

ENGENHARIA DO FUTURO

Tendências e Perspectivas

Resiane Silveira (Org.)

v.1
2023

ENGENHARIA DO FUTURO

Tendências e Perspectivas

Resiane Silveira (Org.)

v.1
2023



2023 – Editora Uniesmero

www.uniesmero.com.br

uniesmero@gmail.com

Organizadora

Resiane Paula da Silveira

Editor Chefe: Jader Luís da Silveira

Editoração e Arte: Resiane Paula da Silveira

Imagens, Arte e Capa: Freepik/Uniesmero

Revisão: Respectivos autores dos artigos

Conselho Editorial

Ma. Tatiany Michelle Gonçalves da Silva, Secretaria de Estado do Distrito Federal, SEE-DF

Me. Elaine Freitas Fernandes, Universidade Estácio de Sá, UNESA

Me. Laurinaldo Félix Nascimento, Universidade Estácio de Sá, UNESA

Ma. Jaciara Pinheiro de Souza, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Dra. Náyra de Oliveira Frederico Pinto, Universidade Federal do Ceará, UFC

Ma. Emile Ivana Fernandes Santos Costa, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Me. Rudvan Cicotti Alves de Jesus, Universidade Federal de Sergipe, UFS

Me. Heder Junior dos Santos, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP

Ma. Dayane Cristina Guarnieri, Universidade Estadual de Londrina, UEL

Me. Dirceu Manoel de Almeida Junior, Universidade de Brasília, UnB

Ma. Cinara Rejane Viana Oliveira, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Esp. Jader Luís da Silveira, Grupo MultiAtual Educacional

Esp. Resiane Paula da Silveira, Secretaria Municipal de Educação de Formiga, SMEF

Sr. Victor Matheus Marinho Dutra, Universidade do Estado do Pará, UEPA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S587p Silveira, Resiane Paula da
Engenharia do Futuro: Tendências e Perspectivas - Volume 1 /
Resiane Paula da Silveira (organizadora). – Formiga (MG): Editora
Uniesmero, 2023. 106 p. : il.
Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5492-036-0
DOI: 10.5281/zenodo.10207033

1. Engenharia. 2. Tecnologias. 3. Máquinas e construção. I.
Silveira, Resiane Paula da. II. Título.

CDD: 620
CDU: 62

Os artigos, seus conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam responsabilidade de seus autores.

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os fins comerciais.

Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Editora Uniesmero
CNPJ: 35.335.163/0001-00
Telefone: +55 (37) 99855-6001
www.uniesmero.com.br
uniesmero@gmail.com
Formiga - MG
Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>

Acesse a obra originalmente publicada em:
<https://www.uniesmero.com.br/2023/11/engenharia-do-futuro-1.html>



AUTORES

**ALMIR PEREIRA DA SILVA
ANDERSON LAURSEN
BIANCA RODRIGUES SANTOS
CLÁUDIO CESAR ZIMMERMANN
DIANA ALINE GOMES
EVANDRO QUEIROZ
FERNANDA DA SILVA MACEDO
GABRIEL PEREIRA GONÇALVES
GILMAR BARRETO
GUILHERME MILESKI DE SOUZA
GUSTAVO BOURDOT BACK
JARILSON DE SOUZA SILVA
LAÉRCIO DA CUNHA BERINGUEL
LARA DE SOUZA SOLETTI
LEANA CAROLINA FERREIRA
LUCAS GONÇALVES MARTINS
LUÍS FERNANDO CUSIOLI
MÁRCIO ROBERTO LABIGALINI
MIRIAM CLEIDE CAVALCANTE DE AMORIM
PIETRO VALDO ROSTAGNO
QUELEN LETÍCIA SHIMABUKU BIADOLA
ROSÂNGELA BERGASMASCO
VIVIAN DA SILVA CELESTINO REGINATO**

APRESENTAÇÃO

O compêndio científico "Engenharia do Futuro: Tendências e Perspectivas" surge como um farol, iluminando os caminhos do conhecimento e da inovação no vasto campo da engenharia. Em um mundo caracterizado por mudanças aceleradas, é imperativo compreender as trajetórias e os contornos que delineiam o futuro da engenharia, uma disciplina que desempenha papel central na construção da sociedade contemporânea.

O presente volume reflete a dedicação e a perícia de uma coletânea de pesquisadores, cujas contribuições convergem para oferecer uma visão abrangente e aprofundada das tendências que moldarão o cenário da engenharia nos próximos anos. Cada capítulo é uma janela para as fronteiras do conhecimento, revelando as inovações tecnológicas, os desafios emergentes e as soluções que estão transformando a engenharia em uma força propulsora do progresso.

A diversidade temática abordada nesta obra reflete a natureza interdisciplinar da engenharia contemporânea, indo desde avanços na inteligência artificial e computação quântica até as aplicações práticas da engenharia biomédica e sustentabilidade ambiental. O leitor será guiado por um percurso que abraça a complexidade e a interconectividade desses tópicos, promovendo uma compreensão holística das dinâmicas que impulsionam a evolução da engenharia.

Cada capítulo não apenas explora as tendências atuais, mas também lança olhares críticos para o futuro, antecipando os desafios éticos, sociais e ambientais que a engenharia enfrentará. Ao fazer isso, este volume aspira a ser mais do que um mero registro do estado atual da engenharia; é uma antecipação perspicaz do que está por vir.

Ao imergir nesta obra, os leitores são convidados a se tornarem co-participantes de uma jornada intelectual que transcende fronteiras acadêmicas e profissionais. Este livro é um convite à reflexão, à discussão e, acima de tudo, à inspiração para os engenheiros do presente e do futuro. Que esta obra contribua significativamente para o avanço do conhecimento e para o fortalecimento dos alicerces que sustentam a engenharia como um catalisador primordial do progresso humano.

SUMÁRIO

Capítulo 1 MODELAGEM CONCEITUAL APLICADA AO MAPEAMENTO DE REDE ELÉTRICA DE MÉDIA TENSÃO DE CAMPUS UNIVERSITÁRIO <i>Gustavo Bourdot Back; Vivian da Silva Celestino Reginato; Cláudio Cesar Zimmermann</i>	8
Capítulo 2 A INFLUÊNCIA DO VALOR DE ABSORÇÃO DE ÓLEO DOS PIGMENTOS E DAS CARGAS MINERAIS USADAS NA FABRICAÇÃO DE TINTAS ARQUITETÔNICAS <i>Almir Pereira da Silva; Laércio da Cunha Beringuel; Anderson Laursen; Evandro Queiroz</i>	17
Capítulo 3 ADSORÇÃO DE DIPIRONA EM AMOSTRAS AQUOSAS POR MEIO DE ZEÓLITAS MODIFICADAS <i>Lara de Souza Soletti; Diana Aline Gomes; Luís Fernando Cusioli; Quelen Letícia Shimabuku Biadola; Rosângela Bergasmasco</i>	38
Capítulo 4 PROSPECÇÃO DE METODOLOGIAS PARA DETERMINAÇÃO DE TRIHALOMETANOS EM ÁGUAS <i>Bianca Rodrigues Santos; Fernanda da Silva Macedo; Miriam Cleide Cavalcante de Amorim</i>	52
Capítulo 5 O COMPORTAMENTO DE CONSTRUTORAS E INCORPORADORAS NO BRASIL: UMA ANÁLISE À LUZ DO MOVIMENTO ESG <i>Guilherme Mileski de Souza; Leana Carolina Ferreira</i>	66
Capítulo 6 A INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DO DIESEL NA CONFIABILIDADE DE GERADORES DE ENERGIA EMERGENCIAIS <i>Márcio Roberto Labigalini; Gilmar Barreto</i>	76
Capítulo 7 INSPEÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO USADO EM OBRA - ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE MURIAÉ/MG <i>Gabriel Pereira Gonçalves; Lucas Gonçalves Martins; Jarilson de Souza Silva; Pietro Valdo Rostagno</i>	89
AUTORES	103

Capítulo 1
MODELAGEM CONCEITUAL APLICADA AO
MAPEAMENTO DE REDE ELÉTRICA DE MÉDIA
TENSÃO DE CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Gustavo Bourdot Back
Vivian da Silva Celestino Reginato
Cláudio Cesar Zimmermann

MODELAGEM CONCEITUAL APLICADA AO MAPEAMENTO DE REDE ELÉTRICA DE MÉDIA TENSÃO DE CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Gustavo Bourdot Back

Bolsista no Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil.

Mestrando em Gestão Territorial | gustavoback@yahoo.com.br

Vivian da Silva Celestino Reginato

Professora na Universidade Federal de Santa Catarina

Pós-Doutora em Modelação Geográfica e Gestão Territorial |

vivian.celestino@ufsc.br

Cláudio Cesar Zimmermann

Professor na Universidade Federal de Santa Catarina

Doutor em Engenharia Civil | claudio.ufsc@gmail.com

RESUMO

Para uma gestão eficiente de um território, um dos instrumentos que vêm se mostrando mais eficazes é o mapeamento de rede de infraestruturas. Por meio da identificação e visualização espacial dos objetos de interesse, torna-se possível gerenciar recursos de forma estratégica, garantindo a manutenção e o desenvolvimento sustentável da infraestrutura urbana. Uma das redes que mais exigem assertividade em sua gestão é a elétrica, visto que demanda inúmeros recursos, principalmente financeiros. No contexto de um *campus* universitário, em especial o do *Campus* Universitário Reitor João David Ferreira Lima, considerado como área de estudo, a rede elétrica de média tensão comprometeu cerca de 10% do custeio no ano de 2022, o que indica a necessidade de atenção por parte da gestão universitária. Pressupondo a necessidade da informação e da integração, o mapeamento da rede elétrica demanda um instrumento de base capaz de representar os seus componentes e os respectivos relacionamentos existentes entre si. Neste sentido, o presente artigo tem como objetivo apresentar a modelagem conceitual aplicada ao mapeamento de rede elétrica de média tensão do *Campus* Universitário Reitor João David Ferreira Lima. Ao adotar os estereótipos OMT-G, foi possível estabelecer cinco classes geográficas, as quais tiveram seus relacionamentos ilustrados pelo esquema conceitual. Os atributos das classes, assim como os

domínios, variam de acordo com o tipo e a função de cada elemento da rede. O estudo conclui, por fim, que o modelo conceitual apresentado demonstra ser adequado para o mapeamento da rede elétrica no contexto da área de estudo, sendo as classes, os atributos e os relacionamentos uma base sólida para a gestão da infraestrutura energética, permitindo assim tomadas de decisão estratégicas, planejamento eficiente e manutenção adequada.

Palavras-chave: Sistemas de Informações Geográficas (SIG). OMT-G. Redes de infraestrutura. Gestão territorial.

ABSTRACT

For efficient management of a territory, one of the most effective tools is the mapping of infrastructure networks. By identifying and spatially visualizing the objects of interest, it becomes possible to strategically manage resources, ensuring the maintenance and sustainable development of urban infrastructure. One of the networks that requires particularly accurate management is the electrical network, as it demands numerous resources, especially financial ones. In the context of a university campus, particularly the Reitor João David Ferreira Lima University Campus, considered as the study area, the medium-voltage electrical network accounted for approximately 10% of the funding in 2022, indicating the need for attention from university management. Assuming the need for information and integration, the mapping of the electrical network requires a foundational tool capable of representing its components and the respective relationships between them. In this regard, the present article aims to present the conceptual modeling applied to the mapping of the medium-voltage electrical network of the Reitor João David Ferreira Lima University Campus. By adopting the OMT-G stereotypes, it was possible to establish five geographic classes, which were illustrated by the conceptual scheme. The attributes of the classes, as well as the domains, vary according to the type and function of each element of the network. Finally, the study concludes that the presented conceptual model is suitable for mapping the electrical network in the context of the study area, with the classes, attributes, and relationships providing a solid foundation for managing the energy infrastructure, enabling strategic decision-making, efficient planning, and adequate maintenance.

Keywords: Geographic Information System (GIS). OMT-G. Infrastructure networks. Territorial management.

INTRODUÇÃO

O mapeamento das redes de infraestrutura desempenha uma função fundamental na gestão eficiente de qualquer território. Ao conhecer e representar adequadamente a espacialização e as características dessas redes é possível

gerenciar recursos de forma estratégica, garantindo assim o desenvolvimento sustentável da infraestrutura urbana e a melhoria da qualidade dos serviços ofertados à população.

A rede elétrica, uma das principais redes de infraestrutura, mobiliza inúmeros recursos nas etapas de geração, transmissão e distribuição. O seu gerenciamento é de extrema importância para garantir o fornecimento de energia confiável e seguro para o desempenho de atividades essenciais, como as atividades de ensino, pesquisa e extensão realizadas em instituições universitárias.

No contexto da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por exemplo, as despesas com energia elétrica totalizaram mais de 14 milhões de reais em 2022, o que representou aproximadamente 10% do custeio anual da instituição (UFSC, 2022). Evidencia-se, portanto, que não basta apenas gerenciar a rede para garantir o seu funcionamento, mas sim para que esse seja o mais eficiente e econômico possível.

Lima, Moraes e Santos (2014) pontuam que para o desenvolvimento e implantação de redes e tecnologias sustentáveis, as universidades demandam instrumentos que pressupõem informação e integração. A literatura, por sua vez, sugere esforços neste sentido com a implantação de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no território universitário (LIMA et al., 2014; BACK, 2022; BATISTA et al., 2022; ZIMMERMANN et al., 2022)

Tratando-se de SIG, segundo Zimmermann et al. (2022, p. 3), são “necessários modelos e sistemas capazes de abstrair a natureza real dos dados para providenciar sua representação e respectivos relacionamentos (topologias)”. Para tanto, parece adequado considerar a modelagem conceitual como a ferramenta ideal para abstrair a realidade e modelar a informação para a gestão territorial adequada de uma instituição universitária.

Neste sentido, o presente artigo tem como objetivo apresentar a modelagem conceitual aplicada ao mapeamento de rede elétrica de média tensão do *Campus* Universitário Reitor João David Ferreira Lima. Para tal fim, serão adotados os estereótipos OMT-G (*Object Modeling Technique for Geographic Applications*), os quais estabelecem, além das classes geográficas e semânticas, os relacionamentos e as restrições de integridade espacial inerentes à rede mapeada.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o *Campus* Universitário Reitor João David Ferreira Lima, sede da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Popularmente conhecido como *Campus* Trindade, por estar localizado no bairro de mesmo nome no município de Florianópolis, o *campus* possui um território de aproximadamente 1,1 milhão de metros quadrados (UFSC, 2022) dividido em 11 setores numéricos (de 0 a 10).

Como procedimento metodológico, adotou-se uma pesquisa qualitativa aplicada. Primeiramente, coletou-se, junto aos órgãos competentes, as demandas existentes na gestão da rede elétrica de média tensão da área de estudo. A partir disso, inventariou-se os elementos da rede, assim como a sua disposição no território, a fim de estabelecer as classes, os atributos e domínios específicos para a modelagem.

Para a modelagem, adotou-se os estereótipos do Modelo OMT-G. A partir de um stencil específico do *software Microsoft Visio*, produziu-se o diagrama de classes, esquema conceitual que ilustra as classes, suas primitivas, seus atributos e relacionamentos.

Em termos de relacionamentos, indicou-se a quantidade de objetos de classe que se relacionam com objetos de outra classe a partir das cardinalidades: 0..1 (zero ou um), 0..* (zero ou mais), 1..1 (exatamente um), 1..* (um ou muitos) e *.* (muitos).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

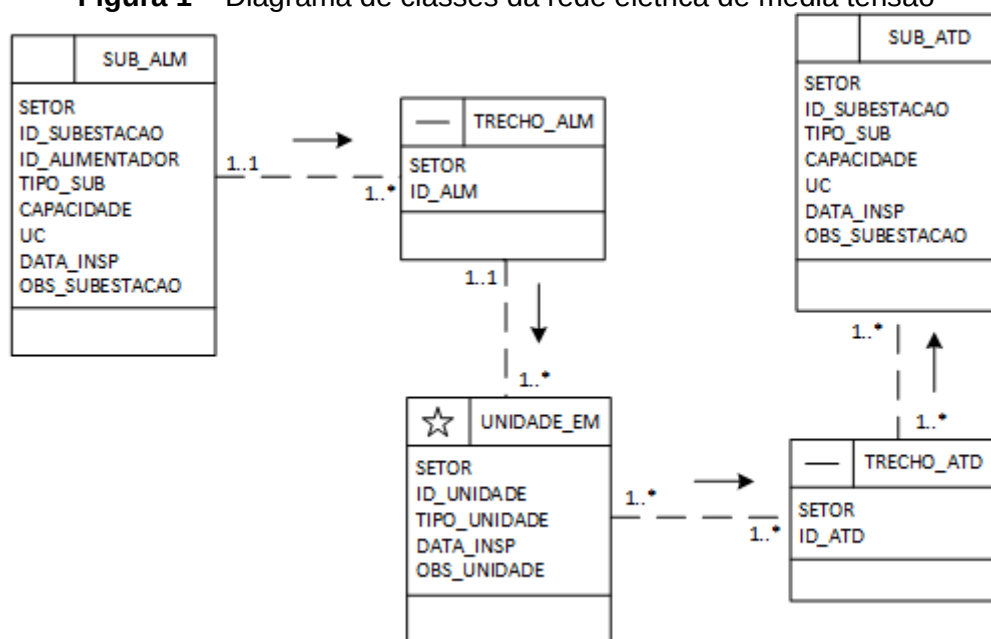
Como resultados, foram modeladas cinco classes geográficas para a rede elétrica de média tensão (Quadro 1). Cabe destacar que as classes “SUB_ALM” e “SUB_ATD” assumem a primitiva genérica pois podem ser representadas em forma de polígono, quando construídas subestações de fato, ou ainda, em forma de ponto, quando constituídas como postes com transformador ou postes do abastecimento energético das Centrais Elétricas de Santa Catarina (Celesc).

Quadro 1 – Classes modeladas para a rede elétrica de média tensão

CLASSE	PRIMITIVA	ATRIBUTOS	DESCRIÇÃO
SUB_ALM	Genérica	SETOR ID_SUBESTACAO ID_ALIMENTADOR TIPO_SUB CAPACIDADE UC DATA_INSP OBS_SUBESTACAO	Subestação de energia alimentadora
TRECHO_ALM	Linha	SETOR ID_ALM	Trecho de passagem dos cabos da rede elétrica advindos da subestação alimentadora
UNIDADE_EM	Ponto	SETOR ID_UNIDADE TIPO_UNIDADE DATA_INSP OBS_UNIDADE	Unidades de inspeção dos cabos da rede elétrica
TRECHO_ATD	Linha	SETOR ID_ATD	Trecho de passagem dos cabos da rede elétrica até a subestação atendida
SUB_ATD	Genérica	SETOR ID_SUBESTACAO TIPO_SUB CAPACIDADE UC DATA_INSP OBS_SUBESTACAO	Subestação de energia atendida

Fonte: Autores (2023)

O relacionamento entre as classes é o ilustrado pelo diagrama de classes da Figura 1. A partir dele, cabe pontuar que as linhas tracejadas representam as associações espaciais existentes entre as classes. De modo geral, as instâncias de linha são responsáveis pelo relacionamento topológico entre as instâncias genéricas (subestações) e as instâncias de ponto (unidades de inspeção).

Figura 1 – Diagrama de classes da rede elétrica de média tensão

Fonte: Autores (2023)

Em termos de atributos, dois são comuns à todas as classes: o de indicação do setor da instituição em que o objeto se encontra espacialmente, e o código de identificação do objeto. Para as classes “TRECHO_ALM” e “TRECHO_ATD”, esses são os únicos necessários para identificá-las e descrevê-las qualitativamente;

No caso da classe “SUB_ALM”, além dos atributos mencionados, existem outros que indicam o alimentador, a tipologia da subestação, a capacidade em kVA, a unidade consumidora (em casos de subestação atendida diretamente pela energia da concessionária), a data da última inspeção da equipe técnica responsável pela manutenção da rede e as observações anotadas em relação aos objetos da classe. É importante ressaltar que a tipologia da subestação é um atributo relacionado à mesma condição que demandou a primitiva genérica para a classe e para “SUB_ATD”, portanto, seus domínios são subestações (estrutura), postes com transformador ou postes do abastecimento da concessionária.

Os atributos da classe “UNIDADE_EM” são, além da indicação do setor da instituição e da identificação da unidade, a tipologia da unidade (caixa ou poste), a data da última inspeção da equipe técnica responsável pela manutenção e as observações anotadas em relação aos objetos da classe.

Por fim, a classe “SUB_ATD” possui essencialmente os mesmos atributos da classe “SUB_ALM”, exceto a identificação do alimentador. Isso é justificado pelo fato que apesar das mesmas características entre si, as subestações alimentadoras

desempenham uma função distinta no fluxo da modelagem em comparação às subestações atendidas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, o esquema conceitual apresentado se mostrou adequado para modelar as informações necessárias para o mapeamento da rede elétrica de média tensão da área de estudo, cumprindo assim com o objetivo estabelecido inicialmente.

As classes, atributos e relacionamentos baseadas nos estereótipos OMT-G fornecem uma base sólida para a gestão territorial adequada da infraestrutura energética, permitindo tomadas de decisão estratégicas, planejamento eficiente e manutenção adequada.

Por fim, a metodologia empregada não se restringe apenas ao contexto do estudo, podendo ser aplicada para toda a rede de infraestrutura do *campus*, o que garante não só a oferta de uma infraestrutura de qualidade, mas também o gerenciamento mais eficiente dos custos operacionais da instituição.

REFERÊNCIAS

BACK, G. B. **O uso de SIG como ferramenta de apoio na gestão da manutenção predial do Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima**. 2022. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

BATISTA *et al.* Utilização de sistema de informação geográfica (SIG) visando à gestão da infraestrutura de água e esgoto de um *campus* universitário. **Revista DAE**, São Paulo, v. 235, n. 70, p. 21-30, mar. 2022.

LIMA, F. R. *et al.* Emprego de Sistema de Informações Geográficas (SIG) na Modelagem e Monitoramento de um *Campus* Universitário. In: CONGRESSO DE LA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 18., 2014, Montevideu. **Proceedings do XVIII Congresso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital**. Montevideu: Blucher, 2014. p. 512-515.

UFSC. **Boletim de dados da UFSC**. 2022. Disponível em: <https://dpgi-seplan.ufsc.br/files/2023/05/Boletim-de-Dados-2022-versão-final.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2023.

ZIMMERMANN, C. C. *et al.* O mapeamento das redes de infraestrutura do *Campus* Universitário João David Ferreira Lima. In: CONGRESSO DE CADASTRO TÉCNICO

MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL, 15., 2022, Florianópolis. **Anais do COBRAC 2022**. Florianópolis: UFSC, 2022.

Capítulo 2

**A INFLUÊNCIA DO VALOR DE ABSORÇÃO DE
ÓLEO DOS PIGMENTOS E DAS CARGAS
MINERAIS USADAS NA FABRICAÇÃO DE
TINTAS ARQUITETÔNICAS**

Almir Pereira da Silva

Laércio da Cunha Beringuel

Anderson Laursen

Evandro Queiroz

A INFLUÊNCIA DO VALOR DE ABSORÇÃO DE ÓLEO DOS PIGMENTOS E DAS CARGAS MINERAIS USADAS NA FABRICAÇÃO DE TINTAS ARQUITETÔNICAS

Almir Pereira da Silva

Graduando em Engenharia Química

Centro Universitário Favip Wyden almirpr897@gmail.com

Laércio da Cunha Beringuel

Bacharel em Química UFPE (Universidade Federal de PE)

Anderson Laursen

Professor Orientador

Evandro Queiroz

Professor Orientador

RESUMO

A formulação de tintas realizada adequadamente gera produtos de qualidade e segurança aos usuários, ainda que se trate de tintas cuja característica é econômica. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é estudar as propriedades dos pigmentos e cargas minerais, além de destacar as características específicas de cada pigmento ou carga que é o valor de absorção de óleo (VAO). Como problema de pesquisa, foi proposto: “A influência do valor de absorção de óleo dos pigmentos e cargas minerais podem trazer prejuízos à formulação de tintas arquitetônicas?” Como hipótese, formulou-se a resposta afirmativa, pois o valor de absorção de óleo dos pigmentos e cargas minerais podem ter um impacto significativo na formulação de tintas arquitetônicas. Assim, como metodologia de estudo, foi tratado o presente trabalho como um pequeno estudo de caso, onde foi estudada a absorção de óleo dos pigmentos e cargas minerais de tintas arquitetônicas, sendo o desenvolvimento baseado nas fontes indexadas: Scielo e Google Acadêmico. Portanto, os resultados aqui evidenciados destacam que. Quanto mais altos forem os valores de absorção de óleo (VAO) dos pigmentos e das cargas minerais usados em determinada formulação de tinta, mais alto também será sua demanda por aglutinante, onde comprova-se que se essa demanda

por aglutinante não for suprida os valores de PVC e CPVC aumentam e os aspectos positivos da formulação se- reduz.

Palavras-chaves: Pigmentos. Cargas Minerais. Absorção de óleo. Tintas arquitetônicas.

1 INTRODUÇÃO

As tintas podem ser definidas como uma composição química, geralmente viscosa, composta de um ou mais pigmentos dispersos em um meio aquoso ou não, em um meio aglomerado líquido que, ao ser aplicadas sobre uma superfície seca, forma um filme opaco e aderente ao substrato. Para a sua formulação é necessário determinar a relação ideal de seus componentes, a fim de se alcançar os parâmetros desejados.

A presente pesquisa abordará uma característica muito relevante dos pigmentos e cargas minerais utilizada em formulações tintas imobiliárias. Dessa forma, é válido ressaltar que muitos dos pequenos fabricantes de tintas arquitetônicas executam suas formulações sem o conhecimento necessário para um correto balanceamento dessas cargas e pigmentos em seus produtos principalmente a linha econômica, que sempre é produzida em maior escala, uma vez que se trata de uma categoria de tintas de alta demanda. Ainda, sabe-se que existem poucos profissionais da área neste mercado, reconhecidos como químicos formuladores de tintas. Fato que abre precedente para muitos dos fabricantes atuarem com imperícia em relação aos princípios básicos de formulação.

Logo surge a necessidade de haver mais formuladores capacitados, a fim de embasar suas formulações adequadamente, tendo como base o empirismo. Além da falta de conhecimento técnico, um outro problema é destacado pelos baixos preços praticados no mercado da referida categoria de tintas, fato que é em parte cometido por fabricantes não associados a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI).

As formulações de tintas podem ser vistas por duas óticas distintas, que, na maioria das vezes se apresentam com análises incompatíveis com a realidade. Uma delas é a de quem visa a máxima qualidade, esse é capaz de trazer satisfação ao consumidor, o perfeito balanceamento e a produção de uma formulação com

excelência, não apresentando problemas ao ser aplicada pelos anos subsequentes ao seu uso.

A segunda perspectiva se dá pelo ensejo do lucro e a competitividade de mercado como únicos objetivos através da produção de seus produtores, causando disputa em busca de atender públicos alvos de menor poder aquisitivo. Assim, aquele que vende seus produtos por menores preços, pode transformar um ciclo vicioso que favorece aquele que apresenta produtos fora dos padrões de qualidade, não atendendo as exigências mínimas estabelecidas por normas técnicas.

É possível e se faz necessário modelar formulações econômicas dentro dos padrões exigidos pela ABRAFAT, realizando os procedimentos corretos de formulações, levando em consideração determinados Cálculos. Ao formular uma tinta, deve-se atentar criteriosamente à classificação da tinta e ao seu tipo de acabamento. Esses resultados são adquiridos através das seguintes variáveis: PVC; CPVC, Λ , NVP e NVV. Para que se encontre essas especificações, deve-se compreender o valor de absorção de óleo de cada carga e/ou pigmento, representado por: VAO.

Diante do que foi exposto, surge a seguinte questão norteadora do presente estudo: A influência do valor de absorção de óleo dos pigmentos e cargas minerais podem trazer prejuízos à formulação de tintas arquitetônicas? Como resposta à indagação, tem-se que, sim, o valor de absorção de óleo dos pigmentos e cargas minerais podem ter um impacto significativo na formulação de tintas arquitetônicas.

A absorção de óleo é uma medida da quantidade de óleo que um pigmento ou carga mineral pode absorver. Pigmentos e cargas com alta absorção de óleo podem levar a problemas na formulação de tintas, como a necessidade de adicionar mais solventes e aglutinantes para atingir a consistência desejada, o que pode levar a problemas de desempenho da tinta, como baixa resistência à abrasão e aderência em relação à superfície. Além disso, um alto valor de absorção de óleo pode levar a uma menor estabilidade da tinta, causando problemas de armazenamento e aplicação, além do fato de elevar o custo da fórmula.

Por outro lado, pigmentos e cargas minerais com baixa absorção de óleo podem ser mais eficientes na formulação de tintas, pois toleram menos aditivos para atingir a consistência desejada, além de oferecerem uma melhor estabilidade da tinta e um melhor desempenho. Portanto, é importante considerar o valor de absorção de óleo dos pigmentos e cargas minerais ao selecionar os materiais para a formulação

de tintas arquitetônicas. É necessário realizar testes de desempenho e avaliação de estabilidade para garantir a qualidade da tinta na l.

Assim, a presente pesquisa justifica-se pela necessidade de haver regulamentação e técnica na formulação de tintas, a fim de garantir boa qualidade na oferta de tais produtos ainda que sejam econômicos. Logo, a importância da qualificação profissional também estabelece mais segurança e confiabilidade àqueles fabricantes que se utilizam de determinados materiais, evitando-se problemas futuros.

Portanto, o objetivo geral traçado neste estudo é estudar as propriedades dos pigmentos e cargas minerais, além de destacar as características específicas de cada pigmento ou carga que é o valor de absorção de óleo (VAO).

2 CLASSIFICAÇÃO DA TINTA E ACABAMENTO

As tintas arquitetônicas por sua vez, de acordo com a ABNT NBR 15079 de 2019, podem ser classificadas como: econômica, standard, premium e super premium, onde dentro dessas classificações pode-se obter os acabamentos fosco, acetinado, semiacetinado, semibrilho e brilhante.

A categoria econômica possui menor resistência aos efeitos do tempo, devendo ser utilizadas em ambientes internos. A sua média de durabilidade é de 2 anos e apresenta uma menor opção de acabamentos. Os cálculos aritméticos abordados para avaliar a classificação e acabamento serão dados por PVC, CPVC e L que são dados qualitativos indicadores de equilíbrio ou não. Tais cálculos poderão demonstrar o VAO médio de sua composição de cargas e pigmentos, medindo também o lme seco, e no caso do CPVC é possível alcançar através dele, o valor máximo de pigmento e carga, em percentual, que aquela composição permite, se o PVC ultrapassar de forma muito elevada o CPVC, isso trará algumas complicações ao consumidor (FAZENDA, 2009).

Nesse sentido, o valor de absorção de óleo (VAO) é determinado pela quantidade de óleo que é suficiente para cobrir as partículas do pigmento e/ou carga mineral e preencher os interstícios entre as partículas. Devem ser medidos em gramas de óleo consumidas por cada grama de carga mineral 100% seca de modo que a quantidade usada seja o suficiente para promover uma trabalhabilidade

adequada onde se consegue molda a pasta formada com o óleo e a carga mineral (CASTRO et al., 2005).

O valor de absorção de óleo (VAO) é uma característica específica de cada pigmento ou carga onde cada um possui o seu devido valor. Pode ser medido de forma prática e rápida, sendo a sua execução fundamental na indústria de tintas. Assim, o óleo usado nessa determinação geralmente é o óleo de linhaça. Na execução do teste de absorção de óleo se determina a quantidade de resina acrílica a ser absorvida por parte das cargas minerais, onde essa quantidade é usada como dados para os cálculos das especificações citadas (CASTRO et al., 2005). Neste sentido a Figura 1 representa uma análise prática de valor absorção de óleo de uma carga mineral.

Figura 1- Teste de absorção de óleo (Carbonato de Cálcio precipitado)



Fonte: O Autor, 2023.

A gura acima demonstra de forma pratica uma análise de absorção de óleo, onde os valores obtidos são comparados com os valores fornecidos nos boletins técnicos enviados por fornecedores.

A sigla PVC (Pigment Volume Concentration) é representante da concentração volumétrica de pigmentos, atuando como parâmetro ao entendimento de algumas características de cada tinta, como o lme formado na superfície quando aplicada. Assim, o PVC é a razão entre o VP sobre a soma dos VP e o VVS, como sugere a Equação 1:

$$PVC = \frac{VP}{VP + VVS} \cdot 100 \quad (Eq1)$$

Onde: VP = Volume dos Pigmentos e cargas

VVS = Volume de Veículo (resina) sólida, seca.

Para as tintas arquitetônicas a base de água o polímero mais comum, usado, mas formulações é a Dispersão aquosa de copolímero acrílico-estireno, conhecida como Emulsão Acrílica Estirenada ou resina acrílica, que é geralmente comercializada com 50% ± de sólidos, com uma margem de erro de 2% pra mais ou pra menos. A resina acrílica após evaporação de sua parte volátil deixa uma massa constante de 1,100 a 1,200g/cm³. A média aritmética utilizada como parâmetro é 1,150g/cm³. Ou seja, para efeito de cálculo, a densidade dos sólidos da emulsão acrílica estirenada a 50% de sólidos 1,150g/cm³ será utilizada (PILZ, 2004).

O CPVC (Critical Pigment Volume Concentration), aborda a Concentração volumétrica crítica dos pigmentos está relacionada diretamente com o VAO (Valor de Absorção de Óleo) por parte dos pigmentos e cargas que compõe a tinta. Na composição das tintas, é fundamental incrementar de forma adequada os pigmentos e cargas que irão compor a mesma, para que se tenha um produto nal que atenda às normas técnicas (PETTER et al., 2005).

Matematicamente o CPVC é a razão entre o volume de pigmentos, VP, sobre a soma do volume dos pigmentos, VP, e o volume da resina acrílica absorvida, VVA, conforme especi ca a Equação 2:

$$CPVC = \frac{VP}{VP + VVA} \cdot 100 \quad (Eq2)$$

Onde: VP = Volume dos pigmentos e cargas que compõe as tintas
VVA = Volume de veículo (resina) absorvido.

Λ é a relação entre o PVC e o CPVC é de nido como Λ ($\Lambda = PVC/CPVC$). Esse parâmetro é importante para definir o tipo de acabamento desejado na tinta, serve para indicar o quanto está próximo o PVC do CPVC. A importância de se conhecer o Lambda, Λ , é essencial, juntamente com os demais indicadores, para se ter conhecimento do produto que está sendo formulado (PILZ, 2004).

A junção desses indicadores dá ao Formulador a certeza das qualidades e defeitos do produto formulado e mesmo antes de execução da formula já se tem uma visão razoavelmente clara de alguns aspectos do produto tais como: classificação, Película, se é Fosca; Acetinada; Semibrilho ou Brilhante. Dessa forma, a Equação 3 define a obtenção do Λ .

$$\Lambda = \frac{PVC}{CPVC} \quad (Eq 3)$$

Assim, a referida fórmula deve ser aplicada em todos os tipos de formulações como por exemplo Tinta decorativa; Primer de manutenção; Fundo anticorrosivo; etc.

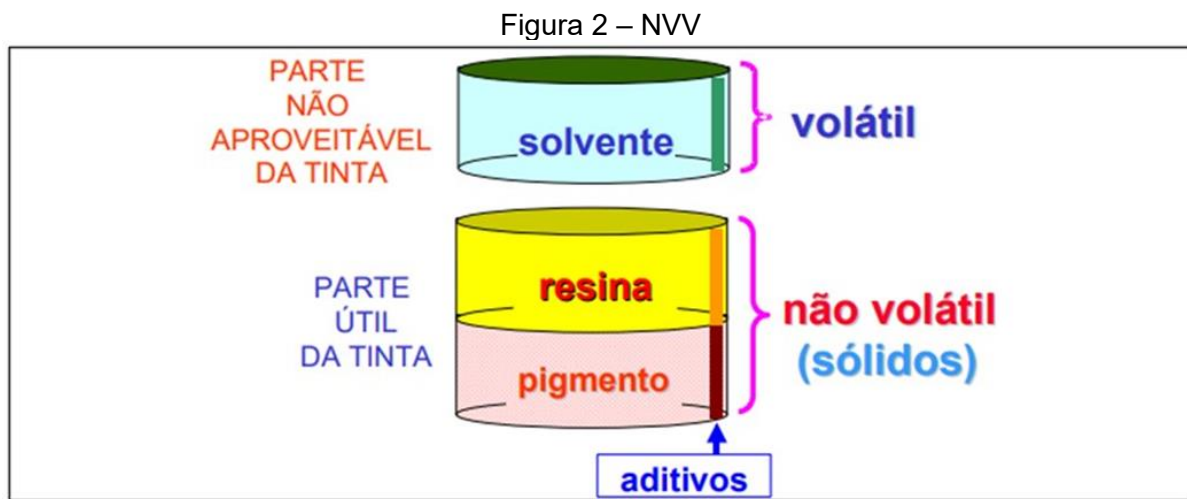
3 NÃO VOLÁTEIS POR PESO E NÃO VOLÁTEIS POR VOLUME

O NVP (não volátil por peso) é a parte não volátil de uma tinta em relação a sua massa total. A grosso modo a tinta é constituída de materiais voláteis e não voláteis. Como materiais voláteis tem-se os solventes, e grande proporção dos aditivos. Os não voláteis são as resinas, os pigmentos e pequena parte dos aditivos. Enquanto a tinta está na embalagem, com a tampa bem fechada, os compostos voláteis cam impedidos de evaporarem. Depois de aberta a embalagem e principalmente depois de aplicada a tinta, os compostos voláteis evaporam e o que

resta na superfície pintada são os sólidos, ou seja, o material não volátil, ou também chamado de material xo. O teor de sólidos pode ser encarado por dois pontos de vista: a quantidade de sólidos que resta na superfície pintada em massa, e em volume.

O NVV (não volátil por volume) é a parte não volátil de uma tinta em relação a seu volume total. De forma análoga ao NVP o NVV trata do volume restante após a evaporação dos solventes e a parte volátil dos aditivos. O NVV é um dos dados principais para a determinação da espessura da película seca em um substrato.

Nesse sentido, a Figura 2 representa o NVV:



Fonte: GNECCO, 2021.

Na Figura acima pode-se observar o desenho esquemático da composição de uma tinta, onde avalia-se o que ca como parte útil da tinta e o que é parte volátil da tinta.

De acordo com Fazenda (2005), os pigmentos são materiais sólidos namente divididos, insolúvel no meio. São utilizados para conferir cor, opacidade, certas características de resistência e outros efeitos. São divididos em pigmentos coloridos (conferem cor), não coloridos, ou seja, branco e anticorrosivos (conferem proteção aos metais).

Como principal pigmento para a produção de tintas é possível citar o dióxido de titânio (TiO_2), devido grande estabilidade química, alta disponibilidade, e também é um importante agente que confere à tinta brilho, cobertura, brancura, durabilidade e opacidade. Geralmente emprega-se de 5 a 20% do TiO_2 nas tintas, conferindo diferentes características e qualidades (DRESSLER et al., 2016).

As cargas minerais, conhecidas como extensores de pigmentos principalmente do dióxido de titânio o TiO_2 , são minerais brancos inorgânicos, obtidos aparte de moagem de rochas como também por precipitação química que em seguida após o processamento são re-nadas e separadas através de sua granulometria. São usadas para controlar brilho, textura, cobertura, viscosidade entre outros aspectos (PAULO RICARDO, 2006).

Existe diversos tipos de cargas minerais e a maioria podem ser usadas com finalidade distintas. Os formatos das partículas, grandes partes delas são esféricas, aciculares, laminares ou cubicas onde isso influencia no

empacotamento do pigmento, exibibilidade do lme, resticulação do lme entre outras propriedades. Já o tamanho das partículas, assim como sua distribuição granulométrica influenciam diretamente nas características das tintas como poder de cobertura, porosidade do lme, demanda de resina e surfactante e brilho. Para o presente trabalho trataremos apenas das seguintes cargas minerais Caulim, Carbonato de cálcio, Agalmatolito, Carbonato de cálcio precipitado onde para cada um deles existe o seu devido VAO (PAULO RICARDO, 2006). Dessa forma, a Tabela 1 apresenta valores respectivos ao mínimo e máximo de pigmentos e cargas, aspectos, peso e valor de absorção de óleo em tintas.

Tabela 1 – Valores Específicos às Tintas

Pigmento/Carga	Aspecto	Peso Específico	VAO – Valor de Absorção de Óleo
Dióxido de Titânio Rutilo	Pó branco	3,940 – 4,260	16 – 35
Carbonato de Cálcio ppt	Pó branco	2,690 – 2,710	45 – 106
Caulim # 325/400	Pó branco/amarelado	2,620 – 2,680	30 – 60
Dolomita # 550/800	Pó branco	2,690 – 2,710	20 – 26
Dolomita # 275/350	Pó branco	2,690 – 2,710	16 – 22

Fonte: O Autor, 2023.

Os dados mencionados acima foram retirados de boletins técnicos, presentes na vida profissional e diária do autor.

4 A INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DAS CARGAS MINERAIS NO VAO

A granulometria é determinada para obtenção do mineral adequando, pois, a mesma influência nas seguintes características de uma tinta: opacidade, brilho, reologia (viscosidade), aparência e uniformidade do filme, tempo de dispersão, lavabilidade e cobertura (SEERIG, 2013).

O tamanho das partículas de pigmentos e cargas minerais pode influenciar no valor de absorção de óleo. Em geral, as menores minúsculas tendem a ter uma área superficial maior em relação ao volume, o que pode aumentar o valor de absorção de óleo. Por outro lado, partículas maiores podem ter uma área superficial menor em relação ao volume, o que pode reduzir o valor de absorção de óleo. Além disso, outros fatores, como a forma das partículas, a sua porosidade, a sua composição química e a presença de tratamentos de superfície, também podem afetar o valor de absorção de óleo dos pigmentos e cargas minerais. Por isso, é importante considerar todos esses aspectos ao selecionar os pigmentos e cargas minerais para a formulação de tintas e outros revestimentos (ZHANG et al. 2018).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo a norma ASTM284-95, cada pigmento possui uma geometria, densidade e área superficial diferente, a fim de ocorrer a ação da variável absorção de óleo, que influencia diretamente na qualidade da tinta. Portanto tintas com o mesmo teor de sólidos, porém com composições de pigmentos distintas com variação na absorção de óleo, possuirão valores de CPVC muito variados (CASTRO, 2009)

Na categoria de tintas econômicas, as tintas são formuladas com valores de PVC muito acima do CPVC, e seu filme de tintas seco é muito frágil e poroso. O cálculo de PVC depende do volume ocupado por esses pigmentos, e quanto maior o seu volume e menor a sua densidade, maior será a o seu VAO, ou seja, a quantidade de resina que deverá ser utilizada é maior onde passa a afetar diretamente no custo da formulação, visto que esse VAO é diretamente proporcional à quantidade de resina que deve ser utilizada na formulação (FILHO, 2022).

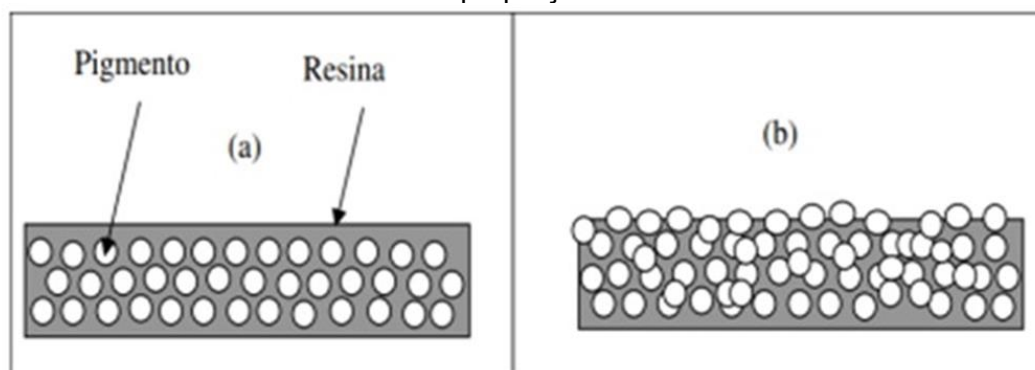
As cargas minerais mais utilizadas nas tintas produzidas pelos pequenos fabricantes no estado de Pernambuco, devido à baixa oferta regional e o custo elevado com transportes de outros tipos de cargas minerais são; Carbonato de Cálcio

Dolomítico (Dolomita), o Silicato de Alumínio (caulim), o Carbonato de Cálcio precipitado (PPT) e como pigmento verdadeiro principalmente para as tintas de cor branca o próprio titânio.

É um fato comum na rotina dos formuladores a exigência por redução de custo nas formulações, principalmente nas indústrias de pequeno porte, onde alguns se deixam levar pelo empirismo e acabam produzindo produtos que fogem dos padrões estabelecido pelas normas técnicas. Uma vez que se tenta formular uma tinta em especial de categoria econômica tem-se que previamente ser calculado o PCV, pois é através desses cálculos que se obtém os conhecimentos fundamentais da tinta a ser formulada, para isso e se faz necessário saber o teor de sólidos da resina utilizada, e as características específicas dos pigmentos escolhidos, que devem ser levadas em conta como a densidade, área superficial e absorção de óleo. Assim, a proporção de polímero x pigmentos no lme seco, deve ser equilibrada, para que a tinta se enquadre no tipo desejado, como também possui baixo custo de produção (WICKS JÚNIOR et al., 2007).

O CPVC é um parâmetro indicativo do mínimo de polímero a ser adicionado para determinada composição de pigmentos, de forma que todas as partículas ali presentes estejam minimamente cobertas pelo polímero. Quando PVC é um valor muito acima do CPVC, tem-se uma quantidade de pigmentos muito maior que a quantidade de aglutinante que irá uni-los, no caso, o polímero. Isso acarreta em uma tinta de baixa resistência à abrasão, que será facilmente lixiviada pela chuva ou até mesmo pelo trânsito de pessoas no local (MÜLLER; POTH, 2011). A Figura 3 mostra a correlação entre pigmentos X resina.

Figura 3- Película seca (a) com boa proporção entre pigmento e ligantes (b) com uma má proporção



Fonte: FILHO, 2022

A Figura acima ilustra o comportamento de um lme de tinta seco entre pigmentos e resina. Onde, isso é chamado PVC, que é a razão entre o volume de pigmentos e/ou carga mineral pela soma do volume de pigmentos e polímeros (MULLER; POTH, 2017).

Grande parte das tintas comercializadas nas categorias standart e econômicas, e de acabamento fosco independentemente do nível do fabricante, possui o valor de PVC superior ao CPVC, desde então quando o PVC ultrapassa o CPVC a formulação começa a sair fora dos parâmetros de adequação daí, passa a se exigir uma certa habilidade do formulador.

Esse aumento do PVC se dá pela tentativa de reduzir o custo do produto, onde se tenta substituir o dióxido de titânio por cargas minerais que são drasticamente muito mais baratas comparadas com o titânio, que um pigmento verdadeiro. Essas cargas minerais que também são chamadas de extensores de titânio, consequentemente devido seu baixo poder de cobertura exigem que sejam adicionadas na formulação em grande quantidade, e boa parte delas em muitos casos só dão algum resultado de cobertura devido ao preenchimento que a mesma causa no lme seco (MÜLLER; POTH, 2011).

Dentre as cargas minerais citadas neste trabalho se encontra o carbonato de cálcio precipitado (PPT), onde quando se tratar de alvura e de poder de cobertura o (PPT) é considerado o melhor em relação as outras cargas citadas, porem quando é adicionado em grande quantidade na formulação, devido ou seu alto valor de absorção de óleo eleva consideravelmente a distância entre PVC e o CPVC, onde passa a exigir uma demanda maior por aglutinante. Dessa forma e necessário adequar criteriosamente o balanceamento entre as cargas pois do contrário a formulação apresentará alguns defeitos (CIULLO, 1996).

A quantidade de aglutinante deve ser o suficiente para agregar as partículas de pigmento e cargas entre si pois pelo contrário o lme seco, cará com pigmentos aglomerados e expostos, devido à alta porosidade que esse lme apresentará, proporcionando inltração de água e oxigênio, possível formação de mofo e oxidação acelerada do polímero e demais problemas já citados, sendo essa formulação, mais adequada para tintas internas, que não sofrem tanta ação de intemperismos (MULLER, POTH, 2011; FAZENDA, 2009; CIULLO, 1996). Nesse sentido, observa-se a Tabela 2:

Tabela 2 – Formula de tinta acrílica de classificação econômica com o VAO razoavelmente aceitável para categoria.

A	B	C	D	E	F	G
produto	% MASSA	DENSIDADE	VOLUME	VAO (%)	% RESINA Á ABSORVER	VOLUME RESINA Á ABSORVER
água	49,15					
Bactericida	0,2					
antiespumante	0,25					
espessante acrílico	1,1					
alcalinizante	0,25					
umectante	0,3					
dispersante	0,3					
êmução de parafina	0,4					
águarraz	0,85					
dióxido de titânio	5	4,1	1,219	25,5	1,275	1,109
caulim # 325	5,8	2,65	2,189	45	2,610	2,270
carbonato de cálcio precipitado # 325	6	2,7	2,222	75,5	4,530	3,940
carbonato de cálcio (dolomítico) # 325	18,2	2,7	6,740	19	3,458	3,007
coalescente	0,5					
resina acríl. 50% sólidos	6,5 2	1,15	2,826 VVS			
fungicida	0,2					
total →	38,25		12,370 VP		11,873	10,326 VVA

Fonte: O Autor, 2023.

Na Tabela acima foi levado em consideração para os cálculos, apenas a resina os pigmentos e as cargas minerais, tendo em vista que o teor de sólidos dos solventes e aditivos somam menos de 2%. Assim, serão expostos a seguir alguns conceitos básicos para formulação de tintas, como o fato de haver o cálculo do CPVC ou PVC, onde deve-se usar o somatório total de pigmentos das cargas minerais para se ter o volume. Esse volume é obtido por meio da Equação 4 a seguir:

$$V = \frac{m}{d} \quad (\text{Eq 4})$$

Onde: m = massa do pigmento d = densidade do pigmento Dessa forma os dados da coluna D foram obtidos através da divisão da coluna B pela coluna C, como evidência os cálculos seguintes, a partir da Equação 5:

$$\text{PVC} = \frac{\text{VP}}{\text{VP} + \text{VVS}} \cdot 100 \quad (\text{Eq 5})$$

$$\text{PVC} = \frac{12,370}{12,370 + 2,862} \cdot 100 = 81,210$$

$$\text{CPVC} = \frac{\text{VP}}{\text{VP} + \text{VVA}} \cdot 100 \quad (\text{Eq 6})$$

$$\text{CPVC} = \frac{12,370}{12,370 + 10,326} \cdot 100 = 54,503$$

$$\Lambda = \frac{\text{PVC}}{\text{CPVC}} \quad (\text{Eq 7})$$

$$\Lambda = \frac{81,210}{54,503} = 1,490$$

Os dados acima citados são referentes à Tabela 2, onde se demonstra uma formulação típica de categoria econômica, percebe-se nos cálculos acima, que o valor do PVC está bem acima do CPVC, e como já foi mencionado antes quando o PVC ultrapassa o CPVC a tinta passa a demonstra alguns problemas, porem como se trata de uma formulação adequada para áreas internas, torna-se razoavelmente aceitável.

Diante dos dados mencionados acima, foi construída, a Tabela 3, que evidencia em seu conteúdo uma fórmula com o mesmo somatório de pigmentos e cargas, onde serão alteradas as porcentagens entre si e a granulometria das cargas.

Tabela 3 – Formula de uma tinta acrílica de categoria econômica com o VAO razoavelmente alto.

A	B	C	D	E	F	G
PRODUTO	% MASSA	DENSIDADE	VOLUME	VAO (%)	% RESINA Á ABSORVER	<u>VOLUME RESINA Á ABSORVER</u>
ÁGUA	49,15					
BACTERICIDA	0,2					
ANTIESCUMANTE	0,25					
ESPESSANTE ACRILICO	1,1					
ALCALINIZANTE	0,25					
UMECTANTE	0,3					
DISPESSANTE	0,3					
ENUÇÃO DE PARAFINA	0,4					
ÁGUARRAZ	0,85					
DIOXIDO DE TITÂNIO	2,1	4,1	0,512	25,5	0,535	0,465
CAULIN # 400	10,9	2,65	4,113	45	4,905	4,265
CARBUNATO DE CAUCIO PRECIPITADO # 325	13,8	2,7	5,111	75,5	10,419	9,060
CARBONADT DE CAUCIO (DOLOMITICO) # 800	8,2	2,7	3,037	23	1,886	1,640
COALECENTE	0,5					
REZINA ACRI. 50% SOLIDOS	6,5	1,15	2,826 VVS			
FUNGISIDA	0,2					
TOTAL →	38,25 SOLIDOS TOTAIS		12,773 VP		16,925	15,430 VVA

Fonte: O Autor, 2023

Os cálculos abaixo referem-se às informações da mencionada Tabela 3, seguindo da Equação 8 e seguintes.

$$PVC = \frac{VP}{VP + VVS} \cdot 100 \quad (\text{Eq 8})$$

$$PVC = \frac{12,773}{12,773 + 2,862} \cdot 100 = 81,895$$

$$CPVC = \frac{VP}{VP + VVA} \cdot 100 \quad (\text{Eq 9})$$

$$CPVC = \frac{12,773}{12,773 + 15,430} \cdot 100 = 45,289$$

$$\Lambda = \frac{PVC}{CPVC} \quad (\text{Eq 10})$$

$$\Lambda = \frac{81,895}{45,289} = 1,808$$

Os dados acima citados se referem a Tabela 3, onde evidencia a diferença nos valores de PVC, CPVC e Λ comparados com os resultados da tabela 2, onde foi mantido o mesmo valor do somatório das cargas e pigmentos, e mesma quantidade de resina, e substituído parte das cargas e pigmentos de valores de absorção de óleo (VAO) mais baixo pelas cargas de valores de absorção de óleo (VAO) mais alto, e como consequência se elevou ainda mais o valor do PVC com relação ao CPVC.

Como já mencionado nesse trabalho quando o valor do PVC ultrapassa o CPVC a formulação tende cada vez mais para uma tinta de baixa qualidade, é quando passa a exigir do formulador conhecimento técnico e compromisso profissional com os consumidores.

Diante do que foi exposto, a Tabela 4 apresenta a relação entre Λ e os tipos de acabamentos conhecidos neste trabalho:

Tabela 4 – Relação entre Λ e tipo de acabamento

Λ	TIPOS DE ACABAMENTO
< 0,50	Acabamentos brilhantes
0,50 a 0,80	Acabamentos acetinados
>0,80	Acabamento fosco
0,80 a 1,00	Primers
>1,00	Massas
> 1,00	Tintas econômicas

Fonte: FAZENDA, 2009.

Tabela 5 – Valores Específicos de PVC (%) e de Λ em formulações distintas

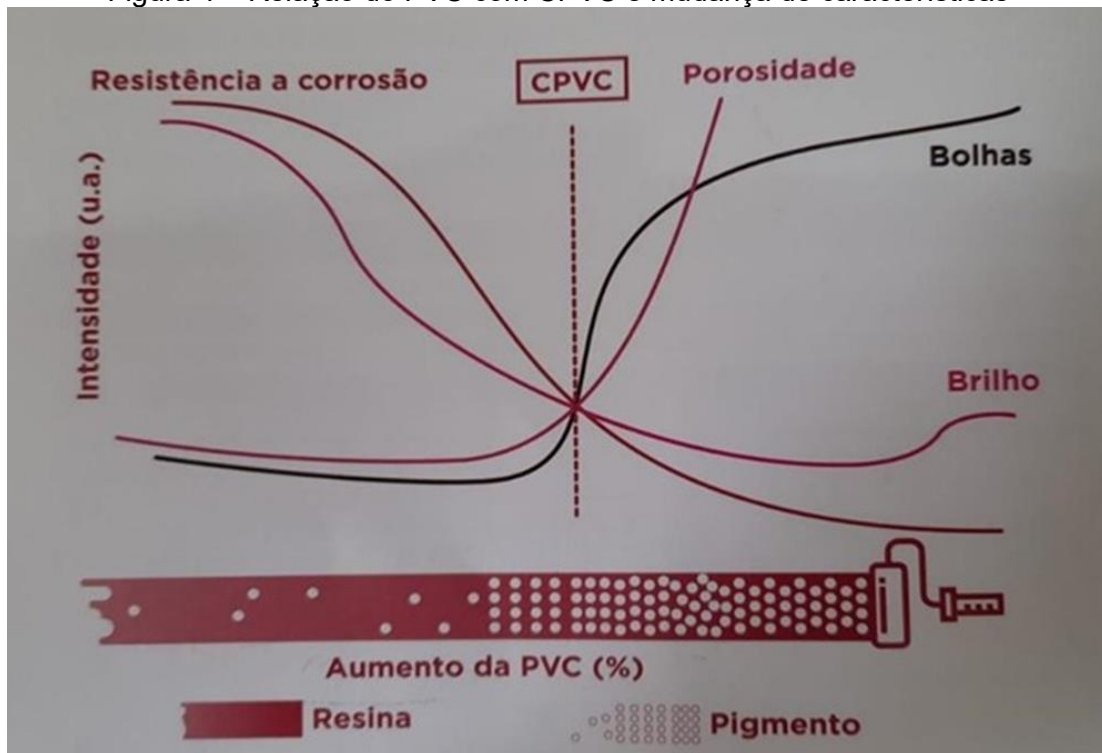
Revestimento	PVC (%)	Valores de Λ	Aspecto (película)
Industriais/Imobiliários	< 20	0,20 a 0,30	Brilhante
Imobiliários	30 a 35	0,35 a 0,55	Semibrilho
	35 a 45	0,65 a 0,90	Acetinado
	45 a 80	1,00 a 1,40	Fosco
Acabamentos Estruturais	38 a 42	0,60 a 0,85	Resistência ao empolamento atrito e risco
Prime de Manutenção	40 a 50	0,75 a 0,95	Resistência a corrosão e ao empolamento
Prime Surface	45 a 55	1,05 a 1,10	Boa ancoragem
Madeira	35 a 42	0,60 a 0,70	Boa penetração no substrato

Fonte: O Autor, 2023.

Os dados mencionados acima foram retirados de formulações e de análises técnicos presentes na vida profissional e diária do autor.

Por fim, a Figura 4 refere-se a relação do PVC com CPVC, além de destacar a mudança das características visuais como brilho e o surgimento de bolhas:

Figura 4 – Relação do PVC com CPVC e mudança de características



Fonte: PAROLIN et al., 2017

Ao avaliar a Figura acima pode-se identificar teoricamente o que acontece quando o CPVC ou PVC crítico está com o valor elevado. Quanto mais o PVC se afasta pela direita do eixo é possível encontrar as formulações das tintas econômicas. Logo, concluiu-se que as tintas, ditas, econômicas, têm suas melhores performance, quando aplicadas em áreas internas, assim como foram propostas. Como já foi citado anteriormente o PVC crítico ou CPVC é a concentração máximo-crítica em volume de pigmento e/ou cargas minerais que a resina pode agregar, preenchendo todos os interstícios, ou seja, sem haver a descontinuidade do lme. Com os valores elevados o revestimento desenvolve poros e a resina apenas assegura a ligação entre alguns pigmentos e cargas.

É notório que muitas propriedades variam drasticamente quando o CPVC é excedido; no gráfico ilustra o aumento da porosidade do lme, onde o lme torna-se mais quebradiço e consideravelmente aumenta o gizamento outro fator é o surgimento de bolhas, onde se dá na redução na quantidade de ligante que está entrelaçando as partículas de pigmento e cargas; No caso de tintas formuladas abaixo do CPVC, verifica-se o surgimento de brilho, onde conseqüentemente a resistência à água é incomparável com uma fórmula de alto CPVC, onde também há resistência e estabilidade aos agentes de degradação climáticos e na dureza e exibibilidade.

Quanto a resistência a corrosão se dá no ponto onde o volume de ligante é suficientemente maior que o volume de pigmento e/ou cargas minerais.

6 METODOLOGIA

Este é um estudo de caso, o qual foi utilizado o método empírico em relação à absorção de óleo dos pigmentos e das cargas minerais usadas na fabricação de tintas arquitetônicas, experimento em que teve como fundamento bibliográfico as bases de dados indexadas: Scielo e Google acadêmico. Também foram utilizados alguns dados coletados durante um longo período de tempo, ao se avaliar os respectivos VAOs, ao receber os carregamentos de pigmento e das cargas minerais e comparados com seus boletins técnicos, emitidos pelos fornecedores de tais produtos, como também dados coletados em laboratório durante acompanhamentos e elaboração de fórmulas de diversos tipos de tintas a base de água em uma indústria de tintas localizada no interior de Pernambuco onde o autor deste trabalho atua no setor.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho abordou-se a importância do conhecimento de algumas características de cada tipo de pigmento e carga mineral usado nas formulações de tintas, principalmente o conhecimento sobre o seu valor de absorção de óleo (VAO) e as vantagens e consequências que essa característica pode trazer as formulações de tintas arquitetônicas principalmente na categoria econômica.

Diante disso pode-se perceber que pigmentos e cargas minerais com valores de absorção de óleo (VAO) consideravelmente altos, exigem uma maior quantidade de aglutinante para o seu perfeito ancoramento na superfície e de suas partículas entre si, também pode-se perceber que o conhecimento técnico do químico formulador é de fundamental importância na indústria de tintas arquitetônicas seja ela de pequeno, médio ou grande porte; ainda percebeu-se que formulações com as mesmas quantidades de cargas e pigmentos porém com proporções distintas trazem resultados diferentes.

O pequeno estudo de caso deu-se a importância de se conhecer as variáveis:

PVC, CPVC e Λ onde são variáveis dependentes do valor de absorção de óleo (VAO), bem como também a importância do NVP e NVV, a granulometria das

partículas dos pigmentos e cargas minerais e as classificações e acabamentos das tintas através dos valores de Λ .

A influência do valor de absorção de óleo (VAO) por parte dos pigmentos e das cargas minerais usadas nas formulações de tintas arquitetônicas, é algo que deve ser observado cuidadosamente, pois é uma grandeza que depende de muitas características nas formulações de tintas de forma especial na categoria econômica.

REFERÊNCIAS

SEERIG, Rafael. Estudo da influência de cargas minerais utilizadas em tintas imobiliárias. 2013. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

CASTRO, Carmen Dias. Estudo da influência das propriedades de diferentes cargas minerais no poder de cobertura de um filme de tinta. 2009. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

BRITO, B. M. A. et al. (2016). Avaliação de argilas bentoníticas policatiónicas do estado da Paraíba com aditivos para aplicação em perfuração de poços de petróleo e tintas à base de água. *Cerâmica*, 62(361), 45-54. Recuperado em 02 de abril de 2023, de <https://doi.org/10.1590/0366-69132016623611978>.

MAZZO FILHO, Elizeu Alves. Análise de variáveis a fim de otimizar a formulação de tintas imobiliárias econômicas em termos de resistência à abrasão e cobertura. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

CONCEIÇÃO, Paulo Ricardo Nunes da. Utilização de análise multivariada de dados na otimização de misturas de minerais industriais para a formulação de tintas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

DASSOLER, Daniel et al. Avaliação de cargas minerais para utilização como extensores de dióxido de titânio em tintas epóxi. *Revista Vincici-Periódico Científico do UniSATC*, v. 4, n. 1, p. 185-211, 2019.

Manual Descomplicado de Tecnologia de Tintas: Um Guia Rápido e Prático para Formulação de Tintas e Emulsões. Editora Blucher, 2017.

Normas de Sólidos por Volume: ABNT NBR 8621, ABNT NBR 11617, ISO 3233-1 e ASTM D 2697 e ASTM D 3272.

Capítulo 3
ADSORÇÃO DE DIPIRONA EM AMOSTRAS
AQUOSAS POR MEIO DE ZEÓLITAS
MODIFICADAS

Lara de Souza Soletti
Diana Aline Gomes
Luís Fernando Cusioli
Quelen Letícia Shimabuku Biadola
Rosângela Bergasmasco

ADSORÇÃO DE DIPIRONA EM AMOSTRAS AQUOSAS POR MEIO DE ZEÓLITAS MODIFICADAS

Lara de Souza Soletti

Mestranda de Pós-Graduação em Engenharia Química – Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, Brasil; Engenheira Química; larasoletti9@gmail.com

Diana Aline Gomes

Doutoranda de Pós-Graduação em Engenharia Química – Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, Brasil; Engenheira Eletricista; diana.aline.gomes@gmail.com

Luís Fernando Cusioli

Professor do Departamento de Engenharia Química – Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, Brasil; Engenheiro Químico; luiscusioli@gmail.com

Quelen Letícia Shimabuku Biadola

Professora do Departamento de Engenharia Química – Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, Brasil; Engenheira Química; le.shimabuku@gmail.com

Rosângela Bergamasco

Professora do Departamento de Engenharia Química – Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, Brasil; Engenheira Química; ro.bergamasco@hotmail.com

RESUMO

Atualmente, o monitoramento de fármacos no meio ambiente vem ganhando destaque por serem encontrados frequentemente em efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e águas superficiais, já que muitas vezes o tratamento convencional não é suficiente para sua remoção total. Tendo em vista tal impacto, o presente estudo buscou avaliar a capacidade de adsorção desse contaminante em zeólitas modificadas. Os tratamentos testados foram: metanol seguido de ácido nítrico (MOMA), ácido fosfórico (MOA) e hidróxido de sódio (MOB). O maior valor de capacidade de adsorção foi obtido com MOB (10,24 mg.g⁻¹), porém a cor liberada

pelo biossorvente resultou em falsas concentrações de dipirona de até 7,46 mg.g⁻¹. O adsorvente MOMA obteve o menor valor de capacidade de adsorção (2,66 mg.g⁻¹) e MOA obteve q_e de 5,65 mg.g⁻¹, sendo a maior vantagem a ausência de interferência da cor, permitindo então quantificar a concentração real de dipirona.

Palavras-chave: Adsorção. Dipirona. Poluentes emergentes.

ABSTRACT

Currently, the monitoring of pharmaceuticals in the environment has gained emphasis as they are frequently found in effluents from wastewater treatment plant (WWTPs) and surface waters, as conventional treatment is often not sufficient for their total removal. In view of this impact, the present study sought to evaluate the adsorption capacity of this contaminant on modified zeolites. The treatments tested were: methanol followed by nitric acid (MOMA), phosphoric acid (MOA) and sodium hydroxide (MOB). The highest adsorption capacity value was obtained with MOB (10.24 mg.g⁻¹), however, the color released by the biosorbent resulted in falsies dipyrone concentrations up to 7.46 mg.g⁻¹. The adsorbent MOMA obtained the lowest value of adsorption capacity (2.66 mg.g⁻¹) and MOA obtained a q_e of 5.65 mg.g⁻¹, being the biggest advantage the absence of color interference, allowing thus, the real concentration of dipyrone to be quantified.

Keywords: Adsorption. Dipyrone. Emerging pollutants.

INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, a ocorrência de micropoluentes no ambiente aquático tornou-se uma questão de preocupação mundial. Micropoluentes, também denominados contaminantes emergentes, consistem em uma vasta quantidade de substâncias de origem antrópica ou natural, incluindo produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais, hormônios esteroides e agrotóxicos (Luo et al., 2014). Atualmente, o monitoramento de fármacos residuais no meio ambiente vem ganhando algum destaque devido ao fato de muitas dessas substâncias serem encontradas em efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e águas superficiais, em concentrações na faixa de µg/L e ng/L (BILA; DEZOTTI, 2003).

Mesmo que as concentrações de resíduos de fármacos em águas superficiais sejam baixas, sua presença e persistência ameaçam a vida aquática e terrestre, e seus efeitos não devem ser ignorados. Ainda, existe uma grande dificuldade de se estimar os efeitos em longo prazo (ASGHAR, et al., 2018; ZUCCATO et al., 2008). Levando em consideração esse fato, muitos estudos têm proposto tratamentos

terciários que efetivamente removam os fármacos de efluentes e águas de abastecimento. Algumas técnicas avaliadas são nanofiltração e osmose reversa (GARCIA-IVARS et al., 2017; KAMRANI et al., 2018; LICONA et al., 2018), fotocatalise (DALRYMPLE et al. 2007), ozonização (HE et al., 2016; WANG; BAI, 2017) e adsorção (ÁLVAREZ-TORRELLAS et al., 2017; NAM et al., 2014).

Dentre os grupos de fármacos, existem os analgésicos, que ainda podem ser classificados em opióides e não opióides. A dipirona (metamizole) é considerada o medicamento não opióide com o maior potencial analgésico. Essa substância combate a dor originada de espasmos de músculos lisos, mas também possui propriedades antipiréticas e alguma atividade antiespasmódica. Devido a essas características, a dipirona é um dos fármacos mais consumidos na Argentina, Brasil, Alemanha, Itália e Espanha (FELDMANN et al., 2008). A dipirona e seus metabólitos são frequentemente encontrados em águas superficiais e efluentes do tratamento biológico de ETES, sendo uma das cargas mais significativas de contaminantes residuais (BUENO et al., 2012). Portanto, muitos métodos de remoção são sugeridos pela literatura, entre eles foto-fenton (PEREZ-ESTRADA et al., 2007), eletro-fenton (BARROS et al., 2014), fotocatalise (CHELLI, GOLDER, 2018) e adsorção (SPRINGER et al., 2016).

A adsorção é considerada uma alternativa para remoção de poluentes orgânicos solúveis e insolúveis da água, e suas principais vantagens são a natureza universal, baixo custo e facilidade de operação. Basicamente, esse processo é a acumulação de uma substância, no caso, poluente, na superfície de adsorvente sólido. Atualmente, há o interesse na transformação de resíduos sólidos orgânicos em bioadsorventes para a remoção de contaminantes da água, buscando o aproveitamento desses materiais (ALI et al., 2012). Zeólitas naturais são formadas a partir da precipitação de fluidos, como em ocorrências hidrotermais, ou pela alteração de vidros vulcânicos (LUZ 1995). Tendo em vista tal constatação, é possível enquadrar as zeólitas modificadas como adsorvente de interesse.

Na literatura, existem poucos estudos de adsorção de dipirona de águas contaminadas, principalmente por bioadsorventes. Nesse contexto, o estudo buscou avaliar a capacidade de adsorção desse contaminante por meio de zeólitas modificadas, um bioadsorvente, após diferentes tratamentos químicos seguidos de tratamento térmico.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental da Universidade Estadual de Maringá – Campus Sede.

Preparo das zeólitas

Primeiramente as zeólitas foram lavadas em água deionizada à aproximadamente 45°C e secas em estufa (SX CR/42) à 105°C por um período de 12h.

Tratamento químico

Nesse estudo foram avaliados três tipos de tratamentos químicos. O primeiro foi baseado na metodologia de Akhtar et al. (2007), o qual foi realizado com a agitação das zeólitas com álcool metílico 0,1M durante 4h, em agitador mecânico. Após tríplice lavagem com água deionizada, as mesmas foram agitadas em agitador magnético sem controle de temperatura em contato com ácido nítrico 0,1M durante 1h. Após esse período, foi realizada a tríplice lavagem novamente. Então, foram secas em estufa por 12h à 105°C. Esse bioissorvente foi denominado MOMA.

Os outros três tratamentos foram realizados adaptando-se a metodologia descrita por Módenes et al. (2016), o qual testou um tratamento básico com hidróxido de sódio, um tratamento ácido com ácido fosfórico, e um tratamento ácido-básico, utilizando os dois reagentes. Para o desenvolvimento do adsorvente denominado MOA, as zeólitas foram agitadas em agitador magnético sem controle de temperatura em contato com ácido fosfórico 1M por um período de 3h, e logo após, lavadas por três vezes com água deionizada e secas em estufa por 12h à 105°C. O mesmo processo foi realizado com hidróxido de sódio 1M, gerando o bioissorvente MOB. Já adsorvente denominado MOAB foi desenvolvido a partir do tratamento feito com MOA seguido do tratamento realizado com MOB.

Tratamento térmico

O tratamento térmico foi realizado em forno mufla (Forno Jung 10.012) a 300°C durante 1h, visando o aumento da área superficial das zeólitas tratadas quimicamente (AKHTAR, 2007). Os adsorventes foram colocados em um dessecador e separados por tamanho de partícula por peneiramento. O tamanho selecionado para os experimentos foi o de 500 µm, devido a seu maior rendimento. Após o peneiramento, o adsorvente foi lavado por meio de agitação com 600 mL de água deionizada e filtrado por 6 vezes. Então, foi seco em estufa à 105°C por 12h.

Ensaio de adsorção

Os ensaios de adsorção foram realizados em mesa agitadora (Tecnal TE-4200), com a velocidade de agitação de 120 rpm e à 25°C. Foi utilizada solução de dipirona a 10mg L⁻¹ e avaliada 4 massas de adsorvente (0,02 g, 0,05 g, 0,1 g e 0,2 g) para o cálculo da capacidade de adsorção (Equação 01) e porcentagem de remoção (Equação 02). O tempo de contato foi fixado em 24h e não foram feitas variações de pH, utilizando o natural da solução (6,2). Todos os ensaios foram realizados em duplicata.

$$q_e = \frac{(C_0 - C_f) \cdot V}{m} \quad (01)$$

$$PR = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100 \quad (02)$$

Onde q_e é a capacidade de adsorção (mg.g⁻¹), PR é a porcentagem de remoção (%), C_0 e C_f são as concentrações inicial e final, respectivamente (mg.L⁻¹), V é o volume de solução (L), m é a massa de adsorvente (g).

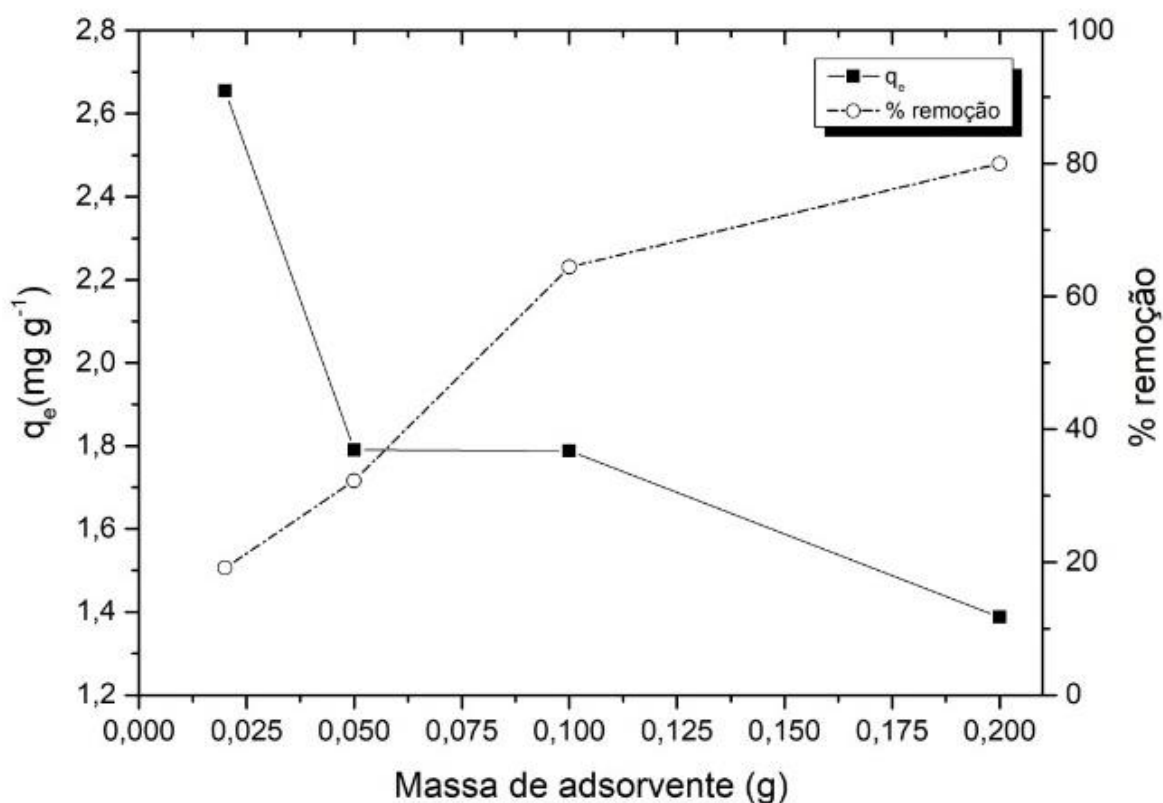
Após o período de 24h, as amostras foram filtradas em membranas de acetato de celulose de 45 µm. As leituras da concentração de dipirona foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Springer et al. (2016). Para tal, uma curva de calibração foi construída em espectrofotômetro (Hach DR 5000) no comprimento de onda de 258 nm, por meio de diluições 1:2 em ácido clorídrico 0,1M.

Com intuito de identificar e amenizar o efeito da cor do adsorvente nas leituras da concentração de dipirona, foi deixado em agitação 25 mL de água deionizada com as mesmas massas de adsorvente avaliadas no estudo anterior. Após o período de 24h, foram realizadas leituras das amostras utilizando a curva de dipirona para posterior desconto nos valores das concentrações das amostras anteriores.

ANÁLISE DE DADOS

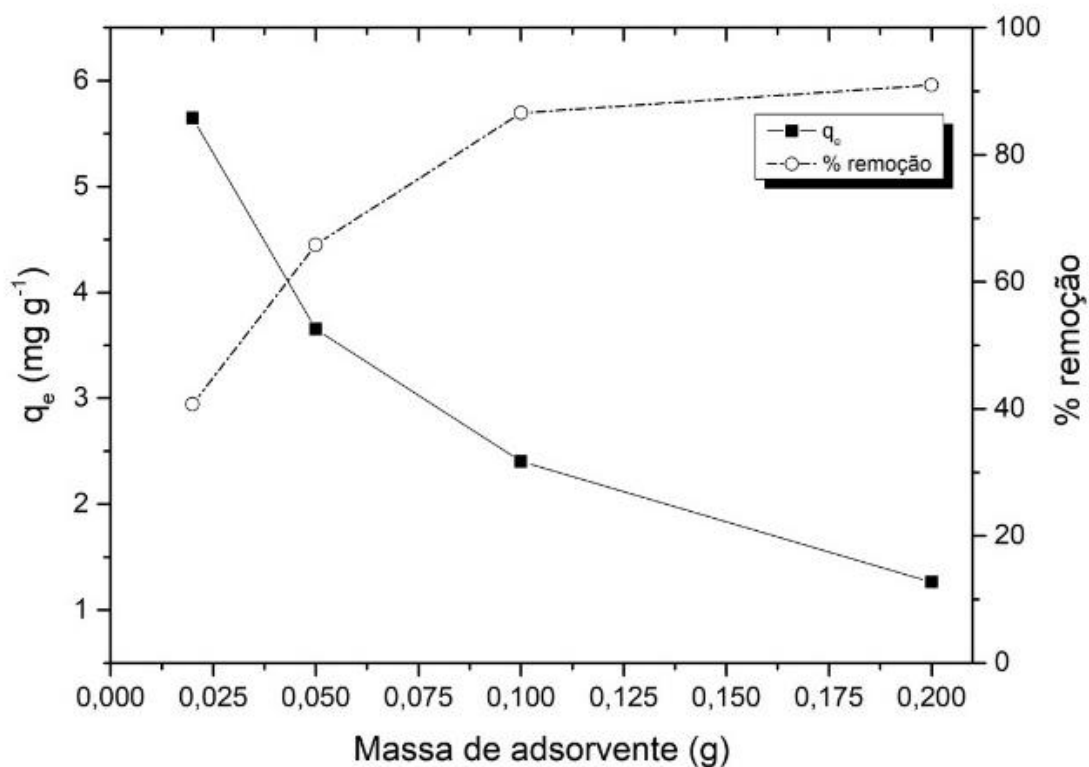
Os dados de capacidade de adsorção e porcentagem de remoção de dipirona das amostras aquosas estão ilustrados nas Figuras 1, 2 e 3, relativas à MOMA, MOA e MOB, respectivamente.

Figura 1: Efeito da massa de MOMA na capacidade de adsorção e porcentagem de remoção de dipirona.



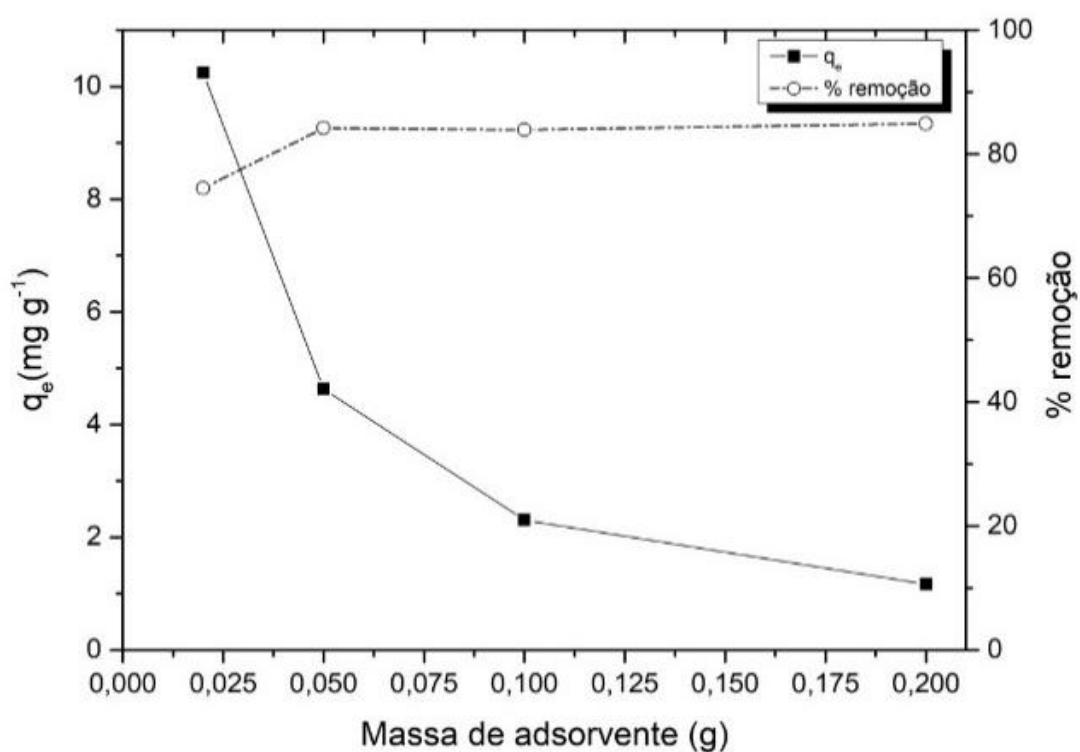
Fonte: Autora.

Figura 2: Efeito da massa de MOA na capacidade de adsorção e porcentagem de remoção de dipirona.



Fonte: Autora.

Figura 3: Efeito da massa de MOB na capacidade de adsorção e porcentagem de remoção de dipirona



Fonte: Autora.

De maneira geral, nota-se que à medida que a massa do bioissorvente aumentou, os valores de capacidade de adsorção (q_e) diminuíram, ao passo que a porcentagem de remoção aumentou. Esse fato pode ser explicado pela maior disponibilidade de locais de ligação para adsorção conforme há o aumento de massa. Entretanto, esse incremento não favorece a capacidade de adsorção, uma vez que não há a saturação dos sítios de adsorção ainda disponíveis (FONTECHA-CÁMARA et al., 2008).

Pode-se observar que o adsorvente tratado com metanol e ácido nítrico (MOMA) obteve q_e de 1,38 a 2,66 mg.g⁻¹ e a remoção entre 19,13 e 80,00%. O tratamento térmico com ácido fosfórico (MOA) resultou em adsorventes com capacidade de adsorção de 1,26 a 5,65 mg g⁻¹ e remoção de 40,72 a 90,99%. Por fim, o tratamento químico com base (MOB) resultou em q_e variando de 1,16 a 10,24 mg g⁻¹ e remoção entre 74,5 e 84,9%.

Vale ressaltar que a cor de MOMA resultou em concentrações falsas de dipirona entre 0,224 a 2,05 mg.L⁻¹ conforme o aumento da massa. Essas foram descontadas dos resultados de concentração final das amostras dos ensaios de adsorção. De maneira semelhante, o efeito da cor de MOB resultou em concentrações de 0,716 a 7,16 mg L⁻¹. Já MOA não resultou em nenhum efeito de cor, sendo a concentração final, a real de dipirona.

Os tratamentos ácidos/básicos são utilizados em biomassas para aprimorar sua capacidade de adsorção dos contaminantes e alterar o comportamento elétrico da superfície. Espera-se que o ataque químico seja capaz de destruir ligações entre grupos funcionais e a superfície adsorvente. Este fenômeno pode resultar em um aumento do tamanho do poro, bem como interações com outros grupos funcionais do contaminante (MÓDENES et al., 2016).

Stavropoulos et al., (2008) comprovou que o ácido nítrico resultou na degradação dos microporos devido à sua natureza erosiva e na consequente redução da área superficial. Ainda, Wibowo et al., (2007) explicou a redução da área superficial pela adição de elevado número de grupos funcionais acídicos à superfície. Tais fatos podem justificar a menor capacidade de adsorção obtida com a utilização de MOMA e cor resultante nas amostras.

Apesar do maior q_e encontrado, as zeólitas tratadas com hidróxido de sódio causaram a maior interferência de cor. Mesmo com o desconto relativo a essa

interferência, não é possível afirmar a verdadeira concentração de dipirona, visto que o valor de cor nas amostras não é constante, causando instabilidade operacional. Elangovan et al. (2008) observaram uma redução da capacidade de adsorção do biossorvente construído a partir da biomassa de ervas daninhas tratadas com Hidróxido de sódio. Os autores justificaram tal fato pela adição de sais de sódio na superfície dos poros e pela mudança das características físicas do material, o que também prejudicou a estabilidade operacional. Os autores observaram um inchaço da biomassa, que pode ser devido à quebra da cadeia polimérica.

O ácido fosfórico é um dos reagentes mais utilizados para o tratamento químico e é considerado mais ambientalmente correto do que outros reagentes corrosivos e perigosos (RAJAPAKSHA et al., 2016). Benaddi et al. (1998) explicou que o ácido fosfórico promove a despolimerização da celulose, desidratação de biopolímeros, formação de anéis aromáticos e eliminação de grupos fosfato, permitindo o aumento da área superficial do biossorvente. Em relação ao presente trabalho, o tratamento com ácido fosfórico (MOA) obteve maior q_e em relação à MOMA, retirando grupos funcionais das zeólitas sem a degradação excessiva do material, o que pode ser inferido devido à ausência de cor nas amostras aquosas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração os resultados, pôde-se comprovar o potencial das zeólitas modificadas na adsorção de dipirona. O tratamento químico pode melhorar capacidade de adsorção do material, aumentando a área superficial dos poros e alterando a carga, o que pode ser fundamental para a interação do contaminante com a superfície. Porém as modificações químicas podem degradar excessivamente o material e causar instabilidade operacional, por exemplo, devido à liberação de cor. O tratamento com metanol e ácido nítrico obteve o menor valor de capacidade de adsorção (máxima de $2,66 \text{ mg.g}^{-1}$). O tratamento com hidróxido de sódio resultou no maior valor ($10,24 \text{ mg.g}^{-1}$), porém obteve a maior interferência de cor, chegando a $7,16 \text{ mg.L}^{-1}$ de falsa concentração de dipirona. Já o tratamento com ácido fosfórico atingiu capacidade de adsorção de $5,65 \text{ mg.g}^{-1}$ e não resultou na liberação de cor nas amostras, podendo ser quantificada a real concentração de dipirona.

A utilização de outros métodos de quantificação, como por exemplo, cromatografia líquida de alta eficiência, evitaria falsas leituras na concentração do

fármaco. Porém, deve-se avaliar se o adsorvente está sendo excessivamente degradado, através da caracterização do mesmo, utilizando-se, por exemplo, da microscopia eletrônica de varredura. Sugere-se para trabalhos futuros, portanto, estudos de caracterização, além de estudos de cinéticos e de equilíbrio para a determinação dos mecanismos e interações entre adsorbato e adsorvente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CNPQ e à CAPES pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa, e ao LGCPA (Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental da Universidade Estadual de Maringá – Campus Sede) onde todo os ensaios foram realizados.

REFERÊNCIAS

- AKHTAR, M.; HASANY, S. M.; BHANGER, M. I.; IQBAL, S. Sorption potential of Moringa oleifera pods for the removal of organic pollutants from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials*, v. 141, n. 3, pp. 546-556, 2007.
- ALI, I., ASIM, M.; KHAN, T. A. (2012). Low cost adsorbents for the removal of pollutants from wastewater. *Journal of Environmental Management*, v. 113, p. 170-183, 2012.
- ÁLVAREZ-TORRELLAS, S., PERES, J. A., GIL-ÁLVAREZ, V., OVEJERO, G., & GARCÍA, J. Effective adsorption of non-biodegradable pharmaceuticals from hospital wastewater with different carbon materials. *Chemical Engineering Journal*, v. 320, p. 319–329, 2017.
- ASGHAR, M. A.; ZHU, Q.; SUN, S.; PENG, Y.; SHUAI, Q. Suspect screening and target quantification of human pharmaceutical residues in the surface water of Wuhan, China, using UHPLC-Q-Orbitrap HRMS. *Science of the Total Environment*, v. 635, p. 828–837, 2018.
- BARROS, W. R., BORGES, M. P., REIS, R. M., ROCHA, R. S., BERTAZZOLI, R., LANZA, M. R. Degradation of dipyrone by the electro-Fenton process in an electrochemical flow reactor with a modified gas diffusion electrode. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 25, n. 9, p. 1673-1680, 2014.
- BENADDI, H, D. LEGRAS, J.N. ROUZAUD, F. BÉGUIN. Influence of the atmosphere in the chemical activation of wood by phosphoric acid. *Carbon*, v. 36, n.3, pp. 306–309, 1998.

BILA, D. M., DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. *Química Nova*, v. 26, n. 4, p. 523-530, 2003.

BUENO, M. M., GOMEZ, M. J., HERRERA, S. Occurrence and persistence of organic emerging contaminants and priority pollutants in five sewage treatment plants of Spain: two years pilot survey monitoring. *Environmental Pollution*, n. 164, p. 267-273, 2012.

CHELLI, V. R.; GOLDBER, A. Ag-doping on ZnO support mediated by bio-analytes rich in ascorbic acid for photocatalytic degradation of dipyrone drug. *Chemosphere*, v. 208, pp. 149-158, 2018.

DALRYMPLE, O. K., YEH, D. H., & TROTZ, M. A. Removing pharmaceuticals and endocrine-disrupting compounds from wastewater by photocatalysis. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 2017.

ELANGO VAN, R., PHILIP, L., CHANDRARAJ, K. Biosorption of chromium species by aquatic weeds: kinetics and mechanism studies. *Journal of Hazardous materials*, v. 152, n. 1, pp. 100-112, 2008.

FELDMANN, D. F., ZUEHLKE, S., HEBERER, T. Occurrence, fate and assessment of polar metamizole (dipyrone) residues in hospital and municipal wastewater. *Chemosphere*, v. 71, n. 9, p. 1754-1764, 2008.

FONTECHA-CÁMARA, M. A. et al. Kinetics of diuron and amitrole adsorption from aqueous solution on activated carbons. *Journal of Hazardous Materials*, v. 156, n. 1–3, pp. 472–477, 2008.

GARCIA-IVARS, J., MARTELLA, L., MASSELLA, M., CARBONELL-ALCAINA, C., ALCAINA-MIRANDA, M. I., & IBORRA-CLAR, M. I. Nanofiltration as tertiary treatment method for removing trace pharmaceutically active compounds in wastewater from wastewater treatment plants. *Water Research*, 2017.

HE, Y., SUTTON, N. B., RIJNAARTS, H. H. H., & LANGENHOFF, A. A. M. Degradation of pharmaceuticals in wastewater using immobilized TiO₂ photocatalysis under simulated solar irradiation. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2016.

KAMRANI, M., AKBARI, A., & YUNESSNIA LEHI, A. Chitosan-modified acrylic nanofiltration membrane for efficient removal of pharmaceutical compounds. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 6, n. 1, p. 583–587, 2018.

LICONA, K. P. M., GEAQUINTO, L. R. D. O., NICOLINI, J. V., FIGUEIREDO, N. G., CHIAPETTA, S. C., HABERT, A. C., & YOKOYAMA, L. Assessing potential of nanofiltration and reverse osmosis for removal of toxic pharmaceuticals from water. *Journal of Water Process Engineering*, v. 25, p. 195–204, 2018.

LUO, Y., GUO, W., NGO, H. H., NGHIEM, L. D., HAI, F. I., ZHANG, J., ... WANG, X. C. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their

fate and removal during wastewater treatment. *Science of the Total Environment*, v.473–474, p.619–641, 2014.

LUZ, A. B. D. Zeólitas: propriedades e usos industriais: Rio de Janeiro: 1995: CETEM, CNPq, 1995, p. 35, Tecnologia Mineral, 68.

MÓDENES, A. N., de OLIVEIRA, A. P., ESPINOZA-QUIÑONES, F. R., A. D., BORBA, C. E., BERGAMASCO, R. Potential of *Salvinia auriculata* biomass as biosorbent of the Cr (III). *Environmental technology*, v. 38, n. 12, pp. 1474-1488, 2017.

NAM, S. W., CHOI, D. J., KIM, S. K., HER, N., & ZOH, K. D. (2014). Adsorption characteristics of selected hydrophilic and hydrophobic micropollutants in water using activated carbon. *Journal of Hazardous Materials*, v. 270, p. 144–152, 2014.

PÉREZ-ESTRADA, L. A., MALATO, S., AGÜERA, A., FERNÁNDEZ-ALBA, A. R. (2007). Degradation of dipyrone and its main intermediates by solar AOPs. *Catalysis Today*, v. 129 n.1-2, p. 207-214, 2007.

RAJAPAKSHA, A. U., CHEN, S. S., TSANG, D. C., ZHANG, M. Engineered biochar for contaminant removal/immobilization from soil and water: potential and implication of biochar modification. *Chemosphere*, v. 148, pp. 276-291, 2016.

REDDY, D. H. K., SESHIAH, K., REDDY, A. V. R., RAO, M. M. AND WANG, M. C. Biosorption of Pb²⁺ from aqueous solutions by *Moringa oleifera* bark: Equilibrium and kinetic studies. *Journal of Hazardous Materials*, v.174, n.1–3, p. 831-838. 2010.

RESENDE, N. G. A. M; MONTE, M. B. M.; PAIVA, P. R. P. Cap 39 – Zeólitas Naturais. Rochas & Minerais Industriais. Ed. Adão Benvindo da Luz e Fernando Antonio Freitas Lins. 2.Ed. - Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.

SPRINGER, V., PECINI, E., & AVENA, M. Magnetic nickel ferrite nanoparticles for removal of dipyrone from aqueous solutions”. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 4, n. 4, pp. 3882-3890, 2018.

STAVROPOULOS, G. G., SAMARAS, P., SAKELLAROPOULOS, G. P. Effect of activated carbons modification on porosity, surface structure and phenol adsorption. *Journal of Hazardous Materials*, v. 151, n. 2-3, pp. 414-421, 2008.

STUMPF, M., TERNES, T. A., WILKEN, R. D. Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Science of the total environment*, v. 225, n. 1-2, p. 135-141, 1999.

WANG, J., & BAI, Z. Fe-based catalysts for heterogeneous catalytic ozonation of emerging contaminants in water and wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 2017.

WIBOWO, N.; SETYADHI, L.; WIBOWO, D.; SETIAWAN, J.; ISMADJI, S. Adsorption of benzene and toluene from aqueous solutions onto activated carbon and its acid

and heat treated forms: Influence of surface chemistry on adsorption. *Journal of Hazardous Materials*, v. 146, n. 1, pp. 237- 242, 2007.

ZAFAR, M. N. et al. Characterization of chemically modified biosorbents from rice bran for biosorption of Ni (II). *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, v. 46, p. 82-88, 2015.

ZUCCATO, Ettore et al. Illicit drugs, a novel group of environmental contaminants. *Water research*, v. 42, n. 4-5, p. 961-968, 2008.

Capítulo 4
PROSPECÇÃO DE METODOLOGIAS PARA
DETERMINAÇÃO DE TRIHALOMETANOS EM
ÁGUAS

Bianca Rodrigues Santos
Fernanda da Silva Macedo
Miriam Cleide Cavalcante de Amorim

PROSPECÇÃO DE METODOLOGIAS PARA DETERMINAÇÃO DE TRIHALOMETANOS EM ÁGUAS

Bianca Rodrigues Santos

Bolsista PET Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro-BA, Brasil. e-mail:biancarssantos5@gmail.com

Fernanda da Silva Macedo

Bolsista PET Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro-BA, Brasil. e-mail: fs_macedo@outlook.com

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim

Tutora do PET Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro-BA, Brasil. e-mail: miriam.cleide@univasf.edu.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo examinar os artigos científicos que abordam metodologias para determinação de THMs nas bases de dados Web Of Science e Scopus, a fim de entender o cenário das metodologias utilizadas e identificar técnicas acessíveis. Os resultados mostram a instabilidade quanto ao crescimento das publicações nos últimos anos e uma preferência por técnicas preventivas para controle de THMs, tal como o estudo do seu potencial de formação.

Palavras-chave: monitoramento; subprodutos da desinfecção; cancerígeno.

INTRODUÇÃO

As estações de tratamento de água, em vários países, como no Brasil, empregam o cloro como pré-oxidante e desinfetante, devido às atividades bactericidas e virucidas, uma vez que esses microrganismos representam risco sanitário (WHO, 2011). No processo de cloração são formados subprodutos de desinfecção (SPD)

como resultado da reação do cloro residual livre com a matéria orgânica natural dispostas nos mananciais (LATIFOGLU, 2003; MEYER, 1994; WHO, 2000).

Entre os principais subprodutos de desinfecção, encontram-se os trihalometanos (THMs), que são compostos orgânicos clorados constituídos durante a etapa de desinfecção no tratamento de água, sua presença atua como indicador de outros compostos orgânicos na água. Os principais trihalometanos formados em águas são clorofórmio ou triclorometano (CHCl_3), dibromoclorometano (CHClBr_2) e bromofórmio ou tribromometano (CHBr_3). Os SPDs são considerados cancerígenos e estão associados a fatores mutagênicos, por isso, é de suma importância a investigação de sua presença em águas de abastecimento que passaram pela etapa de cloração (BADARÓ et al., 2021).

No território brasileiro, a Portaria MS/GM nº 888/2021 estabelece a frequência mínima trimestral para determinar os teores de THMs em sistemas de abastecimento que captam águas de mananciais superficiais, o valor máximo definido para a concentração de THMs é de 0,1 mg.L⁻¹. Os custos e a quantidade de mão de obra empregados para monitorar os subprodutos de desinfecção, como os trihalometanos, são elevados e, por isso, é necessários métodos mais acessíveis com melhor custo benefício (SAMPAIO, 2010).

A cromatografia gasosa é um procedimento aplicado usualmente para detectar THMs em água, consiste em uma técnica analítica complexa com manuseio de equipamentos dispendiosos no quesito da aquisição e manutenção, além de demandar muito tempo para processar a análise e obter o resultado (SAMPAIO, 2010). Segundo a portaria de potabilidade brasileira, o procedimento experimental adotado para determinação de trihalometanos segue as normas internacionais mais recentes proposto pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, provenientes das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF).

A prospecção científica analisa a literatura acadêmica em diferentes aspectos, tanto no quantitativo, com a enumeração dos artigos publicados para a determinada estratégia de palavras utilizadas, quanto na concepção qualitativa, com a leitura dos trabalhos, possibilitando ao cientista uma compreensão abrangente do assunto e mostrando o cenário das publicações para determinada área: os tópicos frequentemente abordados nos artigos e aqueles que são destoantes do que está

sendo buscado. Além de estabelecer uma relação de proximidade entre o pesquisador e o objeto de estudo (LIU et al., 2019). De acordo com Michel et al. (2005), a pesquisa quantitativa é utilizada para buscar resultados exatos, comprovados por variáveis preestabelecidas. A obtenção e comprovação dos resultados são definidos pelo número de vezes e a exatidão em que o artefato ocorre. Assim, o quantitativo e qualitativo demonstra-se como tendências de pesquisas e cenários de inovação das construções científicas (ELLEGAARD; WALLIN, 2015).

Para estudos nesse formato, bases de dados podem ser utilizadas tais como Scielo, Web Of Science, Scopus, BioOne, Science Direct. A plataforma Web of Science fornece informações interdisciplinares, influentes e originais ao pesquisador e a sociedade em geral, sendo constantemente atualizado (GAO et al., 2018), além disso, constitui-se como um dos bancos de dados mais influentes fornecendo informações de alta qualidade quanto às pesquisas científicas modernas (WU et al., 2018). A Scopus trata-se da maior base de dados de resumos e citações científicas revisada por pares (SEVERO et al., 2016). Segundo Jacso (2005), a Scopus, Web Of Science e o Google Scholar estão entre as maiores bases de dados multidisciplinares.

Diante dessa perspectiva, esse trabalho possui como objetivo examinar os artigos científicos que abordam metodologias para determinação de THMs nas bases de dados Web Of Science e Scopus, a fim de entender o cenário das metodologias utilizadas e identificar técnicas acessíveis com operação simples, de menor custo e rápida obtenção do resultado.

MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos da busca de anterioridade deste estudo, basearam-se na distribuição de etapas. Consistindo a primeira, na escolha das bases de dados sendo selecionadas a Scopus e Web of Science, por representarem as maiores bases de dados multidisciplinares. A coleta de dados foi realizada por meio do Portal de Periódico CAPES.

A segunda etapa compreendeu a escolha das palavras-chaves, envolvendo 13 combinações de vocábulos relacionados ao objeto de estudo, com a finalidade de auxiliar na tomada de decisão para a escolha dos termos. As palavras-chaves foram definidas em inglês ao considerar o âmbito internacional das bases utilizadas. À vista

disso foram selecionadas: “Trihalomethanes”, “Validation”, “Analysis”, “Method”, “Determination” e “Water”; como forma de contribuir na assertividade dos resultados.

Na terceira etapa foram desenvolvidas as combinações lógicas atribuindo operadores booleano, de proximidade e truncagem: “AND”, parênteses “()”, aspas, e asteriscos “*”. Por conseguinte quatro estratégias foram definidas: water AND analysis AND (method*) AND "trihalomethanes", water AND validation AND "trihalomethanes", water AND quantification AND "trihalomethanes" e water AND determination AND "trihalomethanes".

Na quarta etapa foram analisadas na totalidade o cenário das publicações encontradas nas bases de dados configuradas como artigo através da leitura de título, resumo e palavras-chaves, no limite temporal de 2013 a 2022, países e áreas de pesquisas utilizando apenas a primeira estratégia

Na quinta etapa as três últimas estratégias foram analisadas com a aplicação dos seguintes filtros para WOS e Scopus: tipo de documento - Article; subárea de pesquisa - Environmental Science, Engineering, e Water Resources, concatenado a natureza quantitativa dos resultados encontrados nas coletas de dados de acordo com cada área de pesquisa. Na sequência para extrair uma amostra atual das metodologias utilizadas a busca foi limitada em tópicos, com limitação temporal de 2018 a 2022 com os referidos filtros. Seguido da exclusão das publicações destoantes do objeto de estudo, leitura completa das metodologias dos artigos, exclusão dos resultados duplicados e tabulação dos dados analisados utilizando o software Excel®.



Figura 1. Fluxograma da metodologia utilizada para a prospecção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme mostra a Figura 2, os resultados das pesquisas envolvendo trihalometanos em águas apresentou grande destaque no cenário de publicação científica. Foram encontrados no período de 10 anos, 895 artigos na Web Of Science

em contraste com apenas 267 na Scopus, totalizando 1.162 trabalhos. Logo, foi demonstrado que estão sendo desenvolvidas pesquisas que visam determinar THMs.

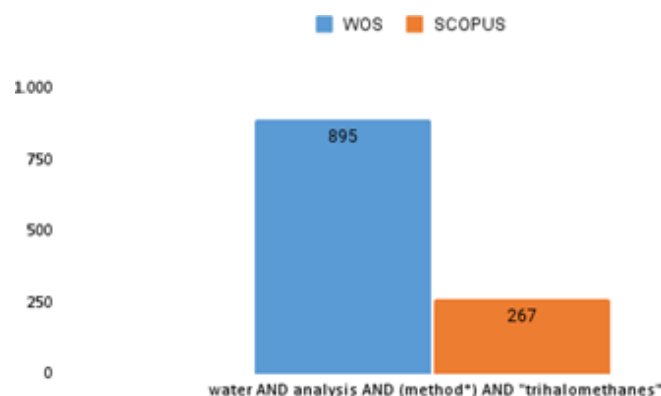


Figura 2. Número de artigos publicados no período de 2013 a 2022 nas bases Web of Science e Scopus.

A Figura 3 expressa a distribuição temporal do número de publicações por ano em cada base de dados, com um comparativo entre os anos. Observou-se um crescimento significativo na quantidade de artigos publicados anualmente comparando 2013 com o ápice em 2019 de 155 artigos publicados. Schafer (2016) também descreve o crescimento do número de publicações nos últimos anos referentes aos trihalometanos. Contudo, o cenário se mantém instável ao longo dos últimos anos, destacando uma regressão para 117 artigos em 2022. De acordo com Schafer (2016), o contexto das publicações científicas na vertente dos trihalometanos têm o maior número de artigos na linha de pesquisa voltada para a remoção dos mesmos, como afirmado também por Santos e Amorim (2022).

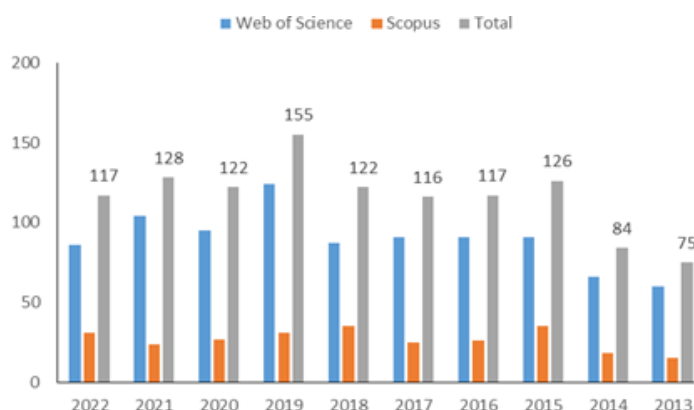


Figura 3. Número de artigos por ano de publicação nas bases Web of Science e Scopus.

As figura 4 e 5 expõem o cenário das publicações por País de origem relacionados aos métodos para determinar THMs; analisando os 10 primeiros países

em cada base de dados. A China e os Estados Unidos da América destacam-se na quantidade de publicações. As duas bases apresentaram discrepância quanto à sequência dos resultados, para a Scopus os EUA com o maior registro apontando 23,8% seguida da China com 20,5%, em contrapartida com a WOS que apresenta a China liderando com 37,4% das publicações e 23,7% para os EUA.

O maior número de artigos publicados na China pode estar associado a incidência de câncer de bexiga atrelada a exposição aos trihalometanos, como descreveu Pan et al. (2014), em um estudo intitulado “Avaliação de risco de câncer em trihalometanos e ácidos haloacéticos em água potável da China usando anos de vida ajustados por incapacidade”, em que são investigadas as concentrações e os riscos de câncer de subprodutos de desinfecção em sete regiões e 35 cidades, visto que, nesse país, 99,5% dos sistemas urbanos de abastecimento de água usam cloro para desinfecção (MENG et al., 2012).

Dessa forma, as pessoas estão mais expostas aos trihalometanos e, assim, em fatores de risco para o câncer. Segundo Craun (1993), os Estados Unidos, desde a descoberta da formação dos trihalometanos na água e os efeitos cancerígenos que causam, têm desenvolvido diversos estudos, sendo considerado como um dos principais centros de pesquisa nessa vertente, o que explica o quantitativo de artigos encontrados.

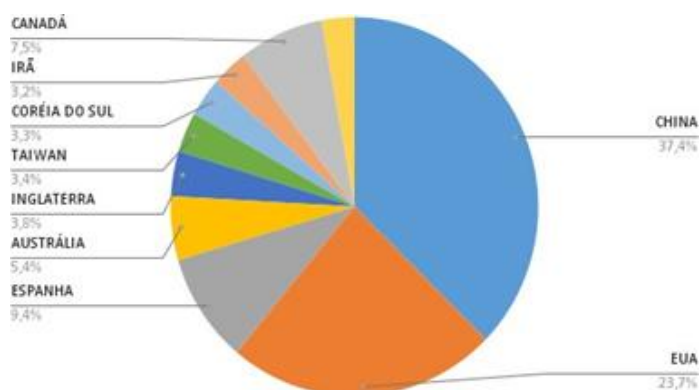


Figura 4. Número de artigos publicados por país na WOS.

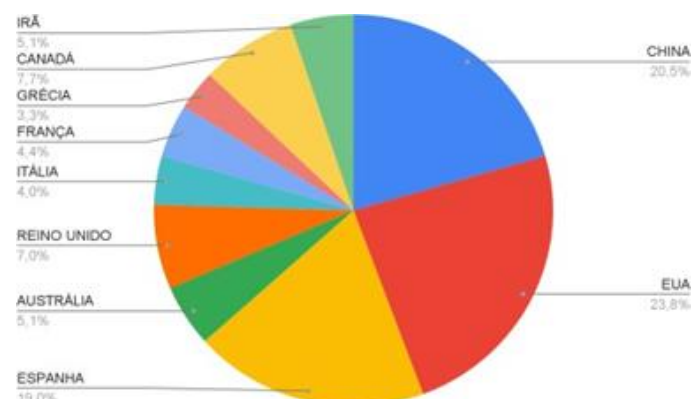


Figura 5. Número de artigos publicados por país na Scopus.

A área de estudo “Environmental Science (Ciências Ambientais)” apresentou o maior número de publicações nas duas bases, conforme mostram as Figuras 6 e 7, resultado semelhante ao observado por Schafer (2016), em que as Ciências Ambientais também foram o campo de pesquisa com mais publicações na busca para o assunto THMs.

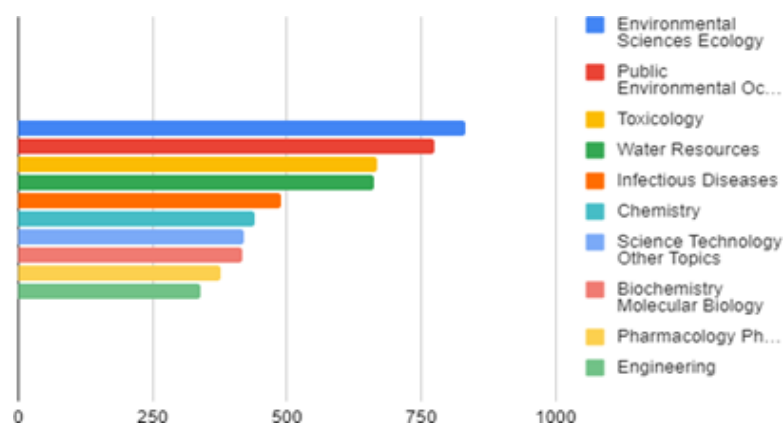


Figura 6. Número de artigos por área de pesquisa na WOS.

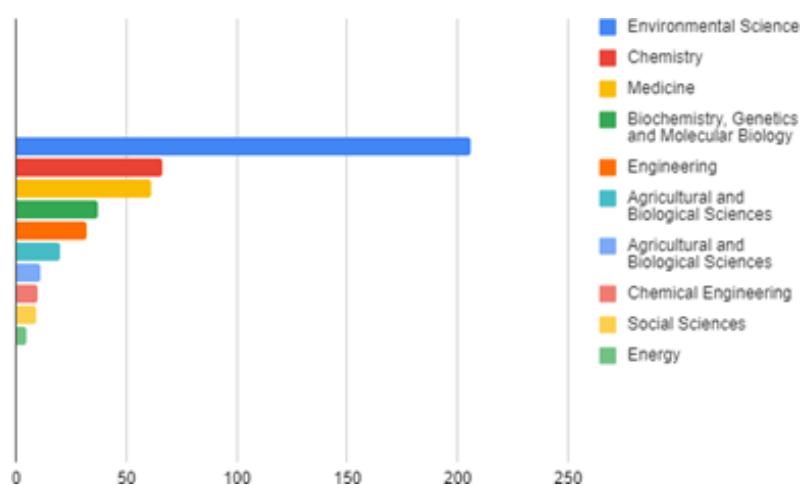


Figura 7. Número de artigos por área de pesquisa na Scopus.

Tabela 1. Resultados após a aplicação dos filtros

Estratégias de busca	WOS	SCOPUS	Total
water AND validation AND "trihalomethanes"	20	14	34
water AND quantification AND "trihalomethanes"	33	19	52
water AND determination AND "trihalomethanes"	43	23	86
Total	96	56	172

As Tabelas 1 e 2 apresentam resultados correspondentes a quinta etapa da prospecção. A base WOS exibiu o maior número de resultados, apresentando 96 artigos, e destes apenas 35 abordam o objeto de estudo, apontando grande disparidade em relação a Scopus que apresentou o menor número de resultados com 56 artigos, e destes apenas 13 concernente ao tema.

Os trabalhos excluídos estavam relacionados em sua maior parte à temática da determinação do potencial de formação de trihalometanos como também ao desenvolvimento de modelos probabilísticos para previsão do mesmo. Testificando Sampaio (2010) acerca das complexas e custosas técnicas para determinar THMs, por conta disso o estudo do potencial de formação encontra-se em maior número tendo em vista a facilidade em utilizar os parâmetros físico-químicos monitorados rotineiramente nas ETAs para análise de correlação com a formação de THMs, tal como realizado por Oliveira et al., (2021) na lagoa de Extremoz-RN, evidenciando estudos referentes ao controle de formação de subprodutos da desinfecção.

Tabela 2. Resultados após a análise do artigo e exclusão

Estratégias de busca	WOS	SCOPUS	Total
water AND validation AND "trihalomethanes"	4	4	8
water AND quantification AND "trihalomethanes"	16	5	21
water AND determination AND "trihalomethanes"	15	4	19
Total	35	13	48

As metodologias identificadas após a análise dos artigos, utilizando as estratégias water AND validation AND "trihalomethanes", water AND quantification AND "trihalomethanes" e water AND determination AND "trihalomethanes" correspondentes à última etapa da prospecção na WOS e Scopus, estão listadas no Quadro 1.

Quadro 1. Metodologias utilizadas para determinar Trihalometanos em águas no período de 2018 a 2022.

Item	Metodologias utilizadas para determinar THMs em águas	Referências
1	Extração líquido-líquido-cromatografia gasosa-espectrometria de massa (LLE-GC-MS)	(FRANCO <i>et al.</i> , 2023)
2	Análise de THMs realizada em Bruker GC-MS/MS Triplo Quad com analisador Atomx Purge e Trap usando a técnica de padrão interno (Clorobenzeno eluído em 4,77 min) pelo método Selected Ion Monitoring (SIM).	(SAMAYAMANTHULA <i>et al.</i> , 2022)
3	Cromatografia a gás de microextração líquido-líquido dispersiva convencional (DLLME) por microextração assistida por vórtice seguida de efeito salting-out	(FARAJI <i>et al.</i> , 2018)
4	Cromatografia gasosa (GC)	(DOGANCIC D <i>et al.</i> , 2020)
5	Cromatografia gasosa (GC) -espectrometria de massa (MS) usando espectrômetro de massa time-of-flight (TOF)	(KIMURA <i>et al.</i> , 2021)
6	Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa quadrupolo (GC-qMS)	(JIN <i>et al.</i> , 2021)
7	Cromatografia gasosa com espectrometria de massa com armadilha de íons (GC-MS) utilizando várias fibras de microextração em fase sólida (SPME)	(BEAUCHAMP <i>et al.</i> , 2019)
8	Cromatografia gasosa de coluna empacotada com captura de elétrons	(LIU <i>et al.</i> , 2021)
9	Cromatografia gasosa empregando um método de injeção aquosa direta (DAI) com detecção de condutividade eletrolítica	(GUO <i>et al.</i> , 2021)
10	Cromatografia gasosa-espectrometria de massa (GC-MS) com análise simultânea por meio de microextração líquido-líquido dispersivo (DLLME)	(ON <i>et al.</i> , 2018)
11	Cromatografia gasosa-espectrometria GC-MS pelo modo de monitoramento de íons selecionado usando microextração em fase sólida (SPME) utilizando MIL-96 como fibra de revestimento	(ZHANG <i>et al.</i> , 2018)
12	Cromatógrafo a gás-espectrômetro de massa (GC/MS) para análise espacial integrado usando método Kriging com o ArcGIS 10.1	(MOHAMMADI <i>et al.</i> , 2019)
13	Dispositivo sensor de detecção simples baseado em almofada de algodão pelo método colorimétrico	(FATTAHI, SHARIAATI., 2020)

14	Equipamento simples feito por impressão 3D para medição colorimétrica	(SHARIAATI, FATTAHI., 2020)
15	Espectrômetro de massa tandem de cromatografia gasosa por extração líquido-líquido (MS/MS)	(ORTEGA-HERNANDEZ <i>et al.</i> , 2021)
16	Extração em fase sólida (SPE) e cromatografia gasosa-espectrometria de massa em tandem (GC-MS/MS) operando nos modos SIM e SRM	(ROUMIGUIERES <i>et al.</i> , 2018)
17	Extração em fase sólida dispersiva (DSPE) combinada com dessorção térmica headspace (HSTD) usando nano partículas de Fe ₃ O ₄ acoplado com cromatografia gasosa	(HAJILARI <i>et al.</i> , 2019)
18	Extração em fase sólida e cromatografia gasosa acoplada a um detector específico de halogênio (XSD)	(ANDERSSON <i>et al.</i> , 2019)
19	Extração líquido-líquido assistida por sal em um único método de extração e espectrômetro de massa GC quadrupolo com ionização de elétrons no modo de monitoramento de íons selecionados (SIM)	(CUTHBERTSON <i>et al.</i> , 2020)
20	Extração líquido-líquido por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (ELL-CG-EM).	(FRANCO <i>et al.</i> , 2019)
21	Fe ₃ O ₄ / Ag-OCN como extrator foi aplicado à extração magnética em fase sólida e cromatografia gasosa-espectrometria de massa em tandem	(LI <i>et al.</i> , 2020)
22	Método automatizado de microextração gasosa de microextração em fase sólida utilizando cromatografia gasosa (HS-SPME-GC-MS)	(LIU <i>et al.</i> , 2019)
23	Método de headspace acoplado a cromatografia gasosa e espectrometria de massa (GC/MS) operando no modo SIM	(MACKEOWN <i>et al.</i> , 2020)
24	Método de headspace modo de monitoramento de íons selecionado (SIM) em conformidade com USEPA n501	(REDONDO-HASSELERHARM <i>et al.</i> , 2022)

Os procedimentos que aplicam a cromatografia gasosa aparecem 25 vezes na listagem, visto que, dentre os métodos autorizados pela APHA para a detecção de THMs, encontra-se a cromatografia gasosa, juntamente com a extração líquido-líquido, espectrometria de massa e a extração “purge and trap”, o que também explica a aparição da técnica líquido- líquido e espectrometria 19 vezes no quadro. Entre as metodologias encontradas que não seguem o proposto pela APHA, aparecem três, estas consistem em inovações, como o dispositivo sensor de detecção simples baseado em almofada de algodão pelo método colorimétrico, sendo considerado

como simples, rápido e de baixo custo, utilizado para analisar trihalometanos em piscinas. Outra técnica é a medição colorimétrica, empregando um equipamento simples feito por impressão 3D, o qual apresentou êxito em determinar clorofórmio. A terceira metodologia que se aparta do convencional é o método de headspace com modo de monitoramento de íons selecionado (SIM) em conformidade com a USEPA n501. Algumas metodologias preservaram a utilização dos métodos tradicionais da APHA, e junto a isso aplicaram inovações para otimizar tais técnicas autorizadas, tais como: o uso de fibras, sais, vários solventes e sorventes, amostrador automático, alternativas para simplificar a extração, adaptações para análises espaciais; sendo estes distribuídos em 10 metodologias apresentadas no quadro.

CONCLUSÃO

A compreensão do cenário posto por meio da prospecção científica evidenciou a instabilidade no que diz respeito ao crescimento das publicações que abordam a determinação de THMs em águas, desta forma, ainda é uma linha de pesquisa a ser explorada.

Os resultados para os trabalhos encontrados no período de 2018 a 2022, os quais realizaram estritamente a quantificação de trihalometanos, apontaram a preferência por técnicas preventivas para controle de THMs, tal como o estudo do seu potencial de formação, caracterização dos precursores, e o desenvolvimento de modelos probabilísticos para previsão.

No entanto, o crescimento da produção científica por técnicas mais desenvolvidas, viáveis, rápidas e sustentáveis persiste, tendo em vista o carecimento quanto a inovação da mesma.

Com esses resultados, espera-se estimular novas pesquisas acerca do desenvolvimento tecnológico para determinar a formação de trihalometanos, e assim, contribuir para o melhoramento das técnicas de monitoramento da qualidade da água, como também auxiliar na saúde pública ambiental. Portanto, para futuros trabalhos recomenda-se estender as buscas para um maior número de bases de dados, bem como uma busca patentária.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao PET-MEC, FNDE e à UNIVASF pelo apoio e incentivo.

REFERÊNCIAS

BADARÓ, J. P. M.; CAMPOS, V. P.; ROCHA, F. O. C.; SANTOS, C. L. Multivariate analysis of the distribution and formation of trihalomethanes in treated water for human consumption. **Food Chemistry**, vol. 365, 2020, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130469>.

CRAUN, G.F. **Epidemiology studies of water disinfectants and disinfection byproducts**. In: Safety of water disinfection: balancing chemical and microbial risks. Washington: ILSI Press, p.277-301, 1993.

ELLEGAARD, O.; WALLIN, J. A. The bibliometric analysis of scholarly production: how great is the impact? **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 1809-1831, 2015, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1645-z>.

GAO, S.; SUN, H.; ZHAO, L.; WANG, R.; XU, M.; CAO, G. Dynamic assessment of island ecological environment sustainability under urbanization based on rough set, synthetic index and catastrophe progression analysis theories. **Ocean & Coastal Management**, v.178, p.782- 790, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.04.017>.

LIU, W.; WANG, J.; LI, C.; CHEN, B.; SUN, Y. Using bibliometric analysis to understand the recent progress in agroecosystem services research. **Ecological Economics**, v. 156, p. 293-305, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.09.001>.

MICHEL, M. H. **Metodologia e Pesquisa Científica**: um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos. São Paulo: Atlas, 2005.

PAN, S.; AN, W.; LI, H.; SU, M.; ZHANG, J.; YANG, M. Cancer risk assessment on trihalomethanes and haloacetic acids in drinking water of China using disability-adjusted life years. **Journal of Hazardous Materials**, v. 280, p. 288-294, 2014.

SAMPAIO, V. C. S. **Avaliação de método espectrofotométrico comercial para determinação de trihalometanos em água de abastecimento humano. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental)**. Universidade Federal do Ceará, Departamento de Ciências Hidráulicas e Ambiental Fortaleza-CE. 2010.

SANTOS, L.M. V.; AMORIM, C. C. M. Cenário das publicações científicas sobre remoção de trihalometanos com biocoagulantes no tratamento de água. In: II Web Encontro Nacional de Engenharia Química, 2022, Diamantina-MG. **Anais do Web Encontro Nacional de Engenharia Química**, p. 1-5. 2022.

SEVERO, E. A.; DORION, E. C. H.; GUIMARÃES, J. F. C.; SOUZA, I. R. A.; SEVERO, P. A. Trajetórias da inovação: uma análise na base de dados Scopus. **Revista Espacios**. v. 37, n. 11. 2016.

JACSO, P. As we may search – Comparison of major features of the Web of Science, Scopus and Google Scholar citation-based and citation-enhanced databases. **Current Science**, v. 89, n. 9, p. 1537-1547, 2005.

OLIVEIRA, R. R.; ARAÚJO, A. L.C.; DUARTE, M. A. C. Estudo do potencial de formação de trihalometanos na lagoa de Extremoz (RN). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 25, n.2, 2020, DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020181889>.

WU, F.; GENG, Y.; TIAN, X.; ZHONG, S.; WU, W.; YU, S.; XIAO, S. Responding climate change: a bibliometric review on urban environmental governance. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p.344-354, 2018.

Capítulo 5
O COMPORTAMENTO DE CONSTRUTORAS E
INCORPORADORAS NO BRASIL: UMA
ANÁLISE À LUZ DO MOVIMENTO ESG

Guilherme Mileski de Souza
Leana Carolina Ferreira

O COMPORTAMENTO DE CONSTRUTORAS E INCORPORADORAS NO BRASIL: UMA ANÁLISE À LUZ DO MOVIMENTO ESG¹

Guilherme Mileski de Souza

*Aluno Graduando de Engenharia Civil, PUCPR, Curitiba-PR,
guilherme.mileski@pucpr.edu.br*

Leana Carolina Ferreira

*Doutora em Gestão Urbana, Professora Adjunta, PUCPR, Curitiba-PR,
leana.carolina@pucpr.br;*

RESUMO

Os temas ambientais e sociais vêm recebendo cada vez mais atenção no desenvolvimento e gestão das empresas. Um reflexo disso é o crescimento do movimento ESG, ou ASG, na sigla em português (ambiental, social e governança). Nesse contexto o estudo analisou as práticas de responsabilidade social e ambiental adotadas por construtoras no Brasil com base nos princípios. Foram selecionadas seis empresas para análise: MRV Engenharia, Cyrela Brazil Realty, Tenda, Gafisa, Tegra e Direcional Engenharia. Os dados foram coletados a partir de relatórios de sustentabilidade e documentos corporativos públicos. A análise abordou indicadores como consumo de recursos naturais, emissões de gases do efeito estufa, gestão de resíduos, impacto na biodiversidade, direitos humanos e saúde e segurança no trabalho. Os resultados mostraram que todas as empresas adotam práticas sustentáveis, com destaque para MRV Engenharia e Cyrela Brazil Realty. No entanto, foram identificadas lacunas a serem superadas, como gestão de resíduos e redução de emissões. As construtoras enfrentam o desafio de equilibrar demandas econômicas com práticas sustentáveis. Recomenda-se que intensifiquem seus esforços, estabelecendo metas claras e indicadores para monitorar seu desempenho. Conclui-se que a responsabilidade social e ambiental é crucial para um desenvolvimento sustentável no setor da construção civil, contribuindo para mitigar impactos ambientais, promover um ambiente de trabalho seguro e fortalecer as relações com as comunidades.

Palavras-chave: Responsabilidade ambiental. ESG. Sustentabilidade. Práticas sustentáveis. Governança corporativa.

¹ Apresentado no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC – 08 a 11 de agosto de 2023.

ABSTRACT

Environmental and social issues are receiving increasing attention in the development and management of companies. A reflection of this is the growth of the ESG movement, or ASG for its acronym in Portuguese (environmental, social and governance). In this context, the study analyzed the practices of social and environmental responsibility adopted by construction companies in Brazil based on the principles. Six companies were selected for analysis: MRV Engenharia, Cyrela Brazil Realty, Tenda, Gafisa, Tegra and Direcional Engenharia. Data was collected from sustainability reports and public corporate documents. The analysis addressed indicators such as consumption of natural resources, greenhouse gas emissions, waste management, impact on biodiversity, human rights and health and safety at work. The results showed that all companies adopt sustainable practices, especially MRV Engenharia and Cyrela Brazil Realty. However, gaps to be overcome were identified, such as waste management and emissions reduction. Construction companies face the challenge of balancing economic demands with sustainable practices. It is recommended that they intensify their efforts, establishing clear goals and indicators to monitor their performance. It is concluded that social and environmental responsibility is crucial for sustainable development in the civil construction sector, contributing to mitigate environmental impacts, promoting a safe work environment and strengthening relationships with communities.

Keywords: Environmental responsibility. ESG. Sustainability. Sustainable practices. Corporate governance.

INTRODUÇÃO

O movimento de sustentabilidade no setor empresarial, incluindo a construção civil, tem sido gradualmente adotado após séculos de transformações irreversíveis na relação entre sociedade e natureza (HOBBSAWM, 1979). No entanto, a baixa perspectiva de retorno financeiro em relação ao alto investimento necessário dificultou a formação de um posicionamento colaborativo entre os setores (AMORIM, 2015). A adoção das práticas ESG (Ambiental, Social e Governança) pelas empresas tem enfrentado ceticismo e resistência, sendo consideradas pouco vantajosas financeiramente (FRANKEL, 2023). No entanto, com o amadurecimento das tecnologias sustentáveis, do mercado financeiro e do consumidor consciente, as grandes empresas têm investido cada vez mais no fortalecimento dos pilares ESG (GIL, 2021).

A construção civil desempenha um papel significativo na consolidação do movimento ESG (DEAN, 2016). Historicamente, a indústria da construção tem contribuído para altas emissões de CO₂ e baixa eficiência energética, tornando-se a segunda indústria mais poluente do mundo em 2014 (DEAN, 2016). No Brasil, as empresas do setor têm adotado práticas sustentáveis de forma tímida em comparação a outros setores, o que impacta a confiança da sociedade em relação à conformidade e licitude dessas empresas (GIL, 2021). Para aproveitar medidas já consolidadas e engajar-se nas frentes ambiental, social e de governança corporativa, é fundamental que o setor da construção civil se envolva de forma mais efetiva no movimento ESG (AGNES, 2016).

Nesse contexto, é necessário analisar o posicionamento das empresas de construção civil brasileiras em relação aos pilares do ESG: responsabilidade ambiental, responsabilidade social e boas práticas de governança corporativa (GIL, 2021). A adoção dessas práticas não apenas contribui para a mitigação dos impactos ambientais, mas também fortalece a relação de confiança com a sociedade e atende às expectativas dos consumidores conscientes (AGNES, 2016). Assim, é essencial que as empresas intensifiquem seus esforços, estabeleçam metas claras e adotem indicadores para monitorar seu desempenho em termos de sustentabilidade (GIL, 2021). Dessa forma, o setor da construção civil poderá contribuir para um desenvolvimento mais equitativo e sustentável, promovendo a mitigação dos impactos ambientais, garantindo um ambiente de trabalho seguro e saudável, respeitando os direitos humanos e fortalecendo a relação com as comunidades onde atuam (DEAN, 2016).

MATERIAL E MÉTODOS

Para facilitar a compreensão das etapas e processos desenvolvidos ao longo desta pesquisa, são apresentados os 50 indicadores pertinentes ao artigo de Mamede (2013), que foram utilizados na análise de empresas de construção civil. Os indicadores são: Materiais usados/consumidos por peso ou volume; Porcentagem dos materiais usados provenientes de reciclagem; Consumo de energia por fonte primária; Consumo de água; Evolução das áreas (terrenos) ocupadas pela atividade da empresa; Impacto da atividade na biodiversidade; Emissões diretas e indiretas de gases do efeito estufa; Emissões de substâncias destruidoras da camada de ozônio;

Descarga total de águas por qualidade e destino; Iniciativas para mitigar os impactos ambientais de produtos e serviços; Valor de multas e sanções de natureza ambiental; Porcentagem de fornecimentos e subcontratação avaliados no critério de Direitos Humanos; Número total de casos de discriminação detectados; Número de iniciativas de negociação coletiva na empresa; Número de ocorrência de trabalho infantil nas operações; Total de trabalhadores por tipo de função; Taxa de rotatividade por idade, gênero etc.; Prazo médio de notificação de mudanças operacionais (ex. Mudança de turno, lay-off etc.); Porcentagem de trabalhadores envolvidos na prevenção de acidentes e doenças profissionais; Acidentes e/ou doenças profissionais ocorridas; Total de formação em segurança e saúde no trabalho; Acordos com sindicatos ao nível de Segurança e saúde no trabalho; Horas de formação e treinamento; Educação e formação externa; Composição profissional da empresa (nº de técnicos, quadros fabris etc.); Repartição salarial por função e gênero; Avaliação de risco do produto/serviço para clientes; Reclamações; Nível de satisfação dos clientes; Avaliação de impacto das operações na comunidade; Avaliação de risco de corrupção; Valor de contribuições para políticas públicas; Valor de multas por descumprimento legal; Vendas Líquidas; Receitas de Investimentos Financeiros; Retorno sobre o ativo (ROA); Retorno sobre o Investimento (ROI); Custos Operacionais; Salários e benefícios a trabalhadores; Impostos Brutos; Retorno sobre o patrimônio líquido; Lucros Líquidos; Investimento na Comunidade; Custos externalidades ambientais (CO2, Custo de tratamento de águas); Valor e contribuições Sociais da empresa; Valor de prêmios e benefícios a trabalhadores; Variação da proporção do salário mais baixo / salário-mínimo local; Volume de gastos com fornecedores locais; Proporção de colaboradores recrutados na comunidade local; Impactos econômicos indiretos significativos (por exemplo número de empregos indiretos, impacto da utilização de produtos).

A seleção das empresas de construção civil para compor a amostra foi realizada com base na disponibilidade de informações. Essa escolha se baseou na técnica de amostragem por conveniência, uma abordagem comum que visa selecionar uma amostra da população (neste caso, construtoras e incorporadoras) que seja facilmente acessível (Ochoa, 2015). Conforme Ochoa (2015), os indivíduos empregados na pesquisa foram selecionados por estarem prontamente disponíveis, e não por meio de um critério estatístico.

A metodologia utilizada nesta pesquisa, juntamente com a amostra por conveniência previamente definida, envolve a escolha dos indicadores sustentáveis estabelecidos por Mamede (2013) e sua adaptação para a análise de construtoras e incorporadoras. Após a seleção da amostra empresarial, foram analisados os Relatórios Ambientais (RA), os Relatórios de Responsabilidade Social Corporativa (RSC) e outros documentos pertinentes.

As construtoras selecionadas para compor a amostra, que possuem informações públicas para comparação com os indicadores definidos por Mamede (2013), são as seguintes:

- a) MRV Engenharia: A MRV Engenharia é uma das maiores construtoras do Brasil, com uma forte presença no mercado de habitação popular. A empresa tem investido em tecnologias de construção sustentáveis, como a construção modular, e implementado práticas de eficiência energética em seus empreendimentos (MRV, 2023);
- b) Cyrela Brazil Realty: A Cyrela Brazil Realty é uma das maiores construtoras de imóveis residenciais de alto padrão do Brasil. A empresa tem um compromisso com a sustentabilidade e adota práticas como o uso de materiais sustentáveis e a certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) em seus empreendimentos (CYRELA, 2023);
- c) Tenda: A Tenda é uma construtora que atua no mercado de habitação popular. A empresa tem investido em tecnologias de construção sustentáveis, como a construção em wood frame, e implementado práticas de eficiência energética em seus empreendimentos (TENDA, 2023);
- d) Gafisa: A Gafisa é uma construtora que atua em diversos segmentos do mercado imobiliário. A empresa tem um compromisso com a sustentabilidade e adota práticas como o uso de materiais sustentáveis e a certificação LEED em seus empreendimentos (GAFISA, 2023);
- e) Tegra: A Tegra é uma subsidiária da Brookfield Incorporações e uma das maiores incorporadoras do Brasil. A empresa possui um forte compromisso com a sustentabilidade, adotando práticas de eficiência energética e uso de materiais sustentáveis em seus empreendimentos (TEGRA, 2023);
- f) Direcional Engenharia: A Direcional Engenharia é uma construtora que atua no mercado de habitação popular. A empresa tem investido em tecnologias de

construção sustentáveis e implementado práticas de eficiência energética em seus empreendimentos (DIRECIONAL ENGENHARIA, 2023).

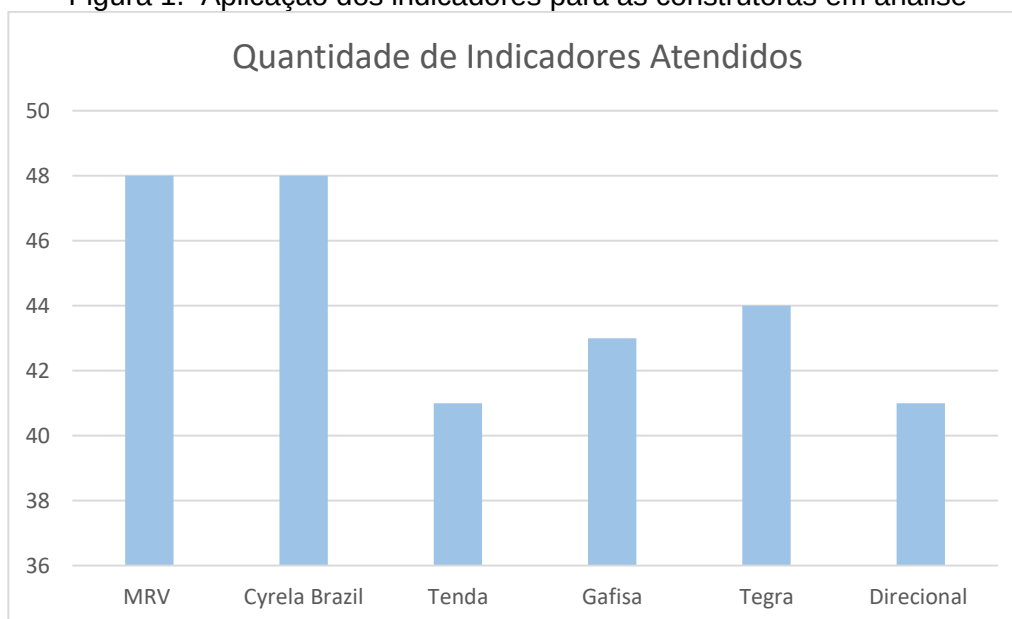
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise pode ser influenciada pela disponibilidade e qualidade das informações disponíveis sobre cada empresa. Os resultados apresentados são uma interpretação do autor com base nas informações pesquisadas até o momento. É necessária uma avaliação aprofundada desses resultados e levar em consideração outros fatores relevantes para uma análise completa e abrangente.

No quadro resumo das construtoras analisadas, é possível observar que todas elas apresentam um bom desempenho em relação a diversos indicadores de responsabilidade social e ambiental. A MRV Engenharia, por exemplo, se destaca no consumo de água, emissões de gases do efeito estufa e valor de contribuições sociais.

A Figura 1 apresenta comparativamente a quantidade de indicadores atendidos pela amostra analisada. Observando o gráfico, é verificado que a empresa MRV e Cyrela atendem a um maior número de indicadores, com 48 no total. Em seguida, tem-se a Tegra com 44 indicadores, seguido pela Gafisa, com 43. enquanto a Tenda e a Direcional atenderam a 41 indicadores.

Figura 1. Aplicação dos indicadores para as construtoras em análise



A análise das construtoras revela uma variação significativa na adoção de práticas de ESG. Empresas como a MRV Engenharia e a Cyrela Brazil Realty destacam-se por sua preocupação ambiental, enquanto a Gafisa e a Tegra têm um enfoque maior em questões sociais. A Tenda e a Direcional Engenharia adotam uma abordagem mais ampla em relação ao ESG. É importante destacar que a implementação de práticas de ESG é uma questão complexa e requer uma abordagem estratégica por parte das empresas para avaliar seus impactos e identificar oportunidades de melhoria em termos ambientais, sociais e de governança.

CONCLUSÃO

A pesquisa das construtoras no Brasil em relação à adoção de práticas de ESG revelou uma diversidade de abordagens e resultados entre as empresas. Algumas construtoras, como a MRV Engenharia e a Cyrela Brazil Realty, demonstraram um foco mais destacado em questões ambientais, enquanto outras, como Tenda, Gafisa, Tegra e Direcional Engenharia, adotaram uma abordagem mais abrangente, incluindo aspectos sociais e de governança em suas práticas. Os resultados foram obtidos por meio de uma pesquisa baseada em fontes confiáveis, como artigos científicos e relatórios empresariais, bem como dados disponíveis publicamente.

Em suma, a análise evidencia a variedade de práticas e desempenho em relação aos indicadores de ESG no setor da construção civil. Essa diversidade reflete a complexidade do setor e a necessidade de considerar múltiplos aspectos, como o consumo de recursos naturais, o impacto social e a governança corporativa, para avaliar o desempenho sustentável das construtoras. É importante ressaltar que a adoção de práticas de ESG é um processo contínuo, exigindo esforços constantes das empresas para melhorar seu desempenho e impacto. Como atores-chave no setor da construção civil, as construtoras brasileiras desempenham um papel crucial na promoção de práticas sustentáveis, contribuindo para o desenvolvimento econômico, social e ambiental do país. Recomenda-se que estudos futuros aprofundem a análise por meio de pesquisas primárias, como entrevistas e visitas in loco, a fim de obter uma visão mais detalhada do desempenho de cada empresa em relação às práticas de ESG.

REFERÊNCIAS

AGNES, Mayara Paula Pegoraro. Avaliação da sustentabilidade empresarial no setor de construção civil sob as esferas econômica, social e ambiental – UFSC. Florianópolis, SC, 2016.149 p.

AMORIM, Kelly. Construnormas - Sétima parte da primeira norma sobre BIM desenvolvida no Brasil está em consulta nacional. PINI, 23 de setembro de 2015. Disponível em: <http://construnormas.pini.com.br/engenharia-instalacoes/noticias/setima-parte-da-primeira-norma-sobre-bim-desenvolvida-no-brasil-364396-1.aspx>. Acesso em: 10 out. 2022.

CYRELA. Sustentabilidade. Disponível em: <https://www.cyrela.com.br/sustentabilidade/>. Acesso em: 13 mar. 2023.

DEAN, Brian et al. Global Status Report 2016: *Towards zero-emission efficient and resilient buildings*. GABC, UNEP. Paris, 2016.

DIRECIONAL ENGENHARIA. Sustentabilidade. Disponível em: <https://ri.direcional.com.br/a-companhia/sustentabilidade/>. Acesso em: 13 mar. 2023.

FRANKEL, JEFFREY. The Crusade to Ban ESG Makes No Sense. Disponível em: <https://www.belfercenter.org/publication/crusade-ban-esg-makes-no-sense>. Acesso em: 30 mar. 2023.

GAFISA. Sustentabilidade. Disponível em: <https://ri.gafisa.com.br/a-gafisa/sustentabilidade-empresarial/>. Acesso em: 13 mar. 2023.

GIL, Lucas Almeida. Análise Da Conjuntura De Incorporadoras E Construtoras Frente Ao Movimento Environmental, Social And Governance – ESG No Brasil. UFRGS. Porto alegre, 2021. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/225691/001129400.pdf?sequence=1>. Acesso em: 14 out. 2022.

HOBBSAWM, Eric J. Da Revolução Industrial inglesa ao Imperialismo. Forense - Universitária. 2. ed., Rio de Janeiro, 1979.

MAMEDE, Pedro Miguel Fernandes. Medição da sustentabilidade empresarial.

Universidade de Coimbra. Coimbra, 2013. 172 p.

MRV. Política de Sustentabilidade. Disponível em: <https://www.mrv.com.br/sustentabilidade/pt/mrv-sustentavel/empreendimentos-sustentaveis/politica-de-sustentabilidade> Acesso em: 13 mar. 2023.

OCHOA, Carlos. Amostragem Probabilística: Amostra por conveniência. Disponível em: <https://www.netquest.com/blog/br/blog/br/amostra-conveniencia>. Acesso em: 12 nov. 2022.

TEGRA, Sustentabilidade. Disponível em:
<https://www.tegraincorporadora.com.br/esg/>. Acesso em: 13 mar. 2023.

TENDA. Sustentabilidade. Disponível em:
<https://www.tenda.com/blog/tag/sustentabilidade/>. Acesso em: 13 mar. 2023.

Capítulo 6
A INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DO DIESEL NA
CONFIABILIDADE DE GERADORES DE
ENERGIA EMERGENCIAIS

Márcio Roberto Labigalini
Gilmar Barreto

A INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DO DIESEL NA CONFIABILIDADE DE GERADORES DE ENERGIA EMERGENCIAIS

Márcio Roberto Labigalini

Mestrando da FEEC – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Unicamp. Engenheiro Eletricista pela Unifei (Universidade Federal de Itajubá). Engenheiro de Manutenção na Unicamp.

Gilmar Barreto

Professor da FEEC – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Unicamp. Engenheiro Químico, Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica pela Unicamp.

RESUMO

Este trabalho busca demonstrar a influência da qualidade do Diesel utilizado para o funcionamento de grupos geradores de energia emergenciais, cuja confiabilidade é de extrema relevância, pois as ocorrências de falhas não devem acontecer, uma vez que se trata de suprimento de energia emergencial. Trata-se de um estudo prático, com análises reais de fatos ocorridos dentro da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, desde 2002 até 2022, o que possibilitou que se vislumbrasse algumas soluções mitigatórias, cujas análises podem nos levar a algumas conclusões, de interesse didático e prático, para quem trabalha com manutenção e para aqueles que desejam adquirir ou especificar um grupo gerador de energia para suprir atendimentos emergenciais com maior segurança e confiabilidade. Com a adição gradativa de Biodiesel ao Diesel, houve considerável degradação e aceleração do processo de deterioração do combustível nos geradores, fato que buscamos demonstrar analisando-se o histórico das manutenções ao longo do tempo. Se existe um Gerador de Energia Emergencial, este alimenta equipamentos de grande importância, ou seja, alimenta equipamentos estratégicos para a organização. Portanto, os cuidados na especificação, na devida manutenção e na qualidade dos itens consumíveis devem ser redobradas, de modo a manter o fornecimento de energia emergencial o mais confiável possível.

Palavras-chave: Diesel. Biodiesel. Borrás. Geradores emergenciais.

ABSTRACT

This work seeks to demonstrate the influence of the quality of the Diesel used for the operation of emergency energy generating groups, whose reliability is extremely important, as failures should not occur, since it is an emergency energy supply. This is a practical study, with real analyzes of facts that occurred within the State University of Campinas – Unicamp, from 2002 to 2022, which made it possible to envision some mitigating solutions, whose analyzes can lead us to some conclusions, of didactic interest and practical, for those who work with maintenance and for those who wish to purchase or specify a power generation group to provide emergency services with greater safety and reliability. With the gradual addition of Biodiesel to Diesel, there was considerable degradation and acceleration of the fuel deterioration process in the generators, a fact that we sought to demonstrate by analyzing the maintenance history over time. If there is an Emergency Power Generator, it powers equipment of great importance, that is, it powers strategic equipment for the organization. Therefore, care in the specification, proper maintenance and quality of consumable items must be redoubled, in order to maintain the emergency energy supply as reliable as possible.

Keywords: Diesel. Biodiesel. Lees. Emergency generators.

INTRODUÇÃO

A principal forma utilizada para o fornecimento de energia elétrica emergencial é por meio de geradores de energia à combustão (por óleo diesel). Apesar da ampla divulgação dos benefícios sociais e ao meio ambiente na utilização de biodiesel, há poucos estudos sobre o aumento dos custos de manutenção, as ocorrências de falhas e a redução da vida útil dos motores à combustão, principalmente quando se refere a geradores de energia emergenciais, conforme artigos relacionados por Tan et al. (2018) e Han et al. (2022).

Atualmente, o diesel fornecido pelos postos de combustíveis já vem com adição obrigatória de biodiesel (12% em 2023). O biodiesel adicionado tem gerado sensível redução na qualidade do diesel disponível nos postos de combustíveis, o que resulta em falhas de funcionamento de motores. Porém, no caso de geradores emergenciais não podem ocorrer falhas, uma vez que, se forem acionados, devem assumir as cargas existentes, pois trata-se de situações emergenciais, onde a necessidade de energia deve ser contínua.

Os motores de Geradores de Energia Emergenciais (GEEs) podem ser comparados aos motores de caminhões, pois exigem potência e por isso, utilizam o

diesel como combustível. A diferença é que os motores de GEE são motores estacionários. O fato de não se deslocarem e não consumirem o diesel no tanque com certa rapidez se transformou em problemas para os GEEs, pois a movimentação do caminhão nas estradas e a rotatividade do consumo do diesel no tanque reduzem os problemas. O diesel em tanques de combustíveis estacionários é o maior contribuidor para a sua degradação rápida, pois facilita a proliferação de bactérias e a formação de borras, que danificam ou prejudicam o funcionamento dos sistemas de injeção de combustíveis, o que resulta em falhas nos motores e impossibilitam que os geradores assumam a carga quando acionados em situações de emergência.

OBJETIVO

Este trabalho busca demonstrar a forte influência da qualidade do diesel no adequado funcionamento de GEEs, encontrar as melhores soluções para manter o fornecimento de energia de maneira contínua e sustentável e destacar os cuidados necessários nas tarefas de manutenção dos equipamentos, visando a mitigação de problemas.

Tal influência afeta o fornecimento emergencial de energia elétrica, sendo que, se houver falha no fornecimento de energia da rede pública e o GEE não entrar, pode resultar em diversos problemas, tais como: descontinuidade e perdas de dados de pesquisas nas Universidades. Além disso, se a Universidade tiver hospital e clínicas, também não pode ocorrer falhas no GEE, pois é essencial o fornecimento de energia emergencial para segurança dos pacientes e dos profissionais da área da saúde.

Portanto, devem ser tomadas atitudes de governança para mitigação dos problemas e aumento da confiabilidade no fornecimento de energia emergencial.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Devido ao fato que existem poucos artigos relacionados aos problemas decorrentes da adição de biodiesel ao diesel, pois a maioria somente trata dos benefícios, que atualmente são questionáveis; porém, não se trata do foco deste trabalho. A seguir é feita uma breve fundamentação teórica para amparar as demais etapas.

Degradação do diesel e a produção de borras

De acordo com a Petrobras, em seu documento intitulado “ÓLEO DIESEL Informações Técnicas” (versão março/2021), a “Água pode aparecer no tanque a partir do recebimento de um novo estoque de óleo diesel, seja na forma de água livre, dispersa, em emulsão e/ou solúvel”. A presença de água no diesel é um grave problema, tanto para a combustão, como também para a sua degradação acelerada. Ainda de acordo com essas Notas Técnicas da Petrobras, “Desde uma refinaria até o cliente consumidor, o óleo diesel passa em média por 4 a 8 tanques e todos esses tanques têm a possibilidade de conter alguma água”. Portanto, independente dos cuidados com o tanque de abastecimento do gerador, a possibilidade de perda de qualidade do diesel durante os transportes e transvasamentos é grande. Além disso, “O biodiesel é adicionado ao óleo diesel nas Distribuidoras, no momento da entrega do produto, e contribui de forma importante para a perda de estabilidade do combustível no campo e para o aumento do teor de água e formação de borras microbiológicas”. Deve ser ressaltado que a existência de água e biodiesel favorecem o meio para a proliferação de bactérias, que criam as borras e degradam a qualidade do diesel. A adição de biodiesel ao óleo diesel é obrigatória e o teor é determinado pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Desde abril de 2023, a porcentagem de biodiesel adicionado é de 12 %, o que é chamado de mistura B12. A norma prevê que o teor de biodiesel ao diesel seja elevado para 13% (mistura B13) em 2024, para 14% (mistura B14) em 2025 e para 15% (mistura B15) em 2026. Desta forma, pode-se concluir que a degradação mais rápida do diesel consumido em geradores tende a aumentar, ou seja, tende a piorar a sua qualidade, pois haverá maior quantidade de biodiesel com o passar dos anos, até 2026.

Isso acontece porque as moléculas que compõem o biodiesel têm a presença de átomos de oxigênio e, por sua polaridade muito maior que a dos hidrocarbonetos que compõem o diesel mineral, tornam o produto final mais higroscópico, isto é, mais suscetível à absorção da umidade do ar. A presença de duplas ligações na estrutura de suas moléculas também prejudica a sua estabilidade. Além disso, a presença de contaminantes do biodiesel (diglicerídeos e triglicerídeos) pode contribuir para uma maior tendência ao entupimento de filtros e à formação de lacas em bombas e bicos injetores de combustível. PETROBRAS (2021, pag. 11).

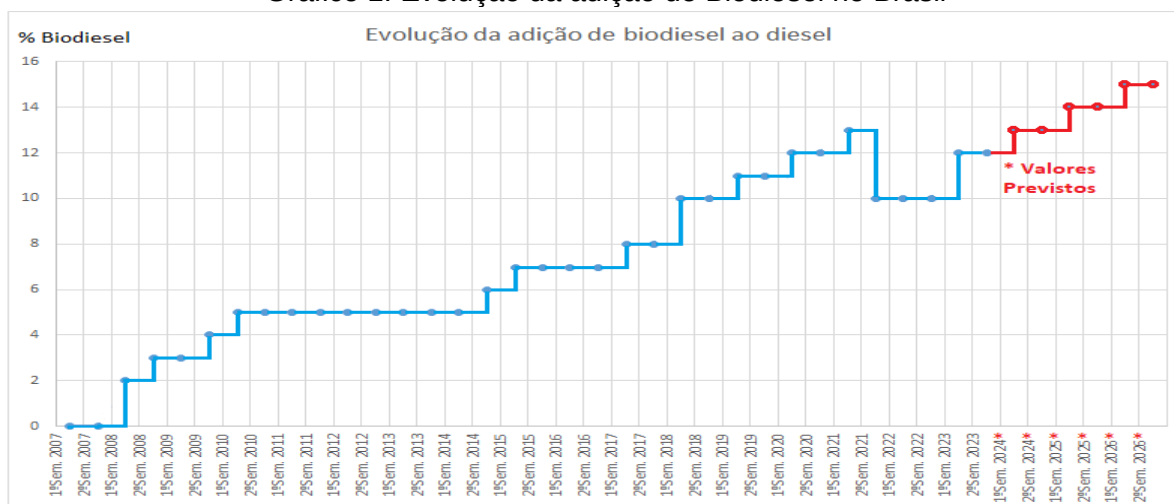
A regulamentação da adição de biodiesel ao diesel

Em 2004 foi criado o Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel – PNPB, que fez os estudos para a publicação, em 2005, da Lei nº 11.097, que torna obrigatória a adição de biodiesel ao diesel.

A porcentagem inicial foi de 2% e a primeira adição ocorreu em 2008. O diesel fornecido com adição de 2% de biodiesel é chamado de B2. O número após a letra indica a porcentagem de biodiesel adicionado ao diesel fóssil.

O gráfico a seguir mostra a evolução do B2 até o B13 em 2023, ressaltando-se que em 2022, por causa da pandemia da Covid e da guerra na Ucrânia, houve uma redução do planejamento estabelecido, principalmente pelo fato que no Brasil o biodiesel é produzido a partir da soja, que teve seu preço elevado neste período.

Gráfico 1. Evolução da adição de Biodiesel no Brasil



Fonte: elaboração própria

O biodiesel no mundo

Atualmente, os três maiores produtores mundiais de biodiesel são Indonésia, Estados Unidos e Brasil, respectivamente. Em 2022, a Indonésia produziu cerca de 11,8 milhões de m³ de biodiesel (de óleo de palma) e já está no diesel B35; ou seja, 35 % de biodiesel adicionado ao diesel fóssil. O Brasil, que ocupa o terceiro posto, produziu cerca de 6,27 milhões de m³ em 2022 (de óleo de soja), reduzindo a sua produção em 7% quando comparado a 2021, ano em que baixou-se de B12 para a mistura B10, onde permaneceu todo o ano de 2022 (ver gráfico 1 anterior). A

Indonésia ultrapassou o Brasil, que ocupava o segundo posto, em 2017 e assumiu a primeira posição de produtor mundial em 2019.

Os Estados Unidos, que ocupam o segundo posto de produtor mundial de biodiesel (de diversas matérias-primas, como óleos vegetais e gordura animal, com destaque para o óleo de soja), utilizam a mistura B20 com maior frequência. Porém, os EUA estão demonstrando maior interesse no Diesel Verde, ou o HVO, por ser semelhante ao diesel fóssil. De acordo com Milanez et al. (2021), "O processo mais difundido no mundo para a obtenção de diesel verde é o Hydrotreated Vegetable Oil (HVO). Nesse procedimento, o biodiesel não é um éster, mas uma normal-parafina, vale dizer, um combustível semelhante ao diesel fóssil."

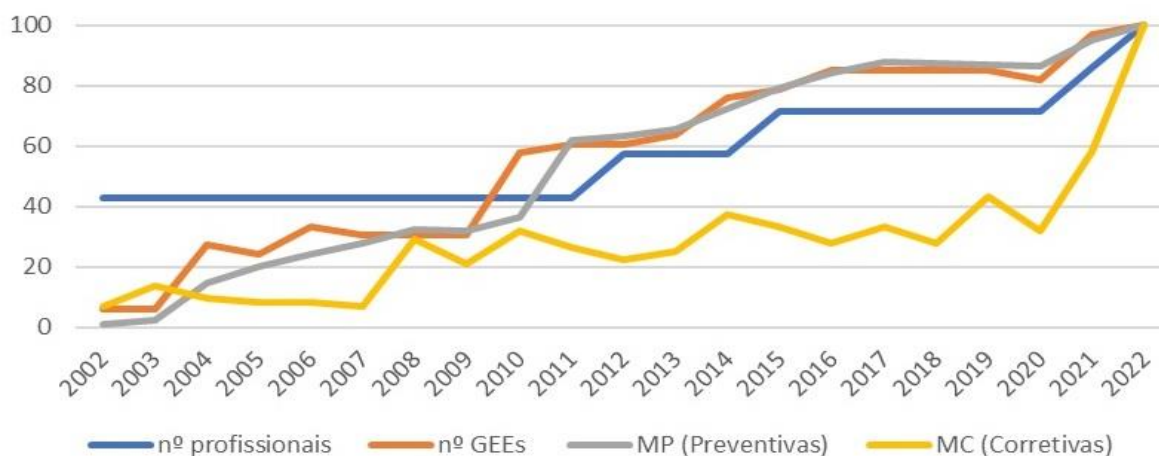
O maior consumidor de biodiesel no mundo é a Europa, com cerca de 40% da produção mundial; porém, o maior produtor de biodiesel do mundo, a Indonésia, tem encontrado dificuldades para a exportação para lá, devido ao seu processo produtivo, que é considerado prejudicial ao meio ambiente. Nas análises comparativas dos processos de produção de biocombustíveis, a Europa tem sido bastante crítica aos métodos de produção e prejuízos ao meio ambiente, inclusive com avaliação da logística de transporte, se ainda utilizar combustíveis fósseis. Na Europa, França e Alemanha se destacam na produção de biodiesel. (MILANEZ ET AL., 2021).

METODOLOGIA

Foi feito um levantamento histórico das manutenções de GEEs, pois os dados da entrada de cada equipamento e suas respectivas manutenções (preventivas e corretivas) foram preservados digitalmente por um sistema próprio de gestão de manutenção por um período maior que 20 anos, inclusive com indicação de peças trocadas e serviços externos solicitados.

Além da constatação do crescimento do parque de geradores atendidos com o passar dos anos, foram levantadas todas as manutenções corretivas e preventivas realizadas e o número de profissionais próprios que se dedicavam às funções relacionadas a manutenção nestes GEEs. Assim, fez-se uma tabela resumida das intervenções e de posse dela, foram gerados gráficos para cada item de interesse.

Gráfico 2. Evolução comparativa, em porcentagem, de cada item: MP (Preventiva), MC (Corretiva), GEEs e Profissionais



Fonte: elaboração própria

Analisando-se o histórico, pode-se perceber um aumento das manutenções preventivas (MPs) proporcionalmente ao número de GEEs atendidos. Ou seja, quanto maior o número de GEEs, maior a quantidade de manutenções preventivas, cujo resultado já era esperado, pois, em média, cada GEE exige 12 manutenções preventivas por ano (1 por mês, no mínimo). Deve ser ressaltado que a análise destes dados foi feita por Ordens de Serviço (OSs), onde para cada GEE era aberta uma OS de manutenção preventiva por mês, cuja execução dos serviços preventivos relacionados era feita de 1 a 4 vezes dentro do mês, sendo que em uma destas visitas locais o teste do gerador era feito COM CARGA; ou seja, com simulação de falha de energia elétrica. Deve ser dado destaque ao fato que o número de manutenções preventivas por OS também aumentou com o passar do tempo e com a constatação da piora da qualidade do diesel. Além disso, quando o controlador do GEE permitia, programava-se os CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) para executarem testes automático de funcionamento, sem carga, até 3 vezes durante a semana..

No caso das manutenções corretivas (MCs), houve um aumento excessivo a partir de 2020, ou seja, houve um aumento desproporcional de manutenções por defeito (ou falha) com relação ao número de GEEs atendidos, cuja tendência de crescimento pode ser considerada exponencial. Tal deterioração do combustível começou antes de 2020; porém, somente gerou consequências a partir desta data.

Deve ser ressaltado que houve esforços consideráveis da equipe em minimizar tais problemas da qualidade do diesel com a melhoria dos serviços e aumento das MPs, realizando mais testes (com e sem carga) por um tempo maior e fazendo com

que o diesel circulasse mais durante estes testes, pois nem todo diesel que sai do tanque é consumido, sendo que parte dele retorna ao tanque de combustível. Em 2022, com a constatação visual das borras e da deterioração rápida do diesel, passamos a adotar estratégias de troca (descarte ecológico) do diesel “velho” por diesel novo com maior frequência, de 6 em 6 meses. Em 2023, tentamos reduzir ainda mais este tempo; por isso, reduzimos as quantidades de diesel nos tanques, para evitar perdas econômicas maiores pelo descarte de diesel com maior frequência. Tal atitude somente foi tomada pelo fato que a equipe responsável tem agilidade para reposição dos tanques de combustíveis nos casos de acionamento dos GEEs.

A prática das ocorrências de falhas nos GEEs demonstra que os equipamentos menos sensíveis à qualidade do diesel são os de motores de injeção eletrônica, pois não possuem bomba injetora. Nos Geradores que possuem bombas injetoras, concluiu-se que os de bomba rotativa são mais sensíveis à degradação do diesel do que os geradores com bomba em linha.

A busca por novas soluções para fornecimento extra de energia emergencial

A busca por alternativas mais confiáveis para o fornecimento de energia local emergencial é contínua e a evolução tecnológica tem apresentado novas formas para minimizar estes problemas.

Uma solução que vem ganhando força na substituição do diesel é o Gerador a Gás, que é amplamente utilizado nos EUA, tanto para residências, como para o comércio e empresas. No Brasil são bem menos utilizados, pois necessitam de uma rede de distribuição de gás natural no local onde serão instalados. Há outros fatores culturais (de falta de confiança) que dificultam a utilização de GEEs a gás natural no Brasil; porém, são bem menos poluentes, ocupam menos espaço (para a mesma potência do diesel) e são bem mais confiáveis.

Outra forma possível de substituição dos geradores para fornecimento de energia é por meio de energia solar, cuja desvantagem é que não funciona a noite e nem em tempo chuvoso. Porém, há tecnologias híbridas que utilizam energia solar, que alimentam baterias de nobreaks, que podem ser utilizadas para determinadas soluções. Também é possível associar energia elétrica solar com energia eólica.

Com relação à utilização de baterias para armazenamento de energia, deve-se destacar o impacto ambiental negativo no processo de fabricação e nos descartes inadequados de baterias.

Outra possibilidade de utilização para gerar energia é o Hidrogênio, cuja solução para criá-lo e estocá-lo passa pelo chamado Hidrogênio Verde, que nada mais é do que a produção de Hidrogênio por meio de energia elétrica renovável e sustentável, ou seja, por meio de energia solar ou eólica, por exemplo. Por tratar-se de uma forte tendência para utilização em veículos motorizados, há uma grande possibilidade de utilização de Hidrogênio para geração de energia local (de pequena ou grande demanda de potência). De acordo com Jamal et al. (2023), as Células de Combustível de Hidrogênio (CCHs) podem ser utilizadas em uma ampla gama de aplicações para fornecer energia no setor de transportes, aplicações industriais e geração distribuída de energia ou aplicações de serviços públicos. As CCHs podem operar com eficiências mais altas que os motores de combustão, com eficiências capazes de exceder 60% com emissões menores ou zero que os motores de combustão. Portanto, a possibilidade futura de termos um gerador emergencial de energia a hidrogênio é grande e deve ocorrer ainda nesta década.

Retornando ao diesel produzido por biomassa, onde um dos produtos é o Biodiesel, deve-se destacar que atualmente existe um novo produto, chamado de Diesel Verde ou HVO, conforme já citado anteriormente.

O HVO é produzido com a matéria-prima reagindo com o hidrogênio em condições controladas de temperatura e pressão. A principal diferença é que em vez de utilizar um álcool como catalisador na reação química, utiliza o hidrogênio, retirando o oxigênio do combustível. Por sua semelhança ao diesel fóssil, o HVO pode ser adicionado em qualquer quantidade, ou mesmo utilizado puro, sem nenhum prejuízo aos motores de ciclo diesel. Portanto, ele é um combustível drop-in, podendo ser utilizado nos veículos atuais sem qualquer adaptação tecnológica. Vale ressaltar que as restrições existentes à adição de biodiesel (no Brasil, vigora o limite de 10% em 2022), que decorrem da necessidade de proteger o motor da formação de borra, resina ou umidade, desaparecem com a utilização do HVO. Outra vantagem é sua estabilidade, que permite armazená-lo por longos períodos sem necessidade do constante monitoramento do biodiesel tradicional. Apesar das diversas vantagens, o HVO é um combustível que utiliza o gás hidrogênio em seu processo produtivo, sendo obtido do gás natural. Contudo, a expectativa é que o desenvolvimento tecnológico elimine essa dependência. Recentemente, reconhecendo a importância de se inserir esses novos biocombustíveis, como o HVO, no ciclo diesel, o Conselho Nacional de Política Energética editou a Resolução 13/2020, que instituiu um

grupo de trabalho para avaliar a questão. MILANEZ ET AL. (2021, pag. 47).

Portanto, a utilização do HVO, ou Diesel Verde, no Brasil e no mundo, em substituição ao biodiesel, é bastante promissora.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O histórico de 20 anos de manutenção em GEEs (de 2002 a 2022) preservado pela Unicamp é uma ótima ferramenta para demonstrar que houve uma piora na confiabilidade dos equipamentos nos últimos anos, fato que está fortemente relacionado à qualidade do diesel; porém, outros fatores, em conjunto, também podem contribuir para estas ocorrências. A prática, discutida entre a equipe de trabalho e os fornecedores de serviço, nos leva a considerar que o principal fator para a perda de confiabilidade dos GEEs é a péssima qualidade do diesel e a rapidez com que ele se deteriora.

A constatação prática dos fatos obrigou a equipe responsável pelos geradores emergenciais a adotar estratégias de antecipação aos problemas, incluindo-se as trocas de filtros de combustíveis com maior frequência, juntamente com a limpeza dos tanques de combustíveis, incluindo-se o descarte do diesel velho e a substituição por diesel novo, buscando-se melhores fornecedores do produto, o que foi construído com o passar do tempo.

Além disso, houve a necessidade de execução de serviços de limpeza das bombas injetoras em um espaço de tempo menor, média de 18 meses entre cada intervenção no mesmo equipamento (principalmente limpeza e calibração em bancada das bombas injetoras e dos bicos injetores). Portanto, as paradas nos geradores emergenciais passaram a ser melhor planejadas, sendo executadas mesmo que o equipamento não apresentasse problemas explícitos.

As soluções, a curto prazo, para melhoria da qualidade do combustível passam pela necessidade de se adaptar ao diesel existente; portanto, deve-se adotar uma sistemática para mitigação dos problemas, principalmente focada na troca do diesel nos reservatórios dos GEEs com maior intensidade (o que pode ser necessário de 3 em 3 meses). Portanto, não é recomendável que se mantenha os tanques cheios, desde que existam mecanismos ágeis para novos abastecimentos, dentro de um prazo seguro, assim que os GEEs entrarem em funcionamento.

Outra ação fortemente recomendada, desde que bem monitorada, é a execução de testes SEM carga quando os GEEs possuírem CLP que permitam a programação semanal (3 ou mais vezes por semana). Tal teste, apesar de ser possível automaticamente, deve ser monitorado após cada teste programado, pois se houver falha no teste, muitos geradores permanecem inoperantes até que seja feito o reset do erro ocorrido; portanto, a equipe deve monitorar cada teste programado, por meio do histórico de eventos, logo após cada teste planejado. Testes COM carga programados não são recomendados.

Ainda analisando a situação atual, deve-se destacar a necessidade de uma manutenção adequada dos GEEs, com maior frequência de ações preventivas (realizando testes com e sem carga), o que melhor ocorre com uma equipe dedicada a este trabalho e com a verdadeira noção da responsabilidade de suas atividades, de modo que haja um engajamento institucional, por diversas frentes, principalmente motivada e valorizada pela alta gestão, com o mesmo objetivo de tornar o fornecimento de energia elétrica emergencial confiável e seguro.

Com relação a trabalhos futuros, pretende-se experimentar o Diesel Verde em parte dos GEEs existentes e comparar os resultados com os demais GEEs abastecidos com diesel dos postos de combustíveis (que já vem com adição de biodiesel). Também pretende-se analisar estudos feitos na Indonésia, por ser o maior produtor de biodiesel no mundo e já estar utilizando o diesel B35; deste modo, poderemos entender melhor as consequências da adição de biodiesel ao diesel nos motores em geral. Além da Indonésia, pretende explorar as entender os caminhos escolhidos pelos Estados Unidos com relação aos biocombustíveis em comparação com a Europa, que investe fortemente nas soluções relacionadas ao Hidrogênio Verde.

REFERÊNCIAS

HAN Z., JIANG G., WU G.. **A Review: Preparation of Biodiesel and Its Influence on the Performance of Marine Diesel Engines**, IEEE The 7th International Conference. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9960476>. Acesso em: 28/09/2023.

JAMAL T., SHAFIULLAH G.M., DAWOOD f., ARIF M. T., PUGAZHENDHI R., ELAVARASAN R. M., AHMED S. F.. **Fuelling the future: An in-depth review of recent trends, challenges and opportunities of hydrogen fuel cell for a**

sustainable hydrogen economy. Energy reports, Vol.10, pp.2103-2127. Disponível em: <https://researchportal.murdoch.edu.au/esploro/outputs/journalArticle/Fuelling-the-future-An-in-depth-review/991005605569607891>. Acesso em 27/09/2023.

MILANEZ, A. Y., MAIA, G. P. S., GUIMARÃES, D. D. E FERREIRA, C. L. A.. **Biodiesel e diesel verde no brasil: panorama recente e perspectivas**, p. 47-56. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/22585/1/PRArt215696_Biodiesel%20e%20diesel%20verde%20no%20Brasil.pdf. Acesso em: 27/09/2023.

PETROBRAS (2021). **ÓLEO DIESEL Informações Técnicas: Manual Técnico**. Versão março/2021. Disponível em: https://petrobras.com.br/data/files/04/93/72/4C/5A39C710E2EF93B7B8E99EA8/Manual-de-Diesel_2021.pdf. Acesso em: 27/09/2023.

TAN E.S., FAUZAN N.A., YOSHIKAWA K. (2018). **Biodiesel impact on cost, fuel saving and emission reduction for power generation in malaysia**, 5th IET International Conference on Clean Energy and Technology. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8651229>. Acesso em: 28/09/2023.

Capítulo 7
INSPEÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO USADO EM
OBRA - ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE
MURIAÉ/MG

Gabriel Pereira Gonçalves

Lucas Gonçalves Martins

Jarilson de Souza Silva

Pietro Valdo Rostagno

INSPEÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO USADO EM OBRA - ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE MURIAÉ/MG

Gabriel Pereira Gonçalves

Mestre em Engenharia Civil, Prof. do Centro Universitário UniRedentor, Itaperuna-RJ, e-mail: gabriel.goncalves@uniredentor.edu.br

Lucas Gonçalves Martins

Graduando em Engenharia Civil, Centro Universitário UniRedentor, Itaperuna-RJ, e-mail: lucas040796@hotmail.com

Jarilson de Souza Silva

Professor e técnico de laboratório do Centro Universitário UniRedentor, Itaperuna-RJ, jarilson17@gmail.com

Pietro Valdo Rostagno

Professor especialista do Centro Universitário UniRedentor, Itaperuna-RJ, pietrovaldor@yahoo.com.br

RESUMO

O presente trabalho resulta de um estudo de caso realizado em uma obra no município de Muriaé onde foi inspecionado o tijolo cerâmico adquirido em uma cerâmica municipal para verificar suas propriedades e posterior aceitação e aplicação. A metodologia do trabalho foi composta pelo recebimento dos tijolos no canteiro e logo após os separando em 2 amostras contendo, cada uma, 13 exemplares. Destas duas amostras foram realizadas a inspeção geral e os ensaios para análise dos critérios geométricos, físicos e mecânico conforme as normas estabelecidas pela ABNT. Os principais ensaios executados foram: precisão dimensional, na qual foram verificadas planeza de face, desvio em relação ao esquadro, espessura dos septos e paredes externas e dimensões (comprimento, largura e altura); resistência à compressão, onde as amostras foram capeadas e rompidas na prensa hidráulica para encontrar a resistência mecânica; e índice de absorção, que consiste em encontrar a massa úmida e a massa seca das amostras e assim poder calcular a porcentagem de absorção de água. Os resultados obtidos

mostraram que apesar de algumas peças apresentarem desvios com relação aos valores recomendados pelas normas, em geral, a maioria das amostras coletadas apresentaram resultados satisfatórios nas características visuais, geométricas e física. No aspecto mecânico, porém, há de se destacar que a resistência à compressão foi insatisfatória, ficando levemente inferior ao valor padronizado pela NBR 15270.

Palavras-chave: Tijolo cerâmico. Verificação de qualidade. NBR15270. Muriaé.

ABSTRACT

This paper is the result of a case study carried out on a building site in the municipality of Muriaé, where ceramic bricks purchased from a local ceramics factory were inspected to check their properties and subsequent acceptance and application. The work methodology consisted of receiving the bricks at the construction site and then separating them into two samples, each containing 13 specimens. From these two samples, a general inspection and tests were carried out to analyze the geometric, physical and mechanical criteria in accordance with the standards established by ABNT. The main tests carried out were: dimensional accuracy, in which face flatness, deviation from the square, thickness of the septa and external walls and dimensions (length, width and height) were checked; compressive strength, in which the samples were capped and broken in the hydraulic press to find the mechanical strength; and absorption index, which consists of finding the wet mass and dry mass of the samples and thus being able to calculate the percentage of water absorption. The results obtained showed that although some pieces deviated from the values recommended by the standards, in general most of the samples collected showed satisfactory results, with only the compressive strength being below, but close to, the specified value.

Keywords: Ceramic brick. Quality verification. NBR15270. Muriaé.

INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil é um ramo industrial muito complexo, com alto grau de imprevistos, mão de obra vasta, porém sem qualificação, com pouco tempo de planejamento e mal-uso de insumos. Para controlar melhor o uso desses insumos é extremamente importante que o engenheiro/gestor da obra adote a chamada Inspeção da Qualidade (IQ) na construção:

... A IQ assegura o alinhamento entre o padrão desejado e os prazos estipulados para um projeto. Além disso, evita as não conformidades no canteiro de obras que, por menores que sejam, podem comprometer diretamente a sua qualidade final. A falta da inspeção da

qualidade gera problemas, tais como falta de identificação e controle em materiais utilizados na obra, problemas no descarte ou controle de resíduos, profissionais sem a devida capacitação, ausência do uso de EPIs, armazenamento inadequado, registros desalinhados com os documentos de campo e assim por diante (ARMAC, 2021).

Uma das atividades primordiais da IQ é a inspeção dos materiais que chegam no canteiro de obras, contribuindo para avaliar o desempenho dos profissionais e dos equipamentos, bem como dos próprios materiais, a fim de avaliar se estão realmente cumprindo a finalidade para a qual foram destinados. Sobre este tema, pode ser destacado tijolo cerâmico, um material de construção antigo componente da alvenaria tradicional, com sua fabricação, na maioria das cerâmicas do interior do país, de forma artesanal. Até hoje no Brasil, por questões culturais, continua sendo fortemente empregado na indústria da construção civil como material de vedação.

O Município de Muriaé, local deste estudo de caso, possui uma população de 104.108 habitantes, (IBGE, 2022) e uma área territorial de 841,693 Km². Sua posição geográfica, além de um centro comercial bem desenvolvido, caracteriza o município como uma boa infraestrutura de serviços e possui um crescimento considerável na indústria da construção com grandes lojas do setor e muitas obras em andamento.

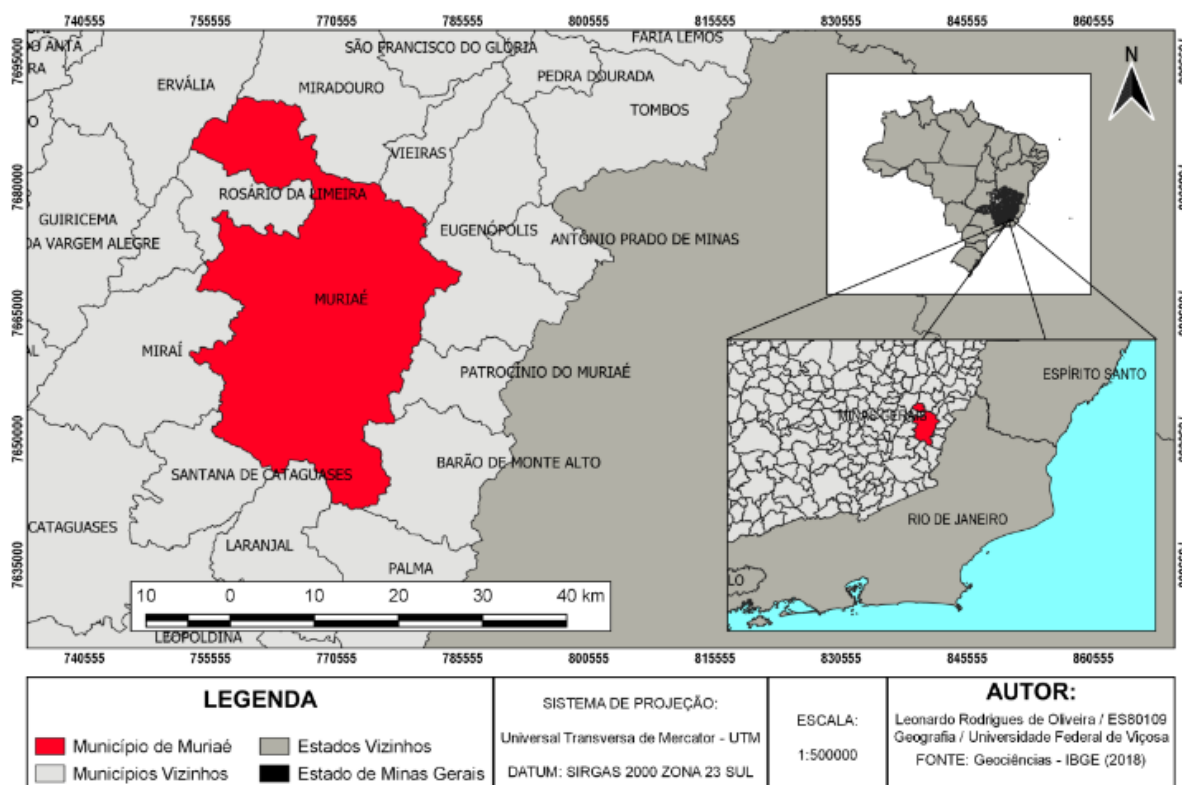


Figura 01 – Localização de Muriaé
Fonte: (DE OLIVEIRA, 2018)

Baseado nestas condições de crescimento e desenvolvimento urbano, voltados também à construção civil, optou-se por elaborar um estudo de caso em uma obra do município a fim de estudar a qualidade do tijolo cerâmico empregado. Desta forma, este artigo aborda os principais métodos de inspeção que devem ser utilizados no canteiro para verificar a qualidade do tijolo cerâmico adquirido para recebimento e uso na obra, sendo este vazado, também conhecido como tijolo Baiano.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo de caso se baseia em uma obra residencial de 2 pavimentos no bairro Santa Laura, próximo ao Estádio Soares de Azevedo em Muriaé, onde foi realizada uma inspeção técnica do tijolo adquirido pelo proprietário da obra, para ver a qualidade deste insumo, e se este deverá ser, ou não, rejeitado.

Os blocos adquiridos pelo proprietário da obra para a execução das paredes em alvenaria são os do tipo cerâmico contendo 10 furos e de dimensões 19x19x9cm

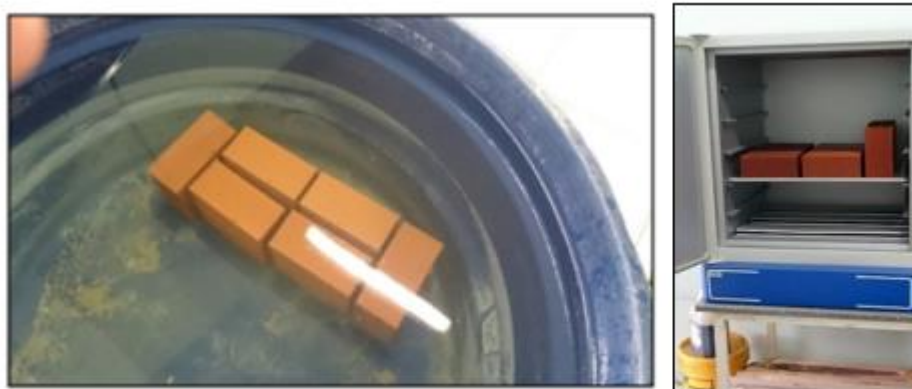
A metodologia do trabalho foi composta pelo recebimento destes tijolos de classificação comercial VED15, que indica uso exclusivo para vedação com resistência característica mínima de 15kgf/cm², os separando em 2 amostras (A e B) contendo, cada uma, 13 exemplares. Após a separação, foi feita a identificação do fabricante e também a análise das características visuais dos tijolos, sendo verificado se os exemplares possuem algum defeito sistemático que impossibilite o seu emprego na função especificada.

As duas amostras separadas foram conduzidas ao laboratório de construção civil do Centro Universitário Redentor onde foram realizadas mais uma inspeção geral e os ensaios para análise dos critérios geométricos, físicos e mecânico conforme as normas estabelecidas pela ABNT na NBR 15270-1. Os principais ensaios executados foram: precisão dimensional, resistência à compressão e índice de absorção, sendo estes realizados em laboratório.

No ensaio de precisão dimensional foram verificadas a planeza de face, desvio em relação ao esquadro, espessura dos septos e paredes externas e as dimensões efetivas (comprimento, largura e altura). As características geométricas foram determinadas por meio do uso de paquímetro, escalímetro e esquadro.

Na caracterização física, foi realizado o ensaio de absorção de água prosseguiu com a amostragem A, após a seleção de 6 tijolos, estes foram imersos em água (figura

2a) por 24 horas, pesados, obtendo-se a massa úmida. Em seguida, os mesmos foram acomodados em estufa (figura 2b) a uma temperatura de 110° C por um período de 24 horas, obtendo-se assim a massa seca.



A **B**
Figura 02 – A – Tanque com tijolos imersos; B – Secagem de tijolos em estufa

Fonte: Próprio autor.

O ensaio de resistência à compressão foi realizado de acordo com as diretrizes referenciadas nas normas NBR 15270-1 e NBR 15270-2 sendo ensaiados 8 exemplares. O equipamento utilizado foi uma prensa eletro-hidráulica da marca SoloTest, modelo 1501.220 (figura 3-A).

Antes da execução do ensaio, realizou-se o capeamento dos tijolos em sua base e topo com uma nata de cimento para regularização da superfície de contato dos tijolos com os pratos da prensa, para melhorar a distribuição dos esforços de compressão na área de contato (figura 3-B).



A **B**
Figura 03 – A – Prensa com indicador digital; B – Ensaio de resistência à compressão do tijolo

Fonte: Próprio autor.

Após a ruptura dos corpos de prova, foram determinadas a estimativa de resistência à compressão da amostra (vide eq.01) e a média da resistência à compressão de todos os exemplares ensaiados (vide eq.02).

$$f_{bk,est} = 2 \cdot \left[\frac{fb1+fb2+\dots+fb_{(i-1)}}{i-1} \right] - fb_i \quad \text{Eq.01}$$

$$f_{bm} = \frac{fb1+fb2+\dots+fb_{(n)}}{n} \quad \text{Eq.02}$$

Onde:

- $fb1, fb2, fb3 \dots$: valores de resistência à compressão individual dos corpos de prova da amostra, ordenados crescentemente;
- $i = n/2$ (sendo n par);
- n : quantidade de CPs da amostra ensaiados (8 exemplares)

Para determinar a resistência do lote (f_{bk}), e verificar a sua aceitação, foi realizado o seguinte procedimento normativo:

1º - Se o valor de $f_{bk,est} \geq f_{bm}$, adota-se o f_{bm} ;

2º - Se o valor de $f_{bk,est} < \phi \cdot fb1$, adota-se a expressão $\phi \cdot fb1$ ($\phi = 0,96$ para $n=10$)

3º - Se o valor calculado de $f_{bk,est}$ estiver entre os limites de $\phi \cdot fb1$ e $\phi \cdot f_{bm}$, adota-se o valor de $f_{bk,est}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a NBR 15270-1, todos os blocos cerâmicos devem ser identificados e não devem apresentar defeitos sistemáticos, tais como quebras, coloração não uniforme, impurezas, superfícies irregulares ou deformações que impeçam o seu emprego na função especificada, o que não ocorre em grande parte das amostras coletadas.

Conforme estabelece a norma supracitada, o número para aceitação do lote na primeira amostragem (amostra A) deve ser até duas peças defeituosas, e, mais de 4 peças o lote deve ser rejeitado. Caso o número de pequenas falhas seja 3 ou 4, a amostra B deve ser analisada.

A soma dos tijolos defeituosos das duas amostras (A e B) foi inferior a 6 unidades, logo, mesmo com algumas falhas visuais, este lote foi aprovado nesta categoria de análise.

Quanto a caracterização geométrica, o quadro 1 apresenta os resultados da análise dimensional dos tijolos. Analisando as dimensões efetivas, planeza de faces e desvio em relação ao esquadro, todas as amostras apresentaram valores satisfatórios segundo prescreve a NBR 15270-1 (2017). Por norma, o lote deve ser rejeitado caso: em cada requisito houver mais de dois exemplares ultrapassando as tolerâncias geométricas permitidas; ou, se a média obtida, a partir da verificação das dimensões efetivas individuais, ultrapasse a tolerância estabelecida pela norma supracitada.

Quadro 1. Resultados da análise dimensional

AM.1 Nº	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Planeza (mm)	Desvio (mm)
1	189	90	190	2,5	4
2	190	89	192	2	2
3	190	88	189	2	2,5
4	190	88	188	3	1
5	189	90	192	2,5	2
6	188,5	88,5	188	3,5	3
7	189	89,5	192,5	2,5	1,5
8	190	87,5	192	1,5	3
9	189	87,5	191,5	2	4
10	189	88	192	3	3
11	188	89	189	2	3
12	189	89	190,5	2	2
13	188,5	89	189	3	2,5
MÉDIA	189,2	88,7	190,4	2,4	2,6

Fonte: Autores (2023)

A regularidade nas dimensões dos blocos ou tijolos é um fator importante para uniformidade da alvenaria, além de proporcionar economia de argamassa de assentamento (SALGADO, 2009).

Quadro 02: Limites de tolerâncias geométricas dos tijolos cerâmicos VED-15

Requisitos específicos	Valores
Medidas das faces (C, L, H) - medidas individuais (tolerância)	± 5 mm
Medidas das faces (C, L, H) - na média (tolerância)	± 3 mm
Desvio em relação ao esquadro – D - valor máximo	3 mm
Planeza das faces ou flecha – F - valor máximo	± 3 mm

Fonte: NBR 15270-1 (2017)

O quadro 2 apresenta os principais limites de tolerância estabelecidos pela NBR15270-1 (2017). Quanto à espessura mínima da parede dos blocos, todos os exemplares analisados ficaram dentro do limite de tolerância da ABNT, ou seja, as espessuras mínimas das paredes do bloco foram iguais ou maiores que 7mm e a soma mínima das paredes de um mesmo corte transversal pegando duas paredes externas e uma interna foi maior ou igual a 20mm.

A propriedade física analisada foi o índice de absorção de água (quadro 3), critério importante a ser determinado pois este influencia no aparecimento de manifestações patológicas em edificações após a sua construção. Há de se destacar que o índice de absorção fora dos limites de tolerância normativos afetam a execução do assentamento da argamassa de revestimento (GONÇALVES, 2017). De acordo com Garcia et al. (2015), a absorção d'água é um quesito que frequentemente reprova os produtos cerâmicos e por isso merece atenção especial

Quadro 03: Absorção de água.

ABSORÇÃO DE ÁGUA			
Nº	Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)	Absorção (%)
2	2270,4	1877,5	20,93
5	2250	1872	20,19
7	2300,6	1911,1	20,38
9	2280,9	1890,1	20,68
11	2247,1	1862	20,68
13	2288,4	1891,5	20,98
MÉDIA AA (%)			20,64

Fonte: Autores (2023)

Existem pesquisadores, como Silva, Tamashiro e Antunes (2020), que alertam para a dificuldade de resolução dos problemas ligados a umidade, sobretudo quando estes estão relacionados a etapa construtiva, como é o caso onde os tijolos não atendem as especificações de absorção delimitadas pelas normas vigentes.

A absorção d'água é influenciada pela porosidade do material que quando em excesso pode causar manchas, bolor e eflorescência (MASSON et al., 2016). Isso acontece pela ascensão capilar da água nas alvenarias.

Pode-se observar através do quadro 3 que, todos os 6 exemplares analisados apresentaram índice de absorção de água satisfatório, entre 8 e 25% segundo norma NBR 15270-1 (2017) para tijolos cerâmicos de classe VED15.

Quanto a resistência à compressão (quadro 4), nenhum tijolo atingiu a resistência mínima (1,5 Mpa) estipulada em norma para classe de blocos VED15. Esta baixa resistência pode estar relacionada as condições de queima dos tijolos produzidos na região, que, neste caso, são queimados em fornos Hoffman (à lenha) sem nenhum tipo de dispositivo de controle de queima.

Quadro 4: Resistência à compressão dos tijolos.

Fbn	Exemplares AM2	Resist. dos CPs (MPa)
fb1	14	1,13
fb2	26	1,13
fb3	18	1,17
fb4	16	1,19
fb5	15	1,21
fb6	20	1,23
fb7	21	1,25
fb8	23	1,32
fb9	17	1,33
fb10	19	1,39
$f_{bk,est} = 1,1 \text{ MPa}; f_{bm} = 1,23 \text{ MPa}; f_{b1} \cdot \emptyset = 1,08 \text{ MPa}$		

Fonte: Autores (2023)

O valor da resistência característica de compressão (f_{bk}) do lote foi calculado conforme item 5.7 da NBR 15270-1 (2017). Como o valor de $f_{bk,est}$ ficou entre $[f_{bm}]$ e $[f_{b1} \cdot \emptyset]$, adotou-se $f_{bk} = f_{bk,est}$, desta forma, seu valor foi de 1,1 MPa. Analisando o resultado, o lote deveria ser descartado, porém, devido à proximidade do valor limite, ficando acima de 1MPa, o mesmo não foi realizado devido a péssima qualidade dos outros tijolos comercializados na região, que, pelos critérios gerais, já seriam descartados.

Desta forma, após o cliente junto com o engenheiro da obra buscarem outras opções no mercado, encontrando exemplares com características visuais bem inferiores aos adquiridos para teste, optaram pelo uso deste tijolo cerâmico.

Gonçalves (2014) também verificou falhas no aspecto mecânico em tijolos cerâmicos de mesmas dimensões em cidades próximas a Muriaé. Neste trabalho, desenvolvido no curso técnico em edificações no Centro de Ensino Técnico da Redentor (CETER) e apresentado em uma amostra técnica na UNIRENTOR, foram analisados tijolos de 4 municípios do Noroeste Fluminense e foram constatados que todos exemplares cerâmicos comercializados nas cidades da região não atendiam algum critério técnico estabelecido pela NBR15270, principalmente a resistência à compressão, onde uma amostra de lote obteve uma resistência média à compressão inferior a 0,6MPa.

A baixa qualidade dos tijolos cerâmicos não é percebida apenas no interior dos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, outros estudos no interior do Brasil evidenciam falhas nas propriedades físicas e mecânicas deste insumo que é tão importante e utilizado na construção civil, conforme constatação de STRAGLIOTTO, et al (2016).

Mesmo com a aceitação do tijolo analisado na obra em Muriaé, é importante ressaltar a importância do aspecto mecânico dos exemplares cerâmicos. Segundo Santos Júnior (2014), *a resistência mecânica da parede depende basicamente da resistência mecânica dos seus constituintes (tijolos, juntas de argamassa, aderência do conjunto, etc.)*.

Stragliotto et al (2016) discutem a importância da resistência mecânica dos blocos cerâmicos, afirmam que a baixa resistência pode causar o colapso, pelo próprio peso, da alvenaria, isso sem levar em conta que a resistência dos painéis de alvenaria sofre influência de outros parâmetros como espessura das juntas, resistência da argamassa, qualificação da mão de obra, tamanho e padrão de perfuração dos tijolos entre outros.

Outro ponto que pode ser destacado é a ligação da resistência mecânica dos tijolos cerâmicos às perdas durante as fases de transporte e manipulação. Segundo Silva et al (2017), os índices de perda de blocos cerâmicos, em obras residenciais de pequeno porte são de 6,38%, isso sem levar em conta as perdas que acontecem nas indústrias e no transporte. De acordo com Holanda e Silva (2011) a perda e a destinação inadequada dos resíduos gerados é um problema não assimilado pela sociedade, erando inclusive danos ambientais.

Savazzini-Reis e Silva (2017) relatam que a resistência dos blocos está associada a temperatura de queima, que deve ocorrer entre 900°C e 1000°C. Silva et

al. (2020) e Galdino, Judas e Gilksana (2014) relatam que a grande desvantagem dos fornos intermitentes é o alto consumo de lenha, elevada perda térmica, e, a dificuldade em distribuir uniformemente a temperatura dentro do forno, podendo ocorrer variações de até 500°C, o que ajuda a compreender o possível motivo da baixa resistência apresentada pelos tijolos ensaiados. Segundo a ABDI (2016), os fornos intermitentes representam cerca de 70% dos fornos utilizados pelas olarias e cerâmicas brasileiras.

CONCLUSÃO

Neste trabalho foram analisados blocos cerâmicos encomendados para uma construção residencial no Município de Muriaé, a após as inspeções, chegou-se as seguintes conclusões:

- Quanto aos requisitos gerais, todos os exemplares analisados atenderam os parâmetros normativos da ABNT, o que torna-se um ponto extremamente positivo, haja vista que na região são encontrados no mercado diversos tijolos de péssima qualidade fabricados em cidades vizinhas;
- Quanto aos critérios geométricos, com exceção do desvio em relação ao esquadro, todas as demais medidas ficaram dentro dos padrões exigidos. Como apenas dois exemplares ficaram com o desvio de 4mm, pode ser considerável aceitável o lote neste critério;
- Para a absorção de água, nenhum bloco apresentou índice fora dos 8% a 25%, logo, neste critério os tijolos possuem alta qualidade;

A maioria dos resultados foram satisfatórios, segundos as normas pertinentes, sendo apenas a resistência à compressão abaixo do especificado que é (1,5 Mpa). Embora este valor tenha ficado fora dos padrões normativos, é verificado que a resistência à compressão ficou próxima ao valor indicado. Muitos tijolos que são caracterizados na região e outras localidades no interior do Brasil possuem uma resistência à compressão abaixo de 1,0MPa, conforme pode ser verificado nos trabalhos de Silva e Tamashiro (2021), os quais confirmam a necessidade da padronização e a implementação de controle durante todo processo produtivo dos blocos cerâmicos, a fim de disponibilizar ao consumidor final, produtos de qualidade, que evitem o desperdício e acarretem a diminuição dos custos na construção civil.

REFERÊNCIAS

ABDI. **Estudo técnico setorial da cerâmica vermelha**. Brasília - DF: [s. n.], 2016

ARMAC. **Qual a importância da inspeção de qualidade na construção civil?**

Acesso em mar. 2023. Disponível em

<https://armac.com.br/blog/engenharia/inspecao-de-qualidade/>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR15270-1: **Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria, Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro – 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR15270-2: **Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria, Parte 2: Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro – 2017.

GALDINO, José Nildo; JUDAS, Tadeu; GILKSANA, Angélica. **Estudo dos principais fornos do setor de cerâmica vermelha do estado do Rio Grande do Norte**, 2014.

GARCIA, E. *et al.* **Avaliação da atividade pozolânica dos resíduos de cerâmica vermelha produzidos nos principais polos ceramistas do Estado de S. Paulo**. Cerâmica, [s. l.], v. 61, n. 358, p. 251–258, 2015.

GONÇALVES, G. P. **Materiais de Construção I**. IBL. Itaperuna, 2017.

GONÇALVES, G. P. *et al.* **Análise de tijolos cerâmicos de vedação comercializados no Noroeste Fluminense**. Amostra técnica dos cursos técnicos de nível médio do Centro de Ensino Técnico Redentor. Itaperuna, 2014.

HOLANDA, R. M.; SILVA, B. B. **Cerâmica Vermelha – Desperdício na Construção Versus Recurso Natural Não Renovável: Estudo de Caso nos Municípios de Paudalho/PE e Recife/PE**. Revista Brasileira de Geografia Física, [s. l.], v. 4, p. 872–890, 2011.

Macedo, R. S.; Menezes, R. R.; Neves, G. A.; Ferreira, H. C. **Estudo de argilas usadas em cerâmica vermelha**. Cerâmica 54 (2008) 411-417.

MASSON, A. C. *et al.* **Water absorption in bricks**. Revista Maiêutica, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 7–24, 2016.

OLIVEIRA, L. R. **A urbanização do município de Muriaé-MG e suas políticas habitacionais: estudo de caso**. Trabalho de conclusão de curso. UFV, 2018.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. Erica, 2009.

SANTOS JÚNIOR, L.V. **Projeto e execução de alvenarias: fiscalização e critérios de aceitação**. Editora Pini, São Paulo – 2014.

SAVAZZINI-REIS, A.; SILVA, M. S. **Análise do desempenho de blocos cerâmicos produzidos na região de Colatina-ES**. *Cerâmica Industrial*, v. 22, n. 3, p. 39–46, 2017.

SILVA, L. H. P.; TAMASHIRO, J. R.; ANTUNES, P. A. **Identificação e análise de patologias construtivas em unidade educacional pública de Presidente Epitácio, SP**. *COLLOQUIUM EXACTARUM*, v. 12, n. 1, p. 53–61, 2020.

Silva, L. H. P., & Tamashiro, J. R. **Análise e critérios de regulamentação técnica de tijolos cerâmicos produzidos em Presidente Epitácio, SP**. *Exacta*, 2021..

SILVA, A. S. *et al.* **Análise das perdas de materiais no serviço de alvenaria: estudo de caso realizado em obras de edificações residenciais de pequeno porte**. *Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, [s. l.], v. 1, n. 35, p. 90, 2017.

SILVA, L. H. P. *et al.* **Characterization of pottery kilns ash for application on pozzolanic cement**. *Matéria (Rio de Janeiro)*, [s. l.], v. 25, n. 1, 2020.

STRAGLIOTTO, A. J.; SAGRILO, B. DA S.; FERNANDES, F. A. S. **Avaliação dos requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis no recebimento de blocos cerâmicos de vedação a serem utilizados em obras de alvenaria na cidade de Palmas de acordo com a NBR 15270-1**. In: 60o Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2016.

YAZIGI, W. A. **Técnicas de Edificar**. 11ª Edição. Pini Sinduscon, São Paulo, 2011. PROJETO INTEGRADOR



AUTORES

Almir Pereira da Silva

Graduando em Engenharia Química - Centro Universitário Favip Wyden.

Anderson Laursen

Professor.

Bianca Rodrigues Santos

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental da Univasf.

Cláudio Cesar Zimmermann

Engenheiro Civil. Mestre e Doutor em Engenharia Civil. Professor da Universidade Federal de Santa Catarina.

Diana Aline Gomes

Doutoranda de Pós-Graduação em Engenharia Química – Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, Brasil; Engenheira Eletricista.

Evandro Queiroz

Professor.

Fernanda da Silva Macedo

Graduanda em Ciências Biológicas da Univasf.

Gabriel Pereira Gonçalves

Mestre em Engenharia Civil, docente da UniRedentor.

Gilmar Barreto

Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação - FEEC - da UNICAMP.

Guilherme Mileski de Souza

Aluno Graduando de Engenharia Civil, PUCPR, Curitiba-PR.

Gustavo Bourdot Back

Engenheiro Civil. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina.

Jarilson de Souza Silva

Graduado em Tecnologia de Gestão da qualidade, docente da UniRedentor.

Laércio da Cunha Beringuel

Bacharel em Química UFPE (Universidade Federal de PE).

Lara de Souza Soletti

Graduada em Engenharia Química pela Unicesumar (Maringá PR). Mestranda em Engenharia Química no Programa de Pós Graduação em Engenharia Química (PEQ) através da Universidade Estadual de Maringá (UEM), e Bolsista CAPES (número de processo 88887.892550/2023-00). Com linha de pesquisa em Técnicas alternativas para o Tratamento de Águas, ênfase em utilização de Biossorventes para remoção de Contaminantes Emergentes.

Leana Carolina Ferreira

Doutora em Gestão Urbana, Professora Adjunta, PUCPR, Curitiba-PR.

Lucas Gonçalves Martins

Graduando em Engenharia Civil.

Luís Fernando Cusioli

Professor do Departamento de Engenharia Química – Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, Brasil; Engenheiro Químico.

Márcio Roberto Labigalini

Mestrando em Engenharia Elétrica pela UNICAMP.

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim

Docente da Engenharia Agrícola e Ambiental.

Pietro Valdo Rostagno

Engenheiro Civil, docente da UniRedentor.

Quelen Letícia Shimabuku Biadola

Professora do Departamento de Engenharia Química – Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, Brasil; Engenheira Química.

Rosângela Bergasmasco

Professora do Departamento de Engenharia Química – Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, Brasil; Engenheira Química.

Vivian da Silva Celestino Reginato

Engenheira Cartógrafa. Mestra em Sensoriamento Remoto. Doutora em Engenharia Civil. Pós-Doutora em Modelação Geográfica e Gestão Territorial. Professora da Universidade Federal de Santa Catarina.

ISBN 978-655492036-0



9 786554 920360

