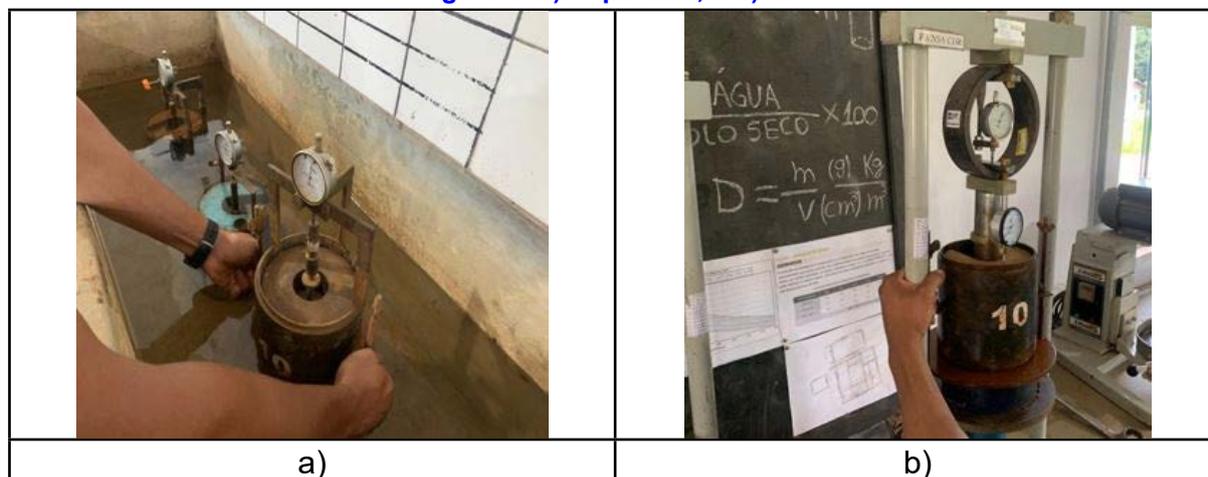
ISC e expansão

Para a avaliar a capacidade de suporte das misturas foram empregados os ensaios de ISC e expansão. Para isto, os corpos de prova foram moldados em seus respectivos parâmetros ótimos de compactação, na energia Proctor modificado, sendo moldado dez corpos de prova

para cada mistura, com dimensões de aproximadamente 152mm de diâmetro e 125mm de altura, conforme preconizado pela norma de regulamentação ME 172 (DNIT, 2016).

Posteriormente a etapa de moldagem, as amostras foram submetidas ao processo de imersão em água por 4 dias, sendo realizado leituras no extensômetro a cada 24 horas para determinação da expansão (Figura 3a). Em seguida, os corpos de provas serão submetidos à carga (Figura 3b).

Figura 3: a) Expansão; e b) ISC



Fonte: Autores (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Parâmetros de compactação

Os resultados do ensaio de compactação Proctor submetidos à energia modificada podem ser observados na Tabela 3, onde pode-se confrontar os resultados dos corpos de prova com adições de areia e com adições de brita ¾” obtidos pelos autores desta pesquisa aos resultados de solo natural.

Tabela 3 - Propriedades Físicas

Material	Umidade ótima	Massa específica aparente seca máxima
SN-100/0	14,5%	1,784g/cm ³
SNBR-90/10	15,1%	1,831g/cm ³
SNBR-85/15	14,5%	1,873 g/cm ³
SNAR-90/10	13,8%	1,858g/cm ³
SNAR-80/20	12,1%	1,869g/cm ³

Fonte: Autores (2023).

Analisando os resultados apresentados na Tabela 3, é possível observar que a adição tanto de areia como de brita ¾” leva a um aumento da massa específica aparente seca máxima da mistura e diminuição da umidade ótima. Os resultados obtidos estão em conformidade com a literatura e prática (SENÇO, 2001; CASTRO *et al.*, 2019). Destaca-se que, posterior a determinação dos parâmetros de compactação das misturas, procedeu-se a moldagem dos corpos de prova com o controle do grau de compactação. Este parâmetro exerce fundamental importância

nos ensaios com amostras de solos deformadas, visto que os corpos de prova devem apresentar peso específico próximo aqueles determinados nos experimentos de compactação (CASTRO *et al.*, 2019).

ISC e expansão

De acordo com Rao *et al.* (2000) o ensaio ISC mede a capacidade de um solo compactado, sendo a relação em porcentagem da pressão que um pistão de diâmetro padronizado aplica em um solo até certo ponto de deformação, com a pressão que esse mesmo pistão penetre sob mesma deformação em solo padrão de brita. Para Senço (2007) o ISC é uma das características mais utilizadas para avaliar o comportamento de um solo.

A Tabela 4 e as Figuras 4 e 5 apresentam os resultados dos ensaios ISC e expansão obtidos nas cinco amostras de solos.

Tabela 4 - Propriedades Físicas

Material	Expansão (%)	ISC (%)
SN-100/0	0,23	13,72
SNBR-90/10	0,15	21,17
SNBR-85/15	0,08	29,38
SNAR-90/10	0,08	17,71
SNAR-80/20	0,21	16,27

Fonte: Autores (2023).

Por meio da Tabela 4, verifica-se que a adição de 10% e 15% de brita $\frac{3}{4}$ ", SNBR-90/10 e SNBR-85/15, o aumento foi de 54,30% e 114.14%, respectivamente, em comparação do solo original. Referente às misturas estabilizadas com areia, SNAR-90/10 e SNAR-80/20, surtiu um aumento ISC de 29.08% e 18.59%, respectivamente quando confrontado com a matriz original.

Ainda analisando os resultados, percebe-se uma diminuição de expansão para todas as misturas estabilizadas quando comparadas com a mistura de referência. Segundo o DNIT (2006), baixos valores de expansão caracterizam solos de baixa variação volumétrica quando em imersão, o que resulta em solos de boa aplicabilidade para emprego em camadas de rodovia. Ainda segundo o DNIT (2006) os limites máximos de expansão para as camadas do pavimento, são 2% para solos usados em subleito, 1% para materiais de reforço de subleito e sub base e 0,5% para materiais de base.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como intuito verificar a aplicabilidade da areia e brita $\frac{3}{4}$ " como materiais estabilizantes de solo. Como resultado, verificou-se que a areia e brita $\frac{3}{4}$ " atribuíram melhoria significativa ao ISC e expansão do solo, quando comparado ao solo, o que pode-se interpretar como um resultado positivo, visto que, possibilitou um aumento da capacidade de suporte e diminuição da expansão. Sendo os resultados mais expressivos para as amostras estabilizadas com brita $\frac{3}{4}$ ".

Deste modo, tendo em vista os resultados obtidos, a areia e brita $\frac{3}{4}$ " apresentaram-se como estabilizantes efetivos para solos com características típicas de uma argila.

REFERÊNCIAS

CASTRO, C. E. N.; SILVA, R. R. F.; SANTOS, L. F.; MENDES, A. S.; LIMA, C. A. P.; FROTA, C. A. Comportamento mecânico de solo argiloso estabilizado com resíduo de vidro pulverizado em moinho de alta energia e de bolas. *Matéria*, v. 24, n. 2, p. e12356, 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (CNT). Pesquisa rodoviária 2021: relatório gerencial. Brasília: In: Confederação Nacional do Transporte, 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). DNER-ME 080/94: Solos - análise granulométrica por peneiramento. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). DNER-ME 082/94: Solos - determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). DNER-ME 122/94: Solos – determinação do limite de liquidez – método de referência e método expedito. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE (DNIT). Manual de pavimentação. 3 eds. Rio de Janeiro, 274 p., 2006.

RAO, A. V. N.; VENKATRAMAIAH, C. *Geotechnical Engineering*. Hyderguda, Hyderabad, India: Orient Longman Limited, 585 p., 2000.

SENÇO, W. Manual de técnicas de pavimentação. 2. ed. São Paulo: Pini, 764 p., 2007.



Controle de sistemas de impermeabilização para pressões hidrostáticas positivas e negativas em parede

Pedro Henrique de carvalho Lino

Universidade Anhanguera-Uniderp

Paulo Moreira Silveira

Professor-orientador. Universidade Anhanguera-Uniderp

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.172.7

RESUMO

A impermeabilização e a estanqueidade deveriam ser, umas das grandes preocupações em construções ou qualquer outro tipo de obra civil. Responsável por patologias em edificações especialmente em regiões de calor intenso, onde a água é encontrada muitas vezes no estado gasoso, e tem elevado grau de penetração. Uma das patologias mais comuns que podem vir a aparecer devido a algum erro na execução da impermeabilização é o afloramento de umidade em paredes. Este trabalho estudou os produtos e sistemas de impermeabilização mais comuns disponíveis no mercado de Campo Grande – MS. Foram feitos testes com corpos de prova de concreto fabricado conforme especificações da NBR 12171/92 e moldes de paredes simulando diferentes ações agressivas com objetivo de elucidar qual o melhor caminho a ser tomado para correção do sistema. Os resultados comprovaram a eficácia dos impermeabilizantes, obtendo-se resultados significativos.

Palavras-chave: impermeabilização pós-obra. impermeabilização de paredes. resistência a pressões hidrostáticas.

ABSTRACT

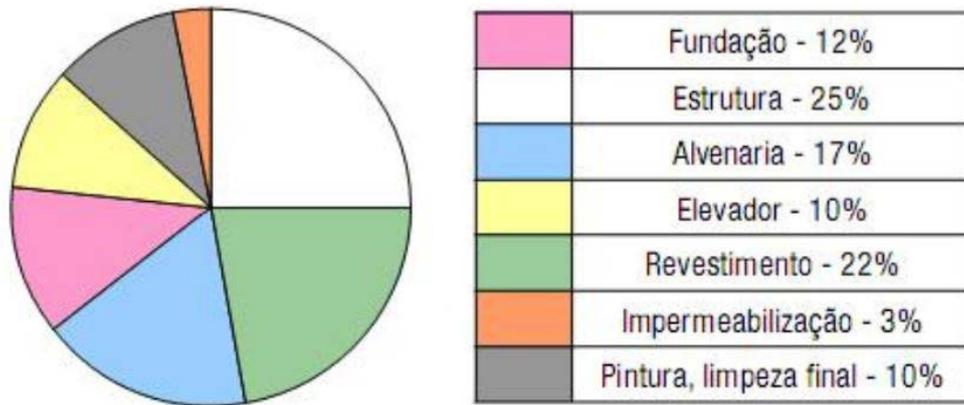
The waterproofing and sealing should be a major concern in buildings or any other type of civil work. Responsible for pathologies in buildings especially in regions of intense heat, where the water is often found in the gaseous state and has a high degree of penetration. One of the most common diseases that may appear due to some error in the execution of waterproofing is the outcrop of moisture in walls. This study examined the products and waterproofing systems available in most common Campo Grande Market - MS. Tests on concrete specimens were manufactured according to specifications made of NBR 12171/92 and mold walls simulating various aggressive actions in order to elucidate what the best path to be taken to fix the system. The results proved the effectiveness of waterproofing, obtaining significant results.

Keywords: waterproofing work post. waterproofing wall. resistance to hydrostatic pressures.

INTRODUÇÃO

A umidade sempre foi uma grande preocupação para o homem, porem os erros no planejamento ou execução da impermeabilização numa obra civil são muito frequentes podendo acarretar numa série de danos ao prédio tanto na estrutura quanto no aspecto decorativo e sua implantação custaria em torno de 3% da obra conforme mostra a Figura 1 a seguir.

Figura 1 - Porcentagem de investimentos nas edificações.



Fonte: (VEDACIT, 2009, p. 6)

Righi (2009, p. 14) diz que uma eficiente proteção deve ser oferecida aos diversos elementos de uma obra sujeita às ações das intempéries, com o intuito de proteger a edificação de inúmeros problemas patológicos que poderão surgir com a infiltração de água, integradas ao oxigênio e outros componentes agressivos da atmosfera. A vida útil de uma edificação depende diretamente de uma eficiente realização da impermeabilização.

Dentre os vários tipos de problemas que pudesse encontrar devido à má impermeabilização prévia, está o afloramento de umidade em paredes muitas vezes por capilaridade da água que se encontra no solo ou até por respingos de chuva na parede. Este tipo de problema além dar um aspecto degradado também pode ocasionar alguns problemas de saúde ao morador ou usuário do recinto, visto que se for ignorada por muito tempo essa umidade aflorada ocasiona a aparição de musgos e fungos que fazem respiração consumindo grande parte do oxigênio do ambiente e deixando-o carregado de gás carbônico, em alguns casos extremos acarretando até a morte de algum indivíduo.

Para combater este tipo de problema há alguns produtos de cimentos impermeabilizantes com algum outro tipo de aditivo, geralmente polímeros, no mercado de marcas famosas ou não que construtores ou prestadores de serviços utilizam para que possam tentar solucionar o problema, mas como uma manutenção desta muitas vezes inclui outros materiais como pisos e revestimentos a serem feitos novamente estes custos podem chegar a até 15 vezes o custo inicial, como mostra a Figura 2 a seguir.

Figura 2 - Custo da impermeabilização x quando executado.



Fonte: (Adaptado de Arquitetura e construção, 2005)

Devido à falta de regras que normatizam para este tipo de intervenção (combate a cargas hidrostáticas negativas), pois a NBR 11905 (1992) item 1.2 diz que, o sistema de impermeabilização, objeto desta Norma, classificado como uma impermeabilização rígida, destinada à aplicação em estruturas de concreto não passíveis de fissuração, submetidas à umidade do solo, água de percolação e/ou pressão hidrostática positiva. Portanto os produtos não têm a obrigação de atender as umidades que surgem nas paredes provenientes do solo passando pelo baldrame e saindo de dentro para fora nas paredes

Mas os fabricantes, todavia, garantem que seus produtos servem tanto para cargas hidrostáticas positivas quanto negativas, então este trabalho abordará e tentara deixar mais elucidado a respeito dos produtos existentes no mercado testando qual o mais eficaz para o combate a esta umidade.

MECANISMOS DE ATUAÇÃO DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES

Segundo Queruz (2007) a água é um dos maiores causadores de patologias, de forma direta ou indireta, quer ela esteja no seu estado sólido, líquido ou gasoso. Pode ser vista como um agente de degradação ou meio de instalação de outros agentes. As causas das presenças de umidade nas edificações.

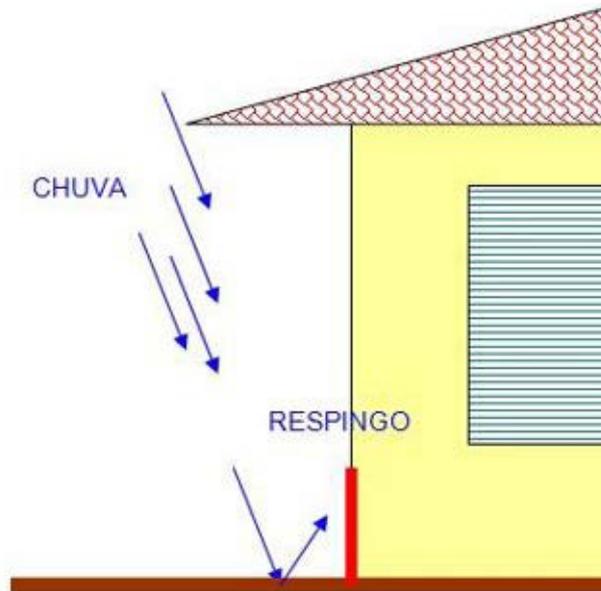
- Umidade de infiltração;
- Umidade ascensional;
- Umidade por condensação;
- Umidade por obra;
- Umidade acidental.

Como o objetivo deste trabalho é abordar a eficácia dos produtos a base de cimentos impermeabilizantes será abordado então apenas áreas onde os mesmos atuam que seriam a umidade de infiltração e a ascensional.

Umidade de infiltração

É a umidade que passa das áreas externas às internas por pequenas trincas, pela alta capacidade de os materiais absorverem a umidade do ar ou mesmo por falhas na interface entre elementos construtivos, como planos de paredes e portas ou janelas. Em geral, é ocasionada pela água da chuva e, se combinada com o vento, pode agravar a infiltração com o aumento da pressão de infiltração como mostrado na Figura 3 a seguir.

Figura 3 - Exemplo de ação do respingo de chuva.



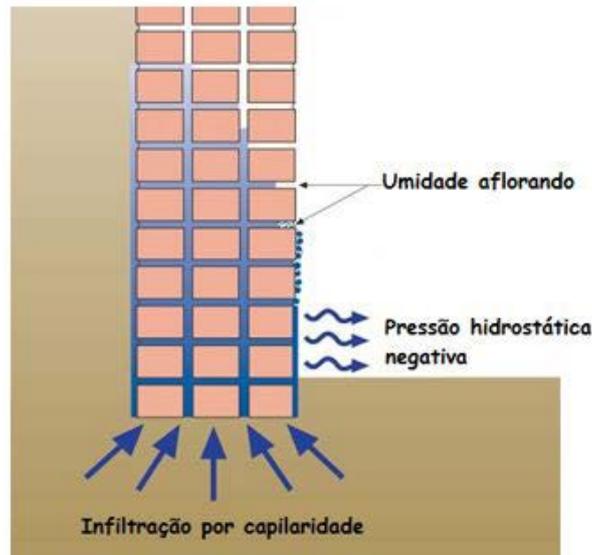
Fonte: (WATANABE, 2007)

Umidade ascensional

Caracteriza-se pela presença de água originada no solo, tanto por fenômenos sazonais de aumento de umidade quanto por presença permanente de umidade de lençóis freáticos superficiais. A sua ocorrência é percebida principalmente em paredes e pisos, sendo que não costumam ultrapassar de 0,8m de altura segundo (SOUZA, 2008).

A ascensão da água em paredes ocorre pela existência do fenômeno de capilaridade. Os vasos capilares pequenos permitem a água subir até o momento em que entra em equilíbrio com a força da gravidade. A altura que a água ascende pelo vaso capilar depende principalmente do seu diâmetro: quanto menor, maior a altura. (QUERUZ, 2007). A Figura 4 a seguir ilustra este tipo de umidade.

Figura 4 - Umidade ascensional.



Fonte: (WATANABE, 2007)

TIPOS DE SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Segundo Righi (2009) os sistemas de impermeabilização têm por função proteger as edificações dos malefícios das infiltrações, eflorescências e vazamentos causados pela água e para melhor atender a cada um desses itens foram criados diferentes tipos de métodos e produtos que evitem ou solucionem os problemas causados por estes.

Para um melhor entendimento do assunto, são descritos a seguir os diversos tipos de sistemas de impermeabilização e depois será focado nos sistemas ao qual atendem a este trabalho.

Moraes (2002) declara que os sistemas de impermeabilização existentes possuem diferenças de concepção, princípio de funcionamento, materiais e técnicas de aplicação entre outros. Estas variações servem de base para diversas classificações, que podem auxiliar na compreensão e comparação dos sistemas existentes no mercado.

Segundo a NBR 9575/2003, os sistemas impermeabilizantes podem ser divididos em rígidos e flexíveis, que estão relacionados às partes construtivas sujeitas ou não a fissuração.

Visto isso, os tipos de sistemas de impermeabilização existentes no são:

- Impermeabilizações Rígidas: Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo, cristalizantes, cimento impermeabilizante de pega ultrarrápida e argamassa polimérica.
- Impermeabilizações Flexíveis: Membrana de polímero modificado com cimento, Membranas asfálticas, Membrana acrílica, Mantas asfálticas e Manta de PVC.

OBJETIVOS

Este trabalho visa estudar os produtos e técnicas de sistemas de impermeabilização mais comuns existentes no Município de Campo Grande - MS para a solução de problemas de umidade em paredes provindas tanto do solo por ascensão quanto de paredes externas por infiltrações.

Essas umidades afloram nas paredes por meio de pressão hidrostática negativa, que por norma nenhum dos produtos devem combater, porém seus fabricantes garantem que seus produtos combatem esses afloramentos de forma eficaz.

Então foram feitos testes em alguns produtos, dos mais comuns encontrados em Campo Grande - MS, para determinar se eles realmente garantem a estanqueidade da parede segundo dizem e qual o tipo de sistema mais adequada para esta situação.

METODOLOGIA

Sistemas de impermeabilização utilizados

Como este trabalho aborda a infiltração de paredes por meio de capilaridade ou por infiltração foram escolhidos para testes de estanqueidade de pressões hidrostáticas positivas e negativas produtos de argamassas poliméricas conforme indicado pelo fabricante além de membrana de polímero modificado com cimento, que se assemelham as argamassas poliméricas, porém são flexíveis.

Argamassas poliméricas

Silveira (2001) descreve as argamassas poliméricas como materiais compostos por cimentos especiais e látex de polímeros aplicados sob a forma de pintura sobre o substrato, formando uma película impermeável, de excelente aderência e que garante a impermeabilização para pressões d'água positivas e/ou negativas.

Sayegh (2001) complementa que o produto resiste a pressões positivas e negativas e acompanhada de maneira satisfatória, pequenas movimentações das estruturas, e que a impermeabilização decorre da formação de um filme de polímeros que impede a passagem da água e da granulometria fechada dos agregados contidos na porção cimentícia.

O produto pode ser aplicado sobre superfícies de concreto, alvenaria ou argamassa, devendo-se aplicar a primeira demão do produto sobre o substrato úmido, com o auxílio de uma trincha, aguardando a completa secagem. Aplicar a segunda demão em sentido cruzado em relação à primeira e aplicar as demãos subsequentes, aguardando os intervalos de secagem entre demãos de pelo menos 4 horas, até atingir o consumo necessário. Proceder a cura úmida por pelo menos 3 dias. (VIAPOL, 2008). Conforme Figura 5 e 6 demonstram a seguir.

Figura 5 - Aplicação de argamassa polimérica na forma de pintura.



Fonte: (SAYEGH, 2001, p. 44)

Figura 6 - Aplicação de argamassa polimérica na forma de revestimento



Fonte: (SAYEGH, 2001, p. 44)

Membrana de polímero modificada com cimento

Trata-se de um produto flexível indicado para impermeabilização de torres de água e reservatórios de água potáveis elevados ou apoiados em estrutura de concreto armado. Pode também ter adições de fibras de polipropileno que aumentam sua flexibilidade. O sistema é formado à base de resinas termoplásticas e cimento aditivado, resultando numa membrana de polímero que é modificada com cimento (VIAPOL, 2008).

Quanto sua forma de aplicação, segundo site da Viapol (2008) ela deve ser aplicada sobre superfícies de concreto ou argamassa, deve-se preparar a mistura mecanicamente até atingir a consistência de uma pasta cremosa, lisa e homogênea. A seguir, aplicar a primeira demão do produto sobre o substrato úmido, com o auxílio de uma trincha, aguardando a completa secagem e a segunda demão em sentido cruzado em relação à primeira. Aplicar a demão subsequentes, aguardando os intervalos de secagem entre demãos, de no mínimo 4 horas, até atingir o consumo recomendado. Proceder à cura úmida por, pelo menos, três dias. A Figura 7 demonstra a aplicação do produto.

Figura 7 - Exemplo de aplicação da membrana



Fonte: (VIAPOL, 2008)

Lembrando que este tipo de membrana foi testado neste trabalho por se tratar de um polímero de cimento modificado e flexível, o que ajudaria caso a parede a ser tratada sofra muito trabalho correndo risco acarretar em trincas, porém seu custo de aplicação por m² praticamente dobra em relação à argamassa polimérica.

Testes aplicados

Para este trabalho foi preciso elaborar dois diferentes tipos de testes, um com Corpos de prova prismáticos de concreto de 20x10x6cm daqui em diante denominados pavers e outro confeccionando-se paredes de alvenaria em tijolo comum, pois tratando-se de produtos novos, porém já muito difundidos no mercado, estes ainda não possuem alguma Norma Regulamentadora para se obter resultados quanto ao seu desempenho para pressões hidrostáticas negativas após aplicação, sendo assim para o não comprometimento do trabalho os nomes dos produtos não serão citados, apenas suas características. Para estes testes foram escolhidos três tipos de produtos impermeabilizantes: Dois semiflexíveis (rígidos) de marcas diferentes, denominados produto R1 e R2, e o terceiro que usa uma combinação de impermeabilizante semiflexível (rígido) e outro composto por fibras e base em látex (flexível) denominado produto Rf.

Teste em moldes de paredes sobre baldrames

Para o primeiro teste foram confeccionadas três modelos de paredes em tijolo comum e uma base em concreto simulando o baldrame, conforme demonstrado na figura 8 a seguir. Para estas foi confeccionada, em forma, um baldrame em concreto conforme norma NBR 12171 (1992, item 4.1.3.1) sendo Cimento Portland comum 32 - 1 kg, areia - 2,44kg, brita 1 - 2,14kg, brita 2 - 1,43kg e água 0,60L e depois cerrado em 3 partes iguais. Após isso, foram construídas paredes em cima de cada um deles com cinco fiadas de tijolo comum e argamassa convencional. Após de sete dias secando estes três moldes foram colocados em uma forma que depois foi preenchida com areia e terra de forma que não ultrapassasse a altura dos baldrames. Feito isso estavam prontos para receber a aplicação dos produtos no qual foi feita em quatro demãos cruzadas, cada uma com intervalo de pelo menos 4 horas uma após a outra, conforme especificado pelos fabricantes. Após aplicação e secagem dos mesmos a terra presente na forma foi encharcada com água e todos os moldes são molhados constantemente na parte posterior a

aplicação dos produtos, simulando um possível caso de infiltração. As Figuras 8 e 9 mostram como os testes foram executados.

Figura 8 - Molde de parede em baldrame ainda sem impermeabilização.



Figura 9 - Molde de parede em baldrame sobre solo encharcado



Teste em CP's de concreto

Para o segundo teste, foram moldados 21 pavers de concreto usinado e nestes foram aplicados os produtos citados na mesma forma como nos moldes de paredes, 4 demãos cruzadas, sendo que cada demão foi aplicada com intervalo de pelo menos 4 horas e cada produto foi aplicado em 6 pavers. Estes pavers foram então submetidos a 3 tipos de testes em laboratório, para cada teste foram colocados 2 pavers de cada produto e mais um sem produto algum. A Figura 10 demonstra alguns pavers sendo impermeabilizados.

Figura 10 - Pavers recebendo impermeabilização.



Teste de banho maria

O teste em banho Maria foi feito da seguinte forma: seis pavers foram impermeabilizados, com cada um dos produtos, R1, R2 e Rf, sendo dois para cada produto e um paver não recebeu nenhum tipo de impermeabilização. Após a cura dos produtos os mesmos foram pesados e depois foram colocados em banho-maria por 72 horas. Após as horas passadas eles foram secos e pesados novamente. E então foram rompidos e a penetração de água foi verificada com auxílio de paquímetro. Conforme demonstrado na Figura 11.

Figura 11 - Pavers em banho-maria.



Teste em estufa

O segundo teste, denominado de teste em estufa baseia-se em colocar seis pavers impermeabilizados, sendo com dois para cada produto impermeabilizante. Além desses seis mais um paver sem produto algum também fora submetido ao teste que se resume em colocar os pavers em estufa a 110 °C por 24 horas e depois de retirá-los e pesá-los e então foram submersos em água a temperatura ambiente por mais 72 horas, depois foram retidos, secados, pesados e finalmente foram rompidos para verificação da infiltração com auxílio de paquímetro. A Figura 12, a seguir, demonstra os pavers em estufa.

Figura 12 - Pavers em estufa



Teste de submersão

Para o último teste sete pavers foram separados, sendo que seis receberam produtos impermeabilizantes e um não recebeu impermeabilização alguma. Para cada produto, Rf, R1 e R2 dois pavers foram impermeabilizados e depois de curados, foram pesados e então submersos totalmente em água à temperatura ambiente por 72 horas. Após este tempo eles foram, retirados, secados e pesados novamente. Depois foi feito o rompimento de cada um deles e as infiltrações foram medidas com auxílio de paquímetro. Na Figura 13, podem-se observar os pavers submersos.

Figura 13 - Pavers em teste de submersão.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste trabalho pode-se verificar que os produtos testados atendem aos requisitos para suportar as infiltrações causadas nas paredes, evitando afloramentos para o lado de fora da parede, causados por possível erro na execução da obra ou falta de planejamento. Falar de gastos fica muito irrisório, pois cada caso tem que ser estudado de forma individual, para então ser feito algum tipo de orçamento. Além da manutenção das paredes, que incluem reboco, pintura e acabamentos, pode ser afetado também o piso do local, aumentando ainda mais os custos. Portanto o custo desse tipo de intervenção é muito complicado e oneroso, mas não menos necessário de ser feito, visto que o conforto, segurança, salubridade e a vida útil da edificação são muito prejudicadas devido ao problema.

Os testes aplicados foram para situações extremas com calor extremo ou totalmente submergidos, o que acarretou em infiltração mínima em alguns corpos de prova, mas após a retirada foi observado também que reafioramento da água nos pavers úmidos foi zero. No teste em moldes de paredes, que chega mais próximo da realidade não foi constatado nenhum afloramento de umidade do lado impermeabilizado. As tabelas 1, 2 e 3 a seguir mostram os resultados de infiltrações obtidos nos pavers.

Tabela 1 - Resultados de infiltrações para teste em Banho-maria.

Nº	PESO INICIAL (COM PRODUTO)	PESO APÓS BANHO-MARIA	PRODUTO IMPERMEABILIZATE	INFILTRAÇÃO (EM mm)
1	2,71 kg	2,84kg	Rf	0
2	2,99 kg	3,03kg	Rf	0
7	2,72kg	2,85kg	R1	4,0
8	2,67kg	2,80kg	R1	5,0
13	2,94kg	3,05kg	R2	8,0
14	2,97kg	3,05kg	R2	0
19	----	----	----	100%

Tabela 2 - Resultados de infiltração para testes em estufa/submerso

Nº	PESO INICIAL (COM PRODUTO)	PESO (APÓS ESTUFA)	PESO (APÓS SUBMERSÃO)	PRODUTO	INFILTRAÇÃO (EM mm)
5	2,96kg	2,92kg	2,99kg	Rf	0
6	2,94kg	2,90kg	2,96kg	Rf	0
9	2,78kg	2,74kg	2,88kg	R1	3,0
11	2,67kg	2,61kg	2,79kg	R1	4,5
17	2,81kg	2,76kg	2,97kg	R2	10,0
18	2,71kg	2,66kg	2,83kg	R2	0
21	----	----	----	----	----

Tabela 3 - Resultados de infiltração para testes em submersão

Nº	PESO INICIAL (COM PRODUTO)	PESO APÓS SUBMERSÃO	PRODUTO IMPERMEABILIZATE	INFILTRAÇÃO (EM mm)
3	2,85 kg	2,88kg	Rf	0
4	2,92 kg	2,94kg	Rf	0
10	2,74kg	2,85kg	R1	4,0
12	2,56kg	2,68kg	R1	4,0
15	2,83kg	2,96kg	R2	3,0
16	2,86kg	3,00kg	R2	7,0
20	----	----	----	100%

Como pôde ser observado os pavers que receberam tratamento do sistema rígido e flexível, denominados “Rf”, foram os que suportaram melhor as cargas hidrostáticas, pois esses tipos de testes, onde os CP’s sofrem com calor e umidades extremos, é passível que tenham muito trabalho de movimentação, o que em paredes comuns com impermeabilizantes rígidos ocasionaria no aparecimento de trincas e a inevitável passagem da umidade. Porém com o tratamento unindo produto rígido e flexível essas trincas não aparecem, tornando-se portando uma ótima solução para paredes com grande trabalhabilidade que sofrem com problemas de umidade.

O produto denominado R2 teve resultados pouco conclusivos ao teste visto que apresenta muita diferença na quantidade de infiltração dos pavers, ao contrário do produto R1 que tem as mesmas características e apresentou resultados satisfatórios e com pouca diferença, o que conclui que seja um produto mais confiável que o R2.

Para os testes em moldes de paredes colocados sobre solo encharcado, todos os sistemas foram aprovados, pois até então todos não apresentaram nenhuma infiltração ascendente ao lado impermeabilizado.

Entre as diferenças da argamassa polimérica rígida e da membrana de polímero flexível, podemos destacar que, primeiramente o fabricante não aconselha a utilização da membrana de polímeros para intervenções de impermeabilização em paredes comuns e sim em paredes com constante contato com a água. Mas devido ao seu alto desempenho quanto à impermeabilização aliada a uma grande flexibilidade resolveu-se testá-la e foram obtidos resultados satisfatórios na utilização dela com uma primeira camada de argamassa polimérica. Outra diferença além da flexibilidade é que membrana polimérica é mais viscosa em comparação a argamassa, portanto é mais difícil de ser aplicada e manuseada. E o ponto mais importante de diferença entre os dois é o preço onde a argamassa polimérica custa em média R\$12,50/m² (apenas o produto) a membrana polimérica sai em média por volta de R\$25,00/m² (apenas o produto), ou seja, o dobro do preço, porém em alguns casos extremos torna-se um gasto necessário.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De um modo geral este trabalho concluiu que para o caso de falha ou falta de impermeabilização de uma obra, os produtos existentes nos mercados indicados para este tipo de problema podem ser confiáveis e que a prática de união de sistemas rígidos e flexíveis pode ser uma solução adequada para paredes com grande trabalhabilidade ou exposta a muita umidade. Mas caso seja uma parede relativamente rígida, o uso dessa prática pode causar um custo elevado desnecessário. Portanto para qualquer tipo de escolha a ser tomada um estudo, muito bem elaborado, sobre o local e a patologia deve ser feito.

REFERÊNCIAS

- ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO. Impermeabilização sem segredos. Editora Abril, São Paulo, mai. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575 - Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. NBR 12171 – Aderência aplicável em sistemas de impermeabilização composto por cimento impermeabilizante e polímeros. São Paulo, 1992.
- _____. NBR 11905 – Sistema de impermeabilização composto por cimento impermeabilizante e polímeros. São Paulo, 1992.
- ARANTES, Y.K. Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil. 2007. 67f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- IBI - Instituto Brasileiro de Impermeabilização - <http://www.ibisp.org.br/> (Acessado em 23/07/2014).
- LERSCH, I. M. Contribuição para a identificação dos principais fatores de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- MORAES, C.R.K. Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre. 2002, 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2002.
- QUERUZ, F. Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga. Santa Maria: UFSM, 2007. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.
- SAYEGH, S. Cimentos e polímeros contra a umidade. *Téchne*, São Paulo, n. 56, p. 42-44, nov. 2001.
- SIKA - <http://www.sika.com.br> (Acessado em 24/6/2014).
- SILVEIRA, M.A. Impermeabilizações com cimentos poliméricos. *Téchne*, São Paulo, n. 54, p. 108-110, set. 2001.
- SOUZA, M.F. Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. 2008. 64f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

VEDACIT – Manual técnico de impermeabilização de estruturas. 4º Edição. Disponível em: <http://www.vedacit.com.br> (Acessado em 20/9/2014).

VIAPOL - <http://www.viapol.com.br> (Acessado em 12/9/2014).

WEBER QUARTZOLIT – Guia Weber. Disponível em: <http://www.weberquartzolit.com.br/> (Acessado em 20/10/2014).

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus que me dá oportunidade todos os dias de batalhar e vencer novos desafios. A minha família que sempre estiveram ao meu lado me dando suporte e apoio. À empresa Jc Imperplus e ao Sr. José Coelho que forneceu materiais e muitos conhecimentos técnicos e práticos para a realização deste trabalho. A empresa Nova Engenharia, que cedeu espaço para realização de testes e a empresa de controle tecnológico MECFOR Engenharia, que disponibilizou espaço e equipamentos para os ensaios realizados. Ao Paulo Moreira Silveira, orientador desde artigo.



Líquidos Geradores de Espuma – análise qualitativa de propriedades físico-químicas

Lucas Claudino de Souza

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.172.8

RESUMO

Atualmente, empresas têm avançado em pesquisas a fim de confeccionar um produto de grande importância no mercado, os LGEs (Líquidos geradores de espuma) sintéticos, fluorados, formadores de espuma mecânica de baixa expansão, que são detergentes líquidos e concentrados com características físico-químicas especiais de resistência química e a elevadas temperaturas, utilizados para proteção e extinção de incêndios em líquidos inflamáveis (Classe B). O objetivo deste capítulo é realizar análises laboratoriais de produtos em desenvolvimento e análise de líquidos geradores de espuma, garantindo a validade de suas características. Para tal, será necessário preparar e fatorar soluções de uso comum, além de analisar qualitativamente e quantitativamente produtos e suas respectivas matérias-primas.

Palavras-chave: espuma. pH. alcalinidade. Bosch. densidade. fulgor. emulsões. ácido. graxo. correção. viscosidade. cinemática. brookfield. tensão. estabilidade. vedação.

ABSTRACT

Currently, companies have advanced in research in order to manufacture a product of great importance in the market, MFF, (mechanical foaming foamers) synthetic fluorinated substances with low expansion, which are liquid detergents and concentrates with physical- special chemical resistance chemicals and high temperatures, used for protection and extension of fires in flammable liquids (Class B). The objective of this chapter is to carry out laboratory analyzes of products under development and analysis of foam-generating liquids, ensuring the validity of their characteristics. To do so, it will be necessary to prepare and factor solutions for common use, in addition to qualitatively and quantitatively analyzing products and their raw materials.

Keywords: foam. pH. alkalinity. bosch. Density. Glow. Emulsions. Acid. Grease. Correction. Viscosity. Cinematic. Brookfield. tension. Stability. Seal.

INTRODUÇÃO

Uma empresa de porte médio que está localizada no Estado do Rio de Janeiro, fundada com o objetivo de fabricar colas a base de neoprene (borracha sintética) e resinas fenólicas (uma das matérias-primas usadas na cola), ao longo do tempo, em busca de oportunidades de mercado e crescimento, teve a necessidade de se expandir, chegando à linha de produtos para a diversidade de especialidades químicas que a empresa oferece.

A fábrica possui equipamentos necessários para mistura de líquidos, reatores e tanques de aço inoxidável com capacidades que variam de 100 litros a 20.000 litros, misturadores de pó e moinho adequados para garantir a homogeneização completa dos produtos; sistemas de refrigeração de reatores; sistema de aquecimento por fluido térmico (até 300°C aproximadamente); instalações para lavagem e recuperação de embalagens; parque para recebimento de matérias-primas a granel e oficina de manutenção. Possui também laboratórios para pesquisa, desenvolvimento e controle de qualidade; espaço para testes de desempenho de produtos e escritórios bem estruturados e equipados.

O desenvolvimento da empresa acontece devido a intensa busca por novas tecnologias, qualidade e confiabilidade de seus produtos, e, principalmente, pela parceria com os clientes. Para atender as necessidades do controle de qualidade de matérias-primas e produtos acabados, pesquisas e desenvolvimento de novos produtos e aplicações de acordo com a necessidade dos clientes, os laboratórios são bem equipados e instalados; os especialistas estão preparados para assistir os clientes na adaptação de um produto, métodos, ou ainda desenvolver processos operacionais standart e novos produtos para casos especiais e particularidades, de modo a proporcionar a melhor relação custo X benefício possível.

REFERENCIAL TEÓRICO

Determinação de pH

- Princípio teórico envolvido

A determinação do pH é feita pela medida da diferença de potencial entre dois eletrodos adequados, imersos na solução em análise. Para que haja essa diferença de potencial é necessário que exista um eletrodo sensível a variação da concentração dos íons hidrogênio, o eletrodo indicador, e o outro com potencial constante, servindo como referência, eletrodo de referência. Hoje em dia, é bastante utilizada uma junção destes que é chamado de eletrodo de vidro combinado.

Os aparelhos utilizados para análise potenciométrica de pH são providos de amplificadores eletrônicos de corrente com célula de vidro calomelano e a escala lida pode ser em milivolts ou em unidades de pH.

Para a determinação do pH no laboratório utiliza-se pHmetros, o qual converte a concentração de H_3O^+ da solução em um sinal elétrico que aciona o visor digital, onde aparece o valor numérico do pH da solução, emulsão ou produto puro. Esse método pode ser considerado simples, mas é de suma importância no setor de pesquisa, pois ele auxilia no controle da ação corrosiva dos produtos.

- Objetivo

Determinar a concentração de hidrogênios ionizáveis em solução, emulsão e/ou produto concentrado.

- Equipamentos
 - Potenciômetro digital com precisão de 0,01
 - Béquer de 100 mL
 - Papel absorvente
- Procedimento

Para efetuar a leitura, verifica-se a calibração do pHmetro (os pHmetros são calibrados pela manhã). Lava-se o eletrodo, que permanece submerso em uma solução de cloreto de KCl 3 mol/L, e seca-o. Logo após, submergi-se o eletrodo na amostra e é aguardada a estabilização

da leitura.

Ao término, lava-se com água deionizada novamente o eletrodo e recoloca-o em solução de KCl.

Determinação de alcalinidade total

- Princípio teórico envolvido

Os óleos, principalmente os que servem de lubrificação para motores de combustão interna, possuem uma chamada reserva alcalina, que é uma aditivação utilizada para neutralizar os ácidos formados durante a sua utilização.

Esta análise tem função de quantificar a reserva alcalina a partir de uma neutralização com ácido clorídrico, expressando os resultados em mg KOH/ g.

- Objetivo

Determinar a alcalinidade total da amostra expressando em mg KOH/ g.

- Reagente

- Ácido clorídrico à 0,1 eqg/L (HCl) (PA)

- Equipamentos:

- Bureta de 50 mL

- Proveta aberta de 100 mL

- Béquer de 250 mL

- Procedimento

Pesa-se 1 g do produto ao 0,1 mg em béquer. Logo após, adiciona-se 100 mL de água deionizada e com auxílio de um agitador magnético, titula-se potenciométricamente com solução de HCl à 0,1 eqg/L até pH 4,00. Anota-se o volume gasto.

- Cálculo

$$\text{mgKOH/g} = \frac{V \times N \times 56,1}{m}$$

Onde:

V= volume gasto (mL) da solução de HCl à 0, 1eqg/L na titulação

N= concentração real da solução de HCl (eqg/L)

m= massa da amostra em gramas

56,1 = valor de equivalente-grama envolvido

Teste Bosch

- Princípio teórico envolvido

A corrosão é um processo de deterioração do material, devido à ação química ou eletrolítica do meio, que produz alterações prejudiciais e indesejáveis nos elementos estruturais. Sendo o produto da corrosão um elemento diferente do material original, a liga acaba perdendo suas qualidades essenciais, tais como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade, estética etc. Sendo assim, é necessário analisar a ação anticorrosiva da maioria dos produtos, principalmente óleos lubrificantes, evitando danos nos equipamentos em uso destes. Para este fim o Teste Bosch é comumente utilizado, o qual determina a ação anticorrosiva de óleos solúveis misturados em água através da taxa de oxidação de cavacos de ferro fundido (limalhas) sobre o papel de filtro umedecido. A corrosão neste teste é expressa através de manchas que se formam sobre o papel.

- Objetivo

Analisar a ação anticorrosiva de produtos, usando como material de teste limalhas de ferro, sobre papel de filtro.

- Equipamentos
 - Cavacos de ferro fundido (limalhas)
 - Papel filtro
 - Pipeta volumétrica
- Procedimento

Prepara-se uma solução do produto (concentração especificada), com água da torneira em um balão volumétrico, com auxílio de uma pipeta volumétrica.

Deve-se demarcar em um papel filtro um círculo de 40 mm de diâmetro, a lápis, e colocá-lo dentro de um par de placas de petri. Faz-se a seleção de 25 a 35 cavacos e pesa-os, de modo que o peso esteja entre 1,9- 2,1g. Em seguida, espalha-se estes cavacos sobre o círculo feito no papel e por cima deles adiciona-se 2 mL da solução ou emulsão do produto, umedecendo-os de forma igual; tampa-se a placa de petri e deixa por sobre a bancada durante duas horas (no máximo duas horas e dez minutos) à temperatura entre 18 à 28°C, sem que sejam atingidas por raios solares ou correntes de ar. Após o período de duas horas, retiram-se as limalhas, lava-se o papel filtro com água potável corrente e mergulha-o em acetona por aproximadamente cinco segundos. Deixa-se o papel filtro secar a temperatura ambiente.

O teste é feito em duplicata.

Quando o papel de filtro estiver totalmente seco, verifica-se o grau de corrosão, visualmente, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Interpretação dos resultados:

Grau de corrosão	Significado	Descrição da superfície do filtro
0	Sem corrosão	Inalterado
1	Vestígios de Corrosão	No máximo de três sinais de corrosão dos quais nenhum tenha mais que 1mm de diâmetro.
2	Ligeira corrosão	Não mais que 1%, porém mais do que em grau 1 ou maiores manchas.
3	Corrosão Moderada	Acima de 1%, porém não mais que 5% da superfície.
4	Forte corrosão	Acima de 5%.

Densidade

- Princípio teórico envolvido

Densidade é a razão da massa por volume a 25°C e pode ser medida através de equipamentos chamados densímetros. Estes são equipamentos de vidro, com haste graduada, que dão leitura direta de densidade. Seu funcionamento se baseia no princípio de Arquimedes de que todo corpo que mergulhamos em um fluido sofre uma força vertical proporcional ao peso do fluido deslocado. Os densímetros são usados de acordo a escala específica do produto.

- Objetivo

Determinar a densidade da amostra, garantindo a qualidade e um bom acondicionamento do produto.

- Equipamento

- Termômetro de vidro (-10 a +150°C)
- Densímetro
- Proveta de 250 mL ou 500 mL

- Procedimento

Ajusta-se a temperatura da amostra a 25°C, (quando necessário, utiliza-se banho de gelo ou aquecimento em chapa) e transfere-a, cuidadosamente, para uma proveta de 250 mL ou 500 mL, de maneira a evitar a formação de bolhas.

Mergulha-se o densímetro adequado na amostra, evitando molhar a haste acima do nível provável de leitura.

Ponto de fulgor

- Princípio teórico envolvido

O ponto de fulgor é a temperatura mínima que um óleo aquecido deve assumir para que haja a liberação suficiente de vapores que se inflamem em presença de uma chama livre passada pela superfície, porém, a chama produzida se extingue rapidamente, pois não há vapores suficientes para manter a combustão.

O método a ser utilizado pode ser de dois tipos: TCC (Tag Closed Cup) que é um método de vaso fechado, mais preciso, utilizado no caso de óleos contaminados com frações leves e,

principalmente, para análise de produtos como óleo de motor, expostos à possibilidade de contaminação em operação normal; e COC (Crevelend Open Cup) que é um método no qual se utiliza o vaso aberto, empregado para óleos lubrificantes em geral, de ponto de fulgor elevado, e quando não houver suspeita de contaminação por frações leves.

Em óleos lubrificantes esta análise é muito importante, uma vez que permite avaliar a temperatura de serviço que um óleo pode suportar com absoluta segurança.

- **Objetivo**

Determinar o ponto de fulgor, utilizando o TCC (vaso fechado) para produtos com ponto de fulgor baixo, temperaturas abaixo de 93°C, e COC (vaso aberto) para produtos com elevados ponto de fulgor.

- **Procedimento**

TCC

Resfria-se a amostra, de modo que ela fique a $27 + 5^{\circ}\text{C}$ ou no mínimo 11°C abaixo do ponto de fulgor esperado. Com o auxílio de uma proveta graduada de 100 mL mede-se $50 + 5$ mL de amostra e transfere-a para o copo de teste. Em seguida, coloca-se este copo no banho, que deve estar em temperatura 11°C abaixo do valor que se espera para ponto de fulgor. Fecha-se a tampa e ajusta-se o termômetro do ponto de fulgor. Logo após, a chama piloto é acesa. Quando a temperatura marcada no termômetro estiver aproximadamente 5°C abaixo do ponto de fulgor deve-se começar a aplicação da chama piloto, a cada $0,5^{\circ}\text{C}$ para pontos de fulgor inferiores a 60°C e 1°C para pontos de fulgor acima de 60°C , em tempo de aproximadamente um segundo. Quando a chama aplicada provocar um “flash” no interior do copo, observa-se a temperatura da amostra e considera-se o ponto de fulgor.

COC

Com a cuba completamente seca, adiciona-se a amostra até a marcação existente em seu interior. Acopla-se o termômetro na vertical e acende-se a chama piloto. Em seguida, liga-se o aquecimento, de modo que a temperatura varie 17°C por minuto, inicialmente. Quando a temperatura estiver próxima aos 56°C abaixo do ponto de fulgor esperado diminui-se o aquecimento, para que a temperatura nos últimos 28°C finais seja de 5 a 6°C por minuto. Nos últimos 28°C liga-se o automático da chama piloto, que fará um movimento circular horizontal da chama sobre a cuba, passando por ela em cerca de um segundo.

Quando aparecer um lampejo na amostra anotar a temperatura como ponto de fulgor.

Figura 1 - TCC à esquerda e COC à direita da imagem.



Teste de espuma de emulsões e soluções lubrificantes a base de mineral, semissintéticos e sintéticos

- Princípio teórico envolvido

A espuma é formada geralmente por uma aeração excessiva do óleo, e pode trazer alguns problemas na utilização deste, lubrificação deficiente e fluxo deficiente do óleo o que pode ocasionar complicações em sistemas que utilizam engrenagens ou bombeamentos sobre alta pressão.

Acabar com a formação da espuma em alguns casos é inevitável, visto que alguns equipamentos trabalham em movimento, acabando por produzi-la, porém já que não se pode eliminá-la, o importante é que essa espuma se desfaça de maneira rápida. Sendo assim, este teste é muito utilizado, tendo em vista que a partir dele se pode prever o tempo da quebra da espuma, e então, fazer ajustes com aditivos para que se obtenha uma quebra mais favorável.

- Objetivo

Verificar as propriedades antiespumantes e desespumantes em emulsões aquosas de lubrificantes.

- Reagente
 - Água dura de 25 a 30 ppm de CaCO_3 (conforme método de soluções)
- Equipamentos
 - Pipeta graduada
 - Proveta graduada fechada de 500 ml
- Procedimento

Em uma proveta de 500 ml, prepara-se 250 ml de emulsão ou solução especificada no produto. Tampa-se a proveta e homogeneiza-se cuidadosamente para não formar espuma. Em

seguida, com o auxílio de um cronômetro, agita-se a proveta vigorosamente por um minuto. Coloca-se a proveta sobre uma superfície plana e anota-se o tempo necessário para a quebra total da espuma (quando a superfície do líquido se tornar visível) ou volume no tempo especificado no produto.

Observação: Concentrações de teste (% V/V):

Óleo de base mineral: 5%

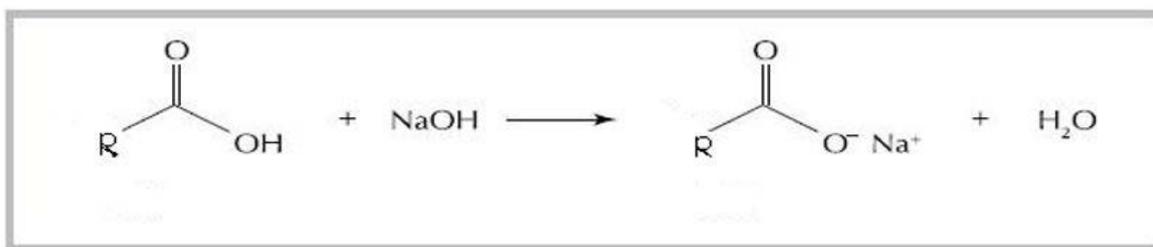
Óleo semissintético: 2%

Óleo sintético: 2%

Determinação de ácidos graxos livres (AGL)

- Princípio teórico envolvido

Este método é utilizado para medir a acidez em quantidades de ácidos oleico existente em 1g da amostra. Na titulação com a base forte NaOH há a reação de salificação produzindo sais orgânicos, permitindo quantificar os Ácidos Graxos Livres.



- Objetivo

Determinar o teor de ácidos graxos livres em óleos solúveis.

- Reagentes

- Solução de Hidróxido de sódio à 0,1 eqg/L (NaOH) (PA)
- Solução 1:1 (V/V) tolueno e álcool etílico (C₆H₅CH₃) (C₂H₆O) (Grau técnico)
- Solução indicadora de fenolftaleína à 1% (P/V) [C₆H₄COOC (C₆H₄-4-OH)₂](PA)

- Equipamentos

- Bureta de 50 ml
- Proveta graduada de 100 ml
- Erlenmeyer de 250 ml

- Procedimento

Pesa-se 1g de amostra a ser analisada em um erlenmeyer, ao 0,1 mg. Em seguida, adiciona-se 100 mL da solução 1:1 (V/V) de tolueno e álcool etílico e homogeneiza-se (quando necessário, faz-se um leve aquecimento). Adicionam-se algumas gotas da solução indicadora de fenolftaleína e titula-se com a solução de NaOH à 0,1 eqg/L até a coloração levemente rósea (A).

Efetua-se uma análise em branco paralelamente (B).

- Cálculo

$$\text{AGL (\% oleico)} = \frac{(A-B) \times N \times 28,2}{M}$$

Onde:

A = volume (ml) gasto da solução de NaOH à 0,1 eqg/L na titulação

B = volume (ml) gasto da solução de NaOH à 0,1 eqg/L na titulação do branco

N = concentração real da solução de NaOH (eqg/L)

M = massa da amostra em gramas

28,2 = valor de equivalente-grama envolvido

Determinação do fator de correção para refratômetro

- Princípio teórico envolvido

A determinação da concentração através da utilização de um refratômetro é um método simples, que se baseia no fato da luz mudar de sentido quando incidida em um líquido, fenômeno de refração. Quando há essa mudança de direção do sentido da luz é formado um ângulo refração, que é percebido pelo refratômetro e transformado em índice de refração. Tendo o índice de refração basta multiplicar pelo fator do produto para se obter a concentração.

Como o índice de refração varia de acordo com a concentração, para produtos em desenvolvimento, pode-se definir um fator de correção através de uma emulsão de concentração conhecida. Este fator é utilizado mais tarde para descobrir a concentração de amostras em uso.

- Objetivo

Determinação do fator de correção de um produto a ser utilizado na determinação da concentração de soluções ou emulsões deste.

- Reagente

- Água deionizada (H₂O deion.)

- Equipamentos

- Bastão de plástico

- Refratômetro ATAGO

- Procedimento

Antes do início da leitura, faz-se a limpeza do refratômetro com água deionizada, seca-o com papel macio e ajusta-se o refratômetro para leitura zero, com água deionizada.

Prepara-se uma solução, ou emulsão de concentração conhecida da amostra a ser analisada, e com o auxílio de um bastão transfere-se gotas desta para o prisma do refratômetro, que

será coberto com a chapa transparente.

Observa-se a escala, contra a luz, através da abertura ocular e efetua-se a leitura na escala onde a linha divisória separa o campo claro do campo escuro.

Faz-se novamente a limpeza do refratômetro para guardá-lo.

- Cálculo

$$\text{Fator de correção} = \frac{CR}{L}$$

Onde:

L= leitura do refratômetro

CR= concentração real (% V/V)

Determinação de Viscosidade Cinemática

- Princípio teórico empregado

A viscosidade é a resistência de um fluido a escoamento, no qual, quanto menor a viscosidade maior será a capacidade de esse fluido escoar.

Existem dois tipos de viscosidade, a dinâmica, que representa a taxa de deformação em relação a uma tensão de cisalhamento e a cinemática, que é a razão entre a viscosidade dinâmica e massa específica da amostra.

A medição da viscosidade, em laboratório, é feita utilizando-se de equipamentos chamados viscosímetros. Um dos mais utilizados é o denominado Cannon-Fenske, que mede a viscosidade cinemática de acordo com o tempo em que o produto leva para fluir em um tubo padronizado, de volume conhecido e com temperatura constante.

A temperatura deve ser constante uma vez que variações na temperatura proporcionam variações na viscosidade. Em fluidos Newtonianos quanto maior é a temperatura menor é a viscosidade. As temperaturas dos banhos utilizados no laboratório Agena são de 40°C e 100°C.

A unidade de viscosidade no SI é m²/s e em CGS é Stokes, que é igual a 10⁻⁴ m²/s.

- Objetivo

Determinação da viscosidade por viscosímetro Cannon- Fenske.

- Reagentes

- Solução sulfocrômica

- Acetona (CH₃COCH₃) (PA)

- Cloreto de metileno (CH₂Cl₂) (PA)

- Equipamentos

- Cronômetro

- Termômetro para viscosidade à 40°C e à 100°C
- Viscosímetro Cannon-Fenske
- Procedimento empregado

Coloca-se o produto a ser analisado, em temperatura entre 22 a 32°C, dentro do viscosímetro da seguinte maneira: o ponto N deve ser mergulhado no produto e com um equipamento de sucção, faz-se a sucção pelo ponto L até que o líquido atinja o ponto P; retorna-se o tubo a posição original e o encaixa no suporte para tubos. Em seguida, adequa-se o tubo perpendicularmente em banho de óleo, onde se deve permanecer intacto cerca de quinze minutos para que atinja a temperatura do banho. Após este período, com o auxílio de uma sucção, através do ponto N eleva-se o líquido até o ponto D.

Deve-se cronometrar o tempo de escoamento (quando o líquido passar pelo ponto E até sua saída pelo ponto F), pois este será utilizado no cálculo da viscosidade.

Observação: Antes de iniciar o procedimento deve-se certificar que o viscosímetro está limpo. Lava-se com cloreto de metileno. E periodicamente, deve-se lavar o viscosímetro com solução sulfocrômica, passando-se água e, por última, acetona.

- Cálculo

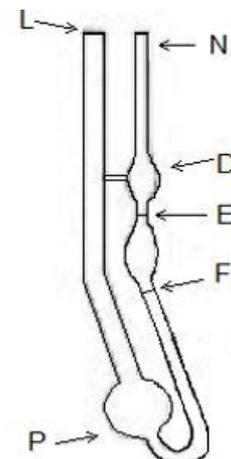
$$\text{Viscosidade (cSt)} = t \times f$$

Onde:

t= tempo de escoamento do líquido em segundos

f=fator de correção do tubo utilizado

Figura 2



Determinação de viscosidade Brookfield

- Princípio teórico envolvido

O equipamento de medição de viscosidade Brookfield é um viscosímetro de cilindros (spindle), com dimensões padronizadas, que tem como base de funcionamento a força necessária para rotação do spindle quando submerso em um fluido. Esta por sua vez, varia de acordo

com o atrito formado entre o cilindro e o fluido.

A ótima performance do equipamento dependerá da eliminação das impurezas, bolhas de ar, pontos de corrosão e qualquer comprometimento do spindle.

A força de rotação do equipamento e a escolha do spindle é determinada de acordo com a viscosidade esperada do produto, quanto maior a viscosidade, menor devem ser o diâmetro do spindle e a rotação.

- Objetivo

Medir a viscosidade de fluidos e Líquidos Geradores de Espuma.

- Equipamentos

- Viscosímetro Brookfield

- Béquer 600 ml

- Procedimento

Observação: Antes de iniciar o procedimento deve-se verificar se o líquido está livre de bolhas. Caso não esteja faz-se uma centrifugação.

Transfere-se cerca de 500 ml de produto para um béquer, evitando a formação de bolhas. Em seguida, seleciona-se a rotação e o spindle especificado para o produto e prende-se o spindle. Logo após, introduz-se o spindle no produto até que a superfície do produto atinja a marca existente no spindle. Liga-se o aparelho e aguarda-se 20 minutos de operação. Após este tempo, interrompe-se a operação e efetua-se a leitura. O resultado deve ser multiplicado pelo fator tabelado para o spindle e a rotação.

- Cálculo

$$\text{Viscosidade} = f \times l$$

Onde:

f= fator tabelado

l= leitura

Tensão superficial

- Princípio teórico envolvido

A tensão superficial forma uma camada na superfície do líquido que faz com que esta superfície se comporte como uma membrana elástica. Isso pode ser explicado através das interações existentes entre as moléculas de um líquido, na qual no interior do líquido as moléculas fazem interações com todos os lados, dando força nula, e na superfície como as interações são laterais e inferiores, há a formação de uma resultante para baixo.

As diferenças de tensão dependem da natureza química do líquido, por exemplo: líquidos polares têm maior tensão superficial; líquidos com baixa polaridade tem baixa tensão. Isto acontece devido às maiores forças intermoleculares nos líquidos polares.

- Objetivo

Medir a tensão superficial em líquidos, incluindo soro, óleos, suspensões coloidais (segundo manual de operação do tensiomêtro Du Nouy).

- Equipamentos

- Béquero de 100 mL

- Tensiomêtro Du Nouy

- Procedimento

Prepara-se a solução conforme o especificado e coloca-se 60 ml em um béquer.

Utilizando um nível, verifica-se o equipamento na mesa de amostra (T) em três posições diferentes. Em seguida, coloca-se o anel no gancho (H) do braço de torção (M), verificando se o marcador do braço se encontra paralelo a linha de referência do espelho.

Coloca-se o Béquero contendo 60 ml da amostra a ser analisada sobre a mesa da amostra (T) e certifica-se o disco de escala (S) encontra-se igualada com vernier, regulando-se através de mecanismo (A).

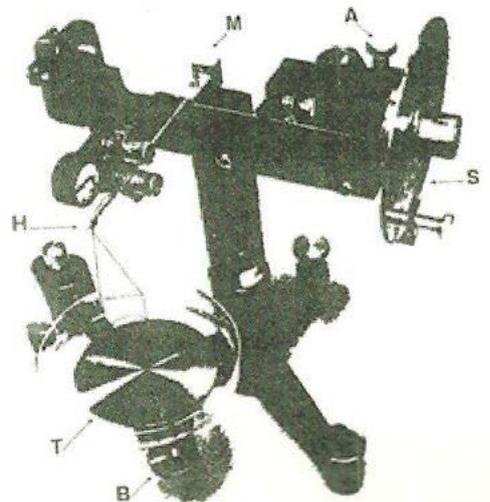
Eleva-se a mesa de amostra até que o anel toque a superfície do líquido, observando se o marcador do braço (M) encontra-se paralelo a linha de referência do espelho. Então, inicia-se o processo de determinação da tensão girando, com ambas as mãos, simultaneamente os botões A e B até que o contato entre o anel e a superfície do líquido seja rompido. Durante esse movimento o marcador do braço (M) deve ser mantido paralelo a linha de referência do espelho.

A tensão superficial e o valor demonstrado no disco (no momento da ruptura).

O procedimento deve ser feito em triplicata, considerando-se a média dos valores.

Para a leitura considera-se como unidade o valor onde o zero do vernier estiver posicionado, e a parte decimal onde houver perfeito posicionamento (formando uma reta) entre o vernier e a escala do disco. A cada três medições deve se lavar o anel com água deionizada e flamar com bico de bunsen.

Figura 3



Estabilidade

- Princípio teórico envolvido

Muitos óleos lubrificantes são utilizados em forma de emulsão, mistura de água e óleo solúvel através da ação de um emulsificante. Esta mistura pode ser formada com óleo em água, onde se utiliza um emulsificante mais solúvel na fase aquosa ou de água em óleo, onde acontece o inverso.

A estabilidade da emulsão depende de diversos fatores, entre os quais estão: temperatura, pois aumenta a energia térmica, aumentando a frequência de colisões das gotas, o que pode fazer com que haja quebra da emulsão; pH, que pode influenciar a interação dos filmes interfaciais; tamanho da gota, na qual as emulsões com menores tamanho de gota são mais estáveis; cargas elétricas repulsivas das gotas, essas cargas são formadas por emulsificantes aniônicos ou catiônicos nas superfícies das gotas e fazem com que elas não se atraiam, porém se houver a adição de íons, estes anularam as cargas repulsivas dando ao óleo a liberdade de se unir separando a emulsão.

Quando por algum motivo a emulsão se torna instável e houver a formação de uma camada livre de óleo, o resultado é a redução dos poderes anticorrosivos e lubrificantes do óleo.

- Objetivo

Determinar a estabilidade de emulsões, ou seja, a capacidade de não haver separação de fases na emulsão analisada.

- Equipamentos

- Proveta fechada de 100 ml

- Procedimento

Prepara-se 100 ml de emulsão ou solução de acordo com o especificado, em uma proveta. Fecha-se a proveta e homogeneiza-se, de maneira a evitar a presença de óleos livres e/ou grumos.

Deixa-se a proveta em repouso, em local mantido à temperatura ambiente, pelo tempo determinado na especificação do produto (normalmente, 24h).

Relatório de resultados:

Observa-se a ausência de qualquer tipo de separação, como por exemplo, óleos livres, “creme” ou precipitação.

Na ausência de separação, anota-se como satisfatório. Caso tenha sido observado qualquer anormalidade se descreve o tipo de separação ocorrida e se possível sua quantidade.

Capacidade de Vedação

- Princípio teórico envolvido

A capacidade de vedação é um teste de grande importância para análises de líquidos geradores de espuma (LGE), uma vez que os meios de ação dos LGEs são o abafamento da chama e a vedação do líquido combustível, impedindo que haja a reignição do fogo.

Neste método verifica-se a vedação do combustível que acontece da seguinte maneira: quando a espuma é colocada sobre o líquido cria-se uma espécie de filme (barreira protetora) que impede a passagem do combustível fazendo com que não haja mais queima, se passada uma chama sobre esta.

- Objetivo

Verificar a capacidade de vedação de Líquidos Geradores de Espuma (LGE).

- Equipamentos

- Proveta graduada de 50mL
- Proveta graduada 500mL
- Proveta graduada 1000mL
- Liquidificador doméstico
- Balão volumétrico de 1000mL
- Recipiente metálico para capacidade de vedação

- Procedimento

LGE classe HC e AV

Prepara-se em balão volumétrico 1000 mL de solução do Líquido Gerador de espuma, em concentração especificada para uso.

No recipiente metálico para capacidade de vedação adiciona-se 400 mL de água da torneira e 200 + 20 ml de cicloexano.

No liquidificador, deve-se bater 50 ml da solução do LGE, por um minuto, com o auxílio de um cronômetro. Em seguida, transfere-se, rapidamente, toda a espuma formada para o recipiente de ensaio e aguarda-se por cinco minutos. Após esse tempo, passa-se uma chama piloto, de cerca de 2 cm, à 1 cm de distância da espuma, por dois minutos.

Verifica-se a ocorrência de qualquer indício de chama.

LGE classe AR

Coloca-se no recipiente de ensaio 600 + 20 ml de álcool etílico e repete-se o procedimento para LGE classe HC E AV.

Expansão e drenagem

- Princípio teórico envolvido

O teste de expansão e drenagem servem para medir a capacidade do Líquido Gerador de Espuma de expandir-se, quando provocado a produção de espuma através da agitação e aeração, e o tempo em que essa espuma leva para ser desfeita.

Normalmente, quanto maior o tempo de drenagem e mais a espuma se expande, melhor será sua capacidade de vedação.

- Equipamentos
 - Cronômetro
 - Disco perfurado, com 31 furos, para teste de expansão
 - Proveta graduada aberta de 1000 ml, com marcação indicando 25mL
- Procedimento

Prepara-se uma solução do Líquido Gerador de Espuma, em concentração especificada para uso, e transfere-se 100 ml para uma proveta de 1000 ml com marcação em 25 ml. Em seguida, encaixa-se o suporte com o disco perfurado na proveta e inicia-se a cronometragem. Rapidamente, o suporte com o disco perfurado deve ser movimentado na vertical, de modo que o disco encoste no fundo e na superfície da proveta, fazendo esse movimento 60 vezes em um minuto.

Logo após, retira-se o suporte e com uma espátula remove-se a espuma que ficou neste, recolocando-a na proveta. Observa-se então o volume da espuma.

A proveta deve permanecer em repouso até que 25% da espuma seja desfeita, vista quando o líquido chegar à marcação. Neste momento cessa-se o cronômetro e é marcado o tempo de drenagem.

- Cálculos

$$\text{Expansão} = \frac{VL}{100}$$

Onde:

VL= volume lido de espuma na proveta em ml

Teor de Metabissulfito de Sódio (Na₂S₂O₅)

- Princípio teórico empregado

O Metabissulfito de Sódio (Na₂S₂O₅) é uma matéria-prima que em contato com algum ácido libera gases tóxicos. O (Na₂S₂O₅) irrita os olhos e as vias respiratórias. Se houver contato com os olhos deve-se lavar imediatamente e abundantemente com água e recorre a um médico. O mesmo PE considerado nocivo, seu peso molecular é 190,11 g/mol. Esta matéria prima deve ser conservada em local fresco e seco.

Este é um método tirimétrico, o qual se baseia numa oxirredução iodométrica.

O conjunto de reações envolvidas são basicamente as seguintes: redução de parte do I_2 (que se encontra em excesso na solução adicionada à amostra) pelo Metabissulfito de Sódio ($Na_2S_2O_5$). Todo I_2 restante é titulado com uma solução de Tiosulfato de Sódio padronizada, como agente redutor.

- Objetivo

Determinar o teor de Metabissulfito de Sódio ($Na_2S_2O_5$) no produto analisado.

- Reagentes

- Solução de tiosulfato de sódio a 0,5 eqg/L ($Na_2S_2O_3$)
- Solução de Wijs
- Solução indicadora de goma de amido
- Solução de iodeto de potássio a 15% p/v

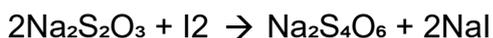
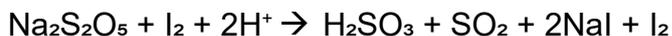
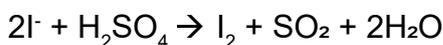
- Equipamentos

- Frasco de iodo de 250 mL
- Bureta de 50mL
- Pipeta volumétrica de 25mL
- Pipeta graduada de 20mL

- Procedimento

Em um frasco de iodo, pesa-se 0,37g de amostra. Adiciona-se 24mL de solução de Wijs. Tapa-se, deixa-se o frasco em repouso ao abrigo da luz por cinco minutos. Adiciona-se 20mL de solução de Iodeto de Potássio a 15% p/v e titula-se com solução de Tiosulfato de Sódio até cocoloração amarelo claro. Adiciona-se 10 gotas de solução indicadora de goma de amido e prossegue-se a titulação até que a solução se torne incolor.

Realiza-se o ensaio em branco.



- Cálculo

$$Na_2S_2O_5 (\%) = \frac{(B-A) \times N \times 4,750049}{M}$$

Onde:

A = volume (ml) gasto da solução de $Na_2S_2O_3$ a 0,5 eqg/L na titulação

B = volume (ml) gasto da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ a 0,5 eqg/L na titulação do branco

N = concentração real da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (eqg/L)

M = massa da amostra em gramas

4,750049 = valor de equivalente-grama envolvido

PADRONIZAÇÃO DE SOLUÇÕES

Padrão de CaCO_3

- Reagentes
 - Carbonato de Cálcio (CaCO_3) (PA)
 - Solução de Ácido Clorídrico 6N (HCl) (PA)
- Equipamentos
 - Proveta de 50 mL
 - Béquer de 250 mL
 - Balão volumétrico de 250 mL

- Procedimento

Preparo de solução a 0,1 mol/L:

Deve-se secar o carbonato de cálcio, por 4h, em estufa à 200°C.

Em balão de 250 ml, pesa-se 0,25g de CaCO_3 a 0,1 mg. Adiciona-se 50 ml de água deionizada e uma quantidade mínima de HCl 6 eqg/L. Então, completa-se o volume até o traço de referência do balão.

Preparo de solução a 0,1 eqg/L:

Deve-se secar o carbonato de cálcio, por 4h, em estufa à 200°C.

Em balão de 250 ml, pesa-se 1,25g de CaCO_3 a 0,1 mg. Adiciona-se 50 mL de água deionizada e uma quantidade mínima de HCl 6 eqg/L. Então, completa-se o volume até o traço de referência do balão.

- Cálculo de correção da concentração

$$N = \frac{m}{V(l) \times \text{eqg}}$$

Onde:

N= concentração real da solução (eqg/L)

m= massa real utilizado para preparar a solução à 0,1 eqg/L do CaCO_3 em gramas

$V(L)$ = volume do recipiente em litros (0,25)

eqg = equivalente-grama do CaCO_3

Tampão pH 10

- Reagente
 - Cloreto de amônio (NH_4Cl) (PA)
 - Hidróxido de amônio (NH_4OH) (grau técnico)
- Equipamentos
 - Béquer de 250 mL
 - Proveta de 250 mL
 - Balão volumétrico de 500 mL
- Procedimento

Pesa-se 35 g de cloreto de amônio em um béquer e transfere-se para um balão volumétrico de 500 mL, adiciona-se 285 mL de hidróxido de amônio e completa-se com água deionizada até a marca de aferição. Homogeneiza-se.

Observação: O procedimento deve ser feito em capela.

Ácido clorídrico (0,1 eqg/L)

- Reagente
 - Ácido clorídrico concentrado (HCl) (PA)
 - Tetraborato de sódio (bórax) (PA)
 - Solução indicadora Metil Orange
- Equipamentos
 - Balão volumétrico de 1000 mL
 - Pipeta graduada de 10 mL
 - Erlenmeyer de 250 mL
 - Bureta 50 mL
 - Proveta 50 mL
- Procedimento

Em balão volumétrico de 1000 mL coloca-se 500 mL de água deionizada e, com o auxílio de uma pipeta graduada, adiciona-se 8,5 mL de ácido clorídrico concentrado. Completa-se o volume com água deionizada e homogeneiza-se a solução. Deve-se deixar a solução voltar a temperatura ambiente para a aferição.

Para a fatoração, em um erlenmeyer pesa-se 0,5 g ao 0,1 mg de bórax, dissolve-se em 50 mL de água deionizada e adiciona-se 2 gotas do indicador Metil Orange. Titula-se com ácido até a virada do indicador.

Observação: Fazer em triplicata e em banho de gelo.

- Cálculo de normalidade

$$N = \frac{MB(g)}{V \times Meg (g)}$$

Onde:

MB(g) = massa do bórax

Meg (g/eqg) = 0,1907

N= concentração real da solução (eqg/L)

V= volume de HCl gasto (mL) na titulação

Hidróxido de Sódio (0,1 eqg/L)

Reagente:

- Hidróxido de sódio (NaOH) (PA)
- Biftalato de potássio ($C_8H_5KO_4$)
- Fenolftaleína 1% [$C_6H_4COOC.C(C_6H_4-4OH)_2$]

- Equipamentos

- Béquer 250 mL
- Balão volumétrico 1000 mL e 250 mL
- Pipeta volumétrica 25 mL
- Bureta 50 mL

- Procedimento

Pesa-se 4g de NaOH e o dissolve em água deionizada previamente fervida. Transfere-se para balão de 1000 mL e completa-se o volume.

Solução de Biftalato de potássio:

Seca-se o biftalado por 2h em estufa a 120°C, pesa-se de 7g a 8g e transfere-o, quantitativamente, para balão de 250 mL. Homogeneiza-se

Para padronização da solução, pipetam-se três alíquotas de 25 mL de solução de biftalato de potássio, para três erlenmeyer. Adicionam-se 100 mL de água, duas gotas de fenolftaleína e titula-se com NaOH 0,1 eqg/L.

- Cálculos

$$\text{Concentração da solução de Biftalato de Potássio} = \frac{m}{\text{PM} \times V}$$

Onde:

m= massa do Biftalato em gramas

PM = peso molecular do Biftalato (204,2 g)

V= volume do balão (250 mL)

Concentração da solução de NaOH: $N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$

Onde:

N_1 = concentração da solução de NaOH

V_1 = volume gasto na titulação

N_2 = concentração da solução de biftalato de potássio

V_2 = volume da alíquota de biftalato de potássio

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os produtos que chegam ao Laboratório de Controle de Qualidade bem como as matérias-primas e produtos que chegam ao setor de pesquisa e desenvolvimento são identificados com nome, lote de fabricação e em alguns casos acompanhados de guia de produção.

Durante a análise de produtos acabados, quando se obtém resultados discordantes com a faixa de especificação, são feitas correções no produto. Todas as análises e procedimentos corretivos devem acompanhar o documento conhecido por Resultado de Análise, onde é expedido o laudo final.

Tratando-se de análises pertinentes ao setor de Pesquisa e Desenvolvimento, almeja-se obter resultados concordantes com a necessidade e objetivo da pesquisa, seja em prol de uma matéria-prima em período de avaliação ou um novo produto que se deseja lançar no mercado.

Durante o período de atividades foram postos em prática diversos aprendizados adquiridos durante a formação técnica do analista. A diversidade de análises realizadas provou-se a importância dos conteúdos teórico e prático aprendidos nos diversos ramos da Química: Orgânica, Inorgânica Físico-química e análises quantitativas e qualitativas.

O Laboratório de Controle de Qualidade bem como o setor de Pesquisa e Desenvolvimento são bem equipados e tem um ambiente agradável de desempenho das atividades.

A produção em laboratório e as análises, em muitas vezes, ficou a cargo do analista, que não teve muitas dificuldades em empregar os procedimentos técnicos no laboratório, uma vez que a maior parte das técnicas laboratoriais já tinha sido aprendida no ambiente acadêmico e as demais foram de fácil manipulação.

REFERÊNCIAS

MANUAL do aparelho Du Noy Tensiometer;

MANUAL do aparelho de viscosidade Brookfield;

NORMA DIN 51360 (parte 2). Teste Bosch;

CARVALHO, Nilson. Lubrificação, Notas de aula. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/15165795/1103033663/name/Lubrifica%C3%A7%C3%A3o+-+Notas+de+aula.pdf>> Acesso em: 28/ 06/11

NILZA, Mara Etanilastau Reis. Viscosidade. In: Fenômenos de transporte. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/53091621/30/Viscosidade-Cinematica-%CE%BD>> Acesso em: 01/07/11

LUZ, Elaine; MELLO, Andréia; PINTO, Américo. Potenciometria. Apostila de análise instrumental I. 03/2005. p. 11-23



Constituição federal de 1988 e suas garantias constitucionais ao meio ambiente: água como bem jurídico econômico e social

Marli Medianeira Nunes Batista Toniolo

Graduada em Direito na Faculdade Metodista de Santa Maria - FAMES. Curso de Especialização de Direito Ambiental e Sustentabilidade pelo ISEIB- Instituto Superior de Educação Ibituruna; Pós-Graduada do Curso de Especialização de Ciências Criminais da Universidade Luterana do Brasil; Pós-Graduada do Curso de Especialização de Direito Militar e Defesa Nacional. ISEIB- Instituto Superior de Educação Ibituruna; Mestranda em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

Barbara Christiane Batista Toniolo

Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria(2017). Tem experiência na área de Geografia.

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.172.9

RESUMO

A água é um dos elementos essenciais à natureza, à vida humana e de outros seres vivos na terra, sendo a temática de grande relevância, a sobrevivência do homem no planeta. Neste estudo, será abordado como estão sendo efetivadas as garantias trazidas na Constituição Federação de 1988, quanto ao Direito Ambiental, e em específico, a água. Sabe-se que o artigo 225 da Constituição Federal declara que todos têm direito a um meio ambiente equilibrado, impondo, assim, ao poder público e a coletividade, o dever de defendê-lo, e é nessa perspectiva que discorrerá este trabalho. Visa esclarecer ainda se todas as medidas estão sendo efetivadas na prática devido à grande importância da água. O Princípio da Precaução tem como objetivo principal evitar um dano irreversível natureza e tudo que nela existe, trazendo punições para quem praticar o ato ou ação lesiva a natureza. As políticas públicas são um meio de organizar a convivência do ser humano em sociedade, educando-o a lidar com lixo sem agredir os maiores bens, que são a água e a natureza, pois delas dependem a saúde e a vida de futuras gerações.

Palavras-chave: água. Constituição Federal de 1988. meio ambiente.

INTRODUÇÃO

O presente estudo tem como objetivo realizar um estudo sobre a essencialidade da água na natureza e na vida do homem e dos animais na terra, e de tudo que dela depende.

É do conhecimento de todos, que não existe vida na Terra sem a água, sendo esta, um dos elementos que faz parte da existência da vida no planeta. A água é uma preciosidade, no planeta, pois dela se origina a vida, tornando a natureza abundante e saudável. Sem a água não existiria vida na terra, onde seria seca e infértil.

Por isso a Constituição Federal de 1988 traz inúmeras garantias, citadas nesse trabalho. O Artigo 225 enumera que todos têm direito a um meio ambiente equilibrado e saudável.

Será exposto neste estudo o Princípio da Precaução, o qual tem como finalidade evitar que um dano maior aconteça, pois, os seres humanos necessitam da água, assim como os animais e a natureza, para garantir uma vida saudável, para este e as futuras gerações.

Existem legislações e decretos que trazem direitos e garantias das águas doces, que são as de consumo humano, animal e para vegetação, as águas salinas e as salobras. As águas são classificadas pelas Legislações vigentes no país, sendo: a Legislação e o Código de Águas (Decreto n. 24.643/1934); o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA n. 357/2005; a Lei Complementar n. 14, de 08 jun.1973, em seu artigo 5º, que garante o saneamento básico, o abastecimento de água e rede de esgotos e serviço de limpeza pública; o Código de Águas (Decreto n. 24.643/1934); a Lei n 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que também ficou conhecida como a Lei das Águas; a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH); a Resolução CONAMA n. 357/2005, que destaca a classificação dos corpos de água e suas diretrizes ambientais, entre outras.

DESENVOLVIMENTO

A água é dos elementos essenciais à existência e à saúde pública, garantindo a manutenção da vida.

Existem muitas maneiras de expandir a utilidade da água, como por exemplo, abastecimento do consumo humano, uso industrial, doméstico, irrigação de hortas e lavouras, dessedentação de animais, conservação da fauna e da flora, recreação, pesca, geração de energias, transportes e muitas outras essencialidades da vida humana (MIRANDA, 2010, p. 53).

Atualmente uma das grandes preocupações é a contaminação em razão do mau destino de lixos hospitalares, fazendo com isso, que fiquem em destaque as vigilâncias permanentes sobre a forma de gestão e de recursos. Os recursos hídricos são considerados uma função pública do interesse de todos, em acordo à Lei Complementar n. 14, de 08 jun. 1973 em seu Artigo 5º. Reputam-se de interesse metropolitano os seguintes serviços, que são eles: o saneamento básico, o abastecimento de água e rede de esgotos e o serviço de limpeza pública (MIRANDA, 2010, p. 53).

Tende o conceito de água subterrânea, toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos (ABAS, 2018).

É do conhecimento de todos os problemas que são gerados pelo descarte inadequado de lixo hospitalar no meio ambiente, pois a mesma causa contaminação nas águas subterrâneas. Os restos de materiais hospitalares mal destinados podem trazer grandes agressões ambientais, e até como uma questão sanitária, que coloca em risco a saúde pública. A Constituição Federal de 1988, em seu Artigo 225 enumera que todos os cidadãos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, deixando evidente que é um bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo ao poder público e a toda coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para o presente e futuras gerações (LUNELLI. MARIN, 2012, p. 14).

Para garantir um meio ambiente sadio e protegido, está em destaque o Princípio da Precaução, pois o mesmo determina que não se produzam intervenções no meio ambiente antes de ter a certeza de que estas não serão adversas para o meio ambiente. Este princípio visa uma qualidade de vida sadia das atuais e futuras gerações que existem no planeta. A precaução é um meio de ação antecipada de se evitar o risco e o perigo (DUARTE JUNIOR, 2011).

Uma das garantias aplicáveis na Legislação é o Código de Águas, está em seu Decreto n. 24.643/1934. O referido visa ser necessário modificar esse estado de coisas, dotando o país de uma legislação adequada que, de acordo com a tendência atual, permita ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas. Quanto ao Código de Águas, compete ao Ministério da Agricultura, e é assinado pelo ministro do Estado. O Decreto especifica vários tipos de águas, sendo elas: mares territoriais, baías, lagoas, rios, fontes, nascentes, reservatórios entre outras (BRASIL, 1934).

Também a Resolução CONAMA n. 357/2005 destaca a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e estabelece as condições e padrões de lan-

çamento de efluentes, e encaminha outros destinos e providências necessárias. Esta Resolução classifica as águas como: águas doces, salinas, salobras, sendo que as águas doces têm o destino para o abastecimento humano e animal (CONAMA, 2005).

A Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, instituída pela Lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997, também conhecida como a Lei das Águas, estabeleceu instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de predominância federal (estipulando aqueles que atravessam mais de um estado ou fazem fronteira) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), considerada uma lei moderna, pois criou condições para conter conflitos pelo uso da água e controle administrativo (ANA, 2018).

Cabe salientar que, com todos os meios de proteção, assegurados na Constituição Federal, criação de decretos, responsabilidades cível, Direito Penal e outros, a natureza vive sua degradação, e aos poucos é agredida e sufocada pelo lixo hospitalar, orgânico, reciclável, fumaça, óleo, gases, entre outros.

Existem interesses econômicos e a busca pela maximização que visam lucros, onde acabam justificando a degradação ao meio ambiente. Porém estes lucros se concentram nas mãos de poucos capitalistas, causando um enorme prejuízo ambiental e a degradação da natureza (BERTE; SILVEIRA, 2017, p. 39).

Pode-se descrever sobre diversos meios de degradação, mas o destaque neste trabalho é o lixo que é jogado e que causa perigos e contaminação da água. Existem várias formas de causar a sua contaminação tais como: a) resíduos orgânicos que são gerados por esgotos de vilas, residências e escritórios; b) óleos e detergentes lançados de oficinas, máquinas e caminhões; c) cianeto e mercúrio, provindos dos minérios e ouro; d) descartes hospitalares; e) agrotóxicos das lavouras; entre outros (NEPOMUCENO; NACHORNIK, 2015, p. 83).

A sociedade brasileira vive um crescimento constante, com enormes avanços tecnológicos que fazem parte do cotidiano, seja na escola, faculdade ou trabalho. Esse crescimento causa danos à natureza, e as águas das bacias são importantes para o ecossistema. De acordo com a pesquisa do Programa das Nações Unidas (PNUD), a população deve chegar a 9,6 bilhões de pessoas no ano de 2050. Com o crescimento da população, cresce também o consumo de água, sendo que o volume de água não crescerá na mesma proporcionalidade.

Conforme pesquisa realizada pela Organização Mundial da Saúde – OMS, com a má qualidade da água consumida, 4,6 milhões de crianças morrem, com menos de cinco anos de idade, de diarreia, causada por água de consumo não potável. No Brasil, todos os anos, 30% de morte de crianças com menos de um ano de idade são causadas por este tipo de água potável não tratada (OLIVEIRA, 2016, p. 28).

Deve-se existir um controle por meio das políticas públicas, a coibição do desperdício de recursos, para que os homens possam viver em condições dignas na sociedade, longe dos riscos causados por águas contaminadas. Sejam por meios tecnológicos ou por mão de obra em meios de mutirão, junto à comunidade, se devem educar os cidadãos, a fim de trazer benefícios socioeconômicos e ambientais, promovendo a necessidade de novos atos que se possam adequar ao crescimento industrial e consumo das pessoas. Os setores públicos devem proceder de maneira que permita o equilíbrio social em setores urbanos, onde a aglomeração de lixo é mais propício.

O Artigo 23 da Constituição Federal enumera que, é da competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, em seu inciso VI, proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer uma de suas formas. Já o inciso VII mostra a importância da preservação das florestas, da fauna e da flora. As construções e habitações devem estar completadas pelos serviços de saneamento básico, corroborando em seu inciso IX, que haja a promoção de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico aos moradores de baixa renda nas periferias. Igualmente em seu Artigo XI é destacado que é da competência, registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios (PHILIPPI JÚNIOR; FREITAS; SPÍNOLA, 2016, p. 6).

Dessa forma, pode-se dizer que é dever de todos respeitarem e cuidarem da natureza, pois se depende da água saudável para sobreviver e garantir as futuras existências na Terra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do trabalho apresentado, pode-se dizer que muito deve ser feito para manter o meio ambiente equilibrado, pois a Constituição Federal de 1988 enumera muitas⁶ garantias e obrigações, tanto por parte da comunidade e da sociedade, como também, da União, Estados, Municípios e Distrito Federal.

Sabe-se que o maximalismo do capitalismo industrial tem uma crescente demanda de mercadorias e de oferta, e com isso, um grande acúmulo de lixo nas cidades e nas periferias, resultando em aglomeração de materiais recicláveis expostos a natureza, tais como garrafas pet, sacos plásticos, brinquedos e eletrônicos.

É do conhecimento de todos, que esse lixo jogado na rua, nas matas e em terrenos baldios causa danos à natureza e aos seres humanos, que dependem e sobrevivem da água, pois a água é um bem natural que mantém e dá a vida. Se a água estiver contaminada pelos resíduos de lixo jogado no chão, a saúde também ficará abalada, causando diarreias, vômitos, entre outros.

Como destacado neste estudo, existem vários tipos de nascentes e de rios, mas a principal é a água doce, que alimenta as vegetações, os animais, os seres humanos e todos outros seres que dela sobrevivem.

Deve-se preservar e cuidar da natureza e da água, pois se depende da existência da boa qualidade da água no planeta. A água é a fonte natural da vida e ela é preciosa. Cuidar da água é cuidar de nós, pois a vida e a saúde dependem de águas limpas e puras dos rios e das nascentes.

É necessário que haja consciência que a natureza e a água serão moradia de futuras vidas, sendo de entendimento que não se pode degradar a natureza. Há necessidade que haja políticas públicas rigorosas que mantenham as cidades e periferias longe dos riscos de acúmulos de lixo em bueiros, sangas, nascentes d'água, bocas de lobo e rios.

As leis, legislações e decretos estão vigentes, como forma de coibir a aglomeração de lixo na natureza. Assim como o ser humano, a natureza também tem os seus direitos e garantias

reservados, para serem cumpridos.

Fica uma incógnita, para o futuro do nosso planeta, pois devemos lutar pelo bem comum de todos. Porém fica evidente que com a grande crescente da indústria, mercantil, torna-se um pouco inviável a realização de certas medidas para manter a vida saudável do meio ambiente e em principal a água, fonte de energia natural das nascentes da terra.

Gerações futuras terão um grande problema a ser enfrentado, mesmo com toda legislação em vigor. Com certeza deverá haver um grande interesse das políticas locais de cada região afetada pela poluição, seja ela através de agrotóxicos, lixos hospitalares ou outros.

A Constituição Federal em seu artigo 225 elenca que todos têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, sendo de uso comum da sociedade e essencial a uma vida sadia e impõe ao Poder Público e a coletividade o dever de defendê-lo, para o presente e futuras gerações humanas.

REFERÊNCIAS

ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Águas subterrâneas, o que são? Disponível em: <http://www.abas.org/educacao.php>. Acesso em 20 mar. 2018.

ANA. Agência Nacional das Águas. Política Nacional de Recursos Hídricos. 2018. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>. Acesso em 26 abr. 2018.

BERTÊ. Rodrigo. SILVEIRA. Augusto Lima da. Meio Ambiente Certificação e Acreditação Ambiental. 1 ed. São Paulo: Ed. Intersaberes, 2017.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 24.643/1994. Decreta o Código de Águas. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 26 de abr. de 2018.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 26 abr. 2018.

DUARTE JÚNIOR, Ricardo César Ferreira. Princípios do Direito Ambiental e a Proteção Constitucional ao Meio Ambiente Sadio. Disponível em: <http://www.egov.ufsc.br/portal/conteudo/princ%C3%ADpios-do-direito-ambiental-e-prote%C3%A7%C3%A3o-constitucional-ao-meio-ambiente-sadio>. Acesso em 24 de abr. de 2018.

LUNELLI. Albert Carlos; MARIN, Dytz Jeferson. Ambiente, Políticas Públicas e Jurisdição. 2 ed. Caxias do Sul: Editora EDUCS, 2012.

MIRANDA, Robinson Nicáciode. Direito ambiental. 2 ed. São Paulo: Editora Rideel, 2010.

NEPOMUCENO, Aline Nikosheli; NACHORNIK, Valdomiro Lourenço. Técnicas de recuperação de áreas degradadas. Estudos. 1 ed. Curitiba – PR: Ed. Intersaberes, 2015.

OLIVEIRA. Diego Barreto. Hidrologia. São Paulo: Ed. Pearson, 2016.

PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; FREITAS, Vladimir Passos de; SPÍNOLA, Ana Luiza Silva. Direito Ambiental e sustentabilidade. 1ed. São Paulo: Editora Manole, 2016.

Organizador

Adriano Mesquita Soares

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/PG, linha pesquisa em Gestão do Conhecimento e Inovação e Grupo de pesquisa em Gestão da Transferência de Tecnologia (GTT). Possui MBA em Gestão Financeira e Controladoria pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais onde se graduou em Administração de Empresas (2008). É professor no ensino superior, ministrando aulas no curso de Administração da Faculdade Sagrada Família – FASF. É editor chefe na AYA Editora.

Índice Remissivo

A

acessibilidade 28, 47
ácido 124, 126, 139, 142, 143
adaptações 11
água 66, 67, 84, 89, 92, 99, 103, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 126, 127, 132, 134, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 146, 147, 148, 149, 150, 151
ambientais 33, 63, 69, 75, 76, 77, 78, 100
antifalhas 50, 51, 53, 56, 58
argiloso 98, 99, 105
assistencialismo 61

B

baixo custo 83

C

construção 28, 40, 45, 48, 62, 63, 65, 69, 70, 78, 99
construtivos 28, 49
custo 11, 12, 22, 23, 24, 25, 47, 48, 83

D

decisão 11, 13, 15
densidade 12, 32, 124, 128
desempenho 28, 29, 30, 41, 45, 46, 48
digital 28, 44

E

econômicos 63, 68, 149
emergência 11
empresa 11, 15, 29, 44, 51, 52, 53, 58
energética 28
equipamento 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 22, 25
equipamentos 11, 12, 13, 18, 25
expansão 102, 103, 104, 124, 139

experimento 28, 32, 39

F

fenômeno 51, 54

G

graxo 124

H

hidrelétrica 61, 62, 69, 73, 74, 80

hidrostáticas 106, 107, 109, 112, 114, 119

hierárquica 11, 14, 17, 19, 25

I

*impermeabilização 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 115,
116, 117, 119, 120, 121*

incidente 51, 52, 54, 58

*inspeção 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23,
24, 25*

instrução 16

L

logística 51, 53, 58

M

*madeira 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 41, 44, 45,
47, 48, 49*

manutenção 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 25

material 29, 30, 32, 33, 42, 43, 44, 45, 49, 99, 100, 102

matérias-primas 124, 125, 144

meio ambiente 69, 78, 81, 85, 146, 147, 148, 149, 150, 151
mercado 51, 58, 71, 72, 84, 107, 108, 109, 111, 114, 124, 144
método 11, 12, 13, 14, 15, 17, 22, 24, 25, 28, 29, 34, 48
metodologia 12, 17, 25
modelagem 28, 32, 37, 48
moldagem 103

N

natureza 62, 68, 69, 71, 72, 76, 84, 135, 147, 149, 150

P

paisagismo 83, 84, 86, 93, 94, 95, 96
pesquisa 28, 29, 30, 33, 38, 43, 48, 51, 61, 62, 65, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 77, 78, 80, 81, 83, 86, 94, 101, 103
políticas 72, 73, 78, 147, 149, 150, 151
pós-obra 107
práticas 70, 95
problema 13, 15, 17, 34, 51
processo 11, 12, 13, 15, 17, 22, 25
produtos 100, 107, 108, 109, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 124, 125, 127, 129, 132, 144
projeto 12, 28, 29, 31, 33, 34, 48, 55, 56, 57, 58, 65, 80, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 91, 96
proteção 11

R

redução 11, 15, 21, 22, 24, 25, 28, 40, 44, 45, 56, 58, 83
resistência 29, 30, 31, 33, 35, 36, 37, 45, 47, 48, 93, 100, 107
responsabilidade social 61, 62, 63, 64, 67, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81

S

segurança 10, 11, 12, 25, 29, 35, 37, 51, 52, 57, 58

simulações 28, 30, 33, 39, 44
sistema 5, 12, 16, 28, 29, 30, 44, 51, 52, 53, 55, 56, 57,
58, 59, 85, 99
sistemas 11, 28, 29
sobrevivência 147
sociedade 64, 70, 72, 73, 78, 84, 147, 149, 150, 151
software 28, 31, 32, 33, 34, 37
solo 37, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105
stakeholders 61, 62, 64, 68, 70, 76, 80
sustentabilidade 28, 71, 76, 77, 79, 83, 84, 94

T

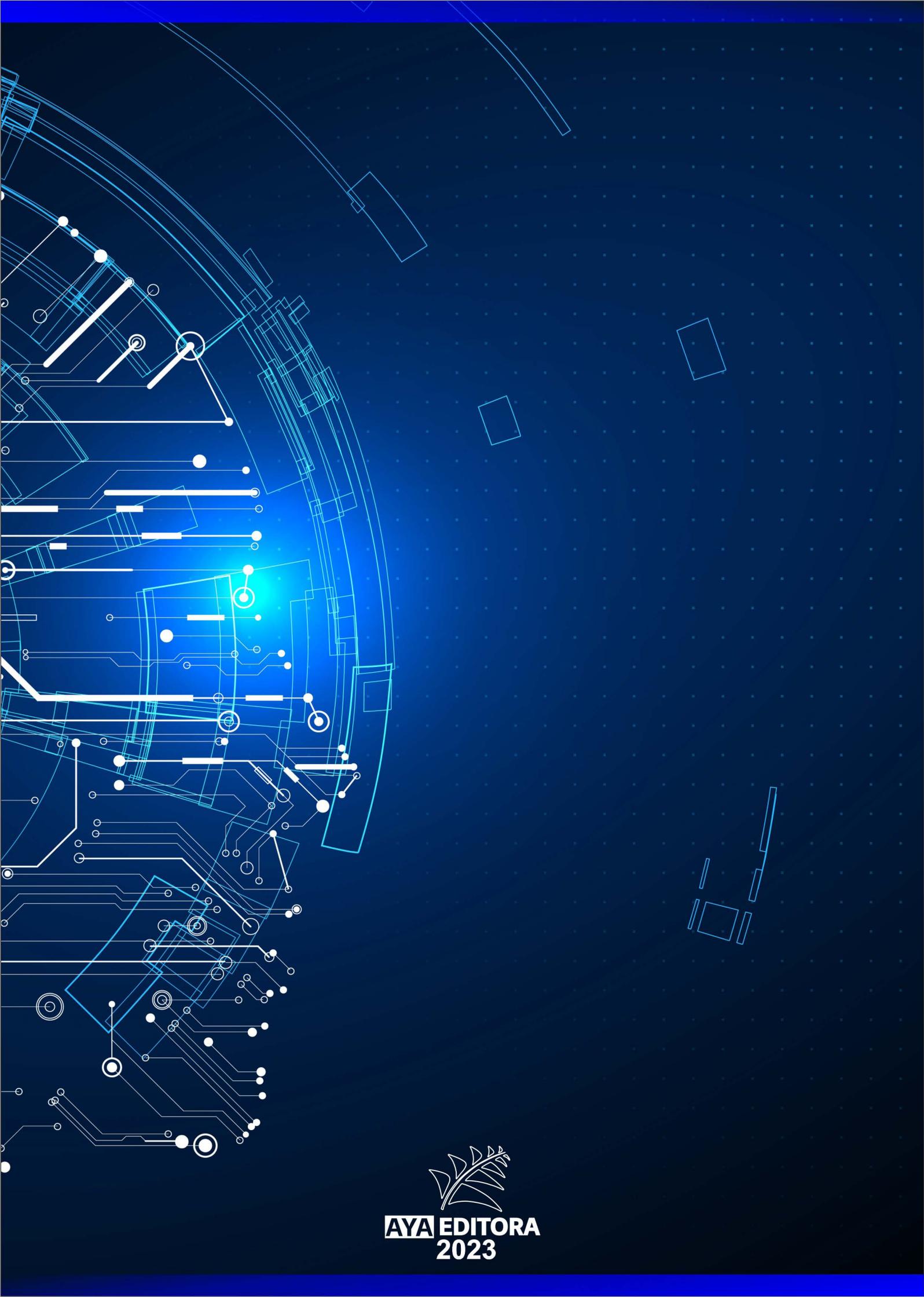
técnicos 15, 18, 28, 29, 30
tecnologia 28, 29, 30
teoria 25, 61, 62, 64, 74, 79
transporte 51, 52, 54, 55, 58
transportes 51, 52, 58

V

vedação 124, 138, 139
vegetação 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 95,
96

W

woodframe 28, 29



AYA EDITORA
2023