

ENGENHARIA DO FUTURO

Tendências e Perspectivas

Resiane Silveira (Org.)

v3
2023

ENGENHARIA DO FUTURO

Tendências e Perspectivas

Resiane Silveira (Org.)

v3
2023

2024 – 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 3 /
Resiane Paula da Silveira (organizadora). – Formiga (MG): Editora
Uniesmero, 2024. 104 p. : il.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5492-047-6
DOI: 10.5281/zenodo.10543482

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/2024/01/engenharia-do-futuro-3.html>



AUTORES

**ALEXANDRE MAGNO ROCHA DA ROCHA
ANA CAROLINE PEREIRA NOLASCO
CASSIANA FAGUNDES DA SILVA
EDUARDO VASCONCELOS CORDEIRO NOGAROTO
ELIAS NUNES FILHO
ENIO FERNANDES AMORIM
FILIPE WILTGEN
ILAN HUDSON GOMES DE SANTANA
JEFFERSON BENTO GOMES PINHEIRO
JULIA ALVES BARBOSA
JÚLIA MARQUES ZUANY DE OLIVEIRA
KAROLINE SOCORRO DA FONSECA SANTOS
LIGIA MARA GONZAGA
MARCONDES MENDES DE SOUZA
MARIA CLARA PAULINO DE AMORIM
MAYARA REBECA MARTINS VIANA
MOISES BARBOSA JUNIOR
VANESSA OLIVEIRA DA SILVA**

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 ANÁLISE DA MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA UTILIZANDO MATERIAIS CERÂMICOS INCORPORADOS COM O CALCÁRIO DE APODI/RN <i>Julia Alves Barbosa; Marcondes Mendes de Souza; Alexandre Magno Rocha da Rocha; Jefferson Bento Gomes Pinheiro; Maria Clara Paulino de Amorim; Ilan Hudson Gomes de Santana; Mayara Rebeca Martins Viana</i>	8
Capítulo 2 ANÁLISE DE MEV E EDX DO REJEITO DO BENEFICIAMENTO DE CAULIM DO MUNICÍPIO DE EQUADOR/RN <i>Maria Clara Paulino de Amorim; Marcondes Mendes de Souza; Jefferson Bento Gomes Pinheiro; Julia Alves Barbosa; Enio Fernandes Amorim; Ligia Mara Gonzaga; Elias Nunes Filho</i>	20
Capítulo 3 COMPARAÇÃO ENTRE SOFTWARES EM BUSINESS INTELLIGENCE: MICROSOFT PLANNER, POWER BI E MONDAY.COM <i>Eduardo Vasconcelos Cordeiro Nogaroto; Cassiana Fagundes da Silva; Moises Barbosa Junior</i>	32
Capítulo 4 NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA DA FUSÃO NUCLEAR VIA CONFINAMENTO MAGNÉTICO DO PLASMA EM TOKAMAKS <i>Filipe Wiltgen</i>	41
Capítulo 5 SUSTENTABILIDADE: ESTUDO DA REUTILIZAÇÃO DA CASCA DE OVO PARA FORMAÇÃO DE MASSAS CERÂMICAS <i>Jefferson Bento Gomes Pinheiro; Marcondes Mendes de Souza; Alexandre Magno Rocha da Rocha; Maria Clara Paulino de Amorim; Ligia Mara Gonzaga; Elias Nunes Filho; Enio Fernandes Amorim</i>	66
Capítulo 6 ANÁLISE CONSTRUTIVA DO CENTRO AVANÇADO DE PREVENÇÃO DO CÂNCER DE COLO UTERINO NO AMAZONAS <i>Karoline Socorro da Fonseca Santos; Júlia Marques Zuany de Oliveira</i>	79
Capítulo 7 ANÁLISE TEÓRICA DAS ALTERNATIVAS VIÁVEIS PARA O REAPROVEITAMENTO DE DORMENTES DE MADEIRA <i>Ana Caroline Pereira Nolasco; Vanessa Oliveira da Silva</i>	90
AUTORES	101

Capítulo 1
ANÁLISE DA MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE
VARREDURA UTILIZANDO MATERIAIS
CERÂMICOS INCORPORADOS COM O
CALCÁRIO DE APODI/RN

Julia Alves Barbosa
Marcondes Mendes de Souza
Alexandre Magno Rocha da Rocha
Jefferson Bento Gomes Pinheiro
Maria Clara Paulino de Amorim
Ilan Hudson Gomes de Santana
Mayara Rebeca Martins Viana

**ANÁLISE DA MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA
UTILIZANDO MATERIAIS CERÂMICOS INCORPORADOS COM O
CALCÁRIO DE APODI/RN**

Julia Alves Barbosa

*Pesquisador do Grupo de Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Meio Ambiente
PROPI-IFRN/ CNPq, estudante téc. Em Mineração, alves.julia@escolar.ifrn.edu.br.*

Marcondes Mendes de Souza

*Professor do ensino técnico e tecnológico do IFRN, Dr. Em Engenharia Mecânica,
marcondes.mendes@ifrn.edu.br.*

Alexandre Magno Rocha da Rocha

*Professor do ensino técnico e tecnológico do IFRN, Me. Em Geociência,
alexandre.rocha@ifrn.edu.br.*

Jefferson Bento Gomes Pinheiro

*Pesquisador do Grupo de Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Meio Ambiente
PROPI-IFRN/ CNPq, estudante téc. Em Mineração,
jefferson.pinheiro@escolar.ifrn.edu.br.*

Maria Clara Paulino de Amorim

*Pesquisador do Grupo de Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Meio Ambiente
PROPI-IFRN/ CNPq, estudante téc. Em Mineração,
clara.amorim@escolar.ifrn.edu.br.*

Ilan Hudson Gomes de Santana

*Acadêmico de Odontologia na Universidade Federal da Paraíba, Estudante de
graduação em Odontologia, ilan.hudson@academico.ufpb.br.*

Mayara Rebeca Martins Viana

*Cirurgião-dentista pelo Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ),
mayara.rebeca2@gmail.com.*

RESUMO

A indústria cerâmica desempenha um papel importante no estado do Rio Grande do Norte, principalmente na área da construção civil, que causa uma necessidade de matérias-primas na fabricação dos materiais cerâmicos. Por isso, para este trabalho, foi incorporado na formulação de revestimentos cerâmicos, o resíduo de calcário da pedreira de rocha ornamental localizado na cidade de Apodi-RN. Iniciou-se os procedimentos com a fase da preparação e composição das amostras, prosseguindo para um descanso de 24 horas. Após o descanso, foram compactadas com o auxílio de uma prensa hidráulica à 2,5 toneladas e guardadas na estufa por 24 horas. Em seguida foram para a sinterização em forno mufla e, ao saírem, foi realizado algumas análises físicas, a fim de analisar algumas características físicas presentes. Este trabalho teve como finalidade obter informações sobre a morfologia das amostras sinterizadas nas temperaturas de 1100°C e 1200°C. Submetendo-as à análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV), essa caracterização foi efetivada nas superfícies de fratura dos corpos-de-prova sinterizados por um microscópio eletrônico de varredura do Laboratório de Processamento Mineral do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Por meio deste estudo, observou-se que a temperatura influencia na densificação, já que em uma temperatura mais baixa, os materiais não se fundem completamente, deixando a peça com vários poros e partículas maiores.

Palavras-chave: Cerâmica. Calcário. MEV.

ABSTRACT

The ceramics industry plays an important role in the state of Rio Grande do Norte, especially in the construction sector, which requires raw materials to manufacture ceramics. For this reason, for this work, limestone waste from the ornamental rock quarry located in the city of Apodi-RN was incorporated into the formulation of ceramic tiles. The procedures began with the preparation and composition of the samples, which were then rested for 24 hours. After resting, they were compacted using a hydraulic press at 2.5 tons and stored in an oven for 24 hours. They were then sintered in a muffle furnace and, when they came out, some physical analysis was carried out in order to analyze some of the physical characteristics present. The aim of this work was to obtain information on the morphology of the samples sintered at 1100°C and 1200°C. This characterization was carried out on the fracture surfaces of the sintered specimens using a scanning electron microscope at the Mineral Processing Laboratory of the Federal Institute of Rio Grande do Norte (IFRN). Through this study, it was observed that temperature influences densification, since at a lower temperature, the materials do not melt completely, leaving the piece with several pores and larger particles.

Keywords: Ceramic. Limestone. MEV.

INTRODUÇÃO

“O estado do Rio Grande do Norte é auto-sustentável em termos de cerâmicas. Aqui são feitos tijolos, telhas, pedras artificiais e muitos outros produtos” (MEYER et al., 2011). No entanto, esses materiais cerâmicos, necessitam de matérias-primas que possam aprimorar seu desempenho para o mercado. Por isso, houve necessidade de analisar como o calcário reagiria, quando incluído na formulação do revestimento cerâmico, já que é um material abundante no estado e procurado pelas empresas de cimento, cal, produção de brita e produção de corretivos de acidez de solos. Sendo uma rocha composta principalmente por carbonato de cálcio (CaCO_3) na forma de calcita e aragonita.

Outros materiais utilizados foram: o feldspato, mineral que corresponde cerca de 60% da crosta terrestre e de acordo com Lira e Neves (2013), o feldspato compreende os silicatos de alumínio combinados com sódio, potássio, cálcio e, eventualmente, bário. Além disso, também foi utilizado o quartzo, que segundo Frondel (1962), é um dos minerais mais abundantes da crosta terrestre, cerca de 12% e com composição química de SiO_2 .

Após a confecção e também das análises físicas como a absorção de água, para analisar mais profundamente os resultados, será usado o microscópio eletrônico de varredura (MEV). Ou seja, se baseia na varredura de feixes eletrônicos em um local adequado para receber esses feixes, resultando em imagens bem detalhadas. Quando há interação do feixe com a peça cerâmica, os elétrons perdem energia e formam um volume de interação, que penetra para dentro da superfície da amostra.

REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Meyer (*et al.*, 2019), o calcário possui uma importância para a fabricação de produtos utilizados na agricultura e na construção civil. O minério é usado para diversas áreas, como para a produção de cimento, cal e até rochas ornamentais. Para esse trabalho, analisa-se morfológicamente as peças incorporadas com calcário e sinterizados em 1100°C e 1200°C .

As rochas calcárias são rochas sedimentares constituídas predominantemente por calcita (carbonato de cálcio) e/ou dolomita (carbonato de cálcio e magnésio). Podem ainda conter impurezas

como matéria orgânica, silicatos, fosfatos, sulfetos, sulfatos, óxidos e outros. Essas rochas têm sua origem química, biológica ou clástica, sendo constituídas predominantemente por Calcita (CaCO_3), Dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) e Aragonita (CaCO_3) (CAMPELLO, 2018).

De acordo com Souza, Almeida e Bezerra Neto (2018), dependendo do teor de calcário na formulação, é possível concluir que o resíduo ornamental de calcário quando aplicado na massa cerâmica como componente fundente é eficaz na produção de revestimento. Para a análise morfológica, usa-se o microscópio eletrônico de varredura que, segundo Moreira (*et al.*, 2011) utiliza feixes de elétrons que varre a superfície de amostra dentro de uma câmara sob vácuo, gerando imagens com alta profundidade de campo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo, foi utilizado argila plástica, feldspato, quartzo e o calcário – proveniente do município de Apodi. Estes materiais não foram coletados com uma granulometria adequada, por isso, foram cominuídos com o auxílio de um moinho de bolas e peneirados a uma malha de 200 mesh. A formulação utilizada está presente na tabela I, buscando entender o comportamento de cada material e se seria eficiente para a produção de revestimento cerâmico. Além dos compostos mencionados, foi adicionado ainda 1,2 ml de água destilada – o que corresponde a 10% da massa total de cada corpo de prova, para a umidificação e homogeneização da massa, conforme na tabela I. O somatório dos quatro elementos acrescidos da água corresponde a um total de 13,2 g, sendo o necessário para a confecção de um corpo cerâmico.

Para o trabalho, foi confeccionado 40 corpos de prova, ocorrendo variação de temperatura. Iniciou-se com a fase de preparação e composição das amostras, adicionando separadamente cada material . prosseguindo para um descanso de 24 horas. Após o descanso, foram compactadas em uma prensa hidráulica à 2,5 toneladas e guardadas na estufa por 24 horas a 110°C, onde ocorrerá a perda parcial da umidade. Assim, ao saírem da estufa, foram colocadas em forno mufla para ocorrer a sinterização, sob patamar de 60 minutos e taxa de aquecimento de 10°C/min, onde foram sinterizadas a 1100° C e 1200°C.

Tabela I - Formulação das massas cerâmicos.

Formulação	
Compostos	Quantidade (%)
Feldspato	50%
Argila plástica	37%
Quartzo	6%
Calcário	7%
Água destilada	10%

Fonte: Autor (2023)

Por fim, ao saírem do forno, iniciou-se a realização da caracterização física, os corpos cerâmicos foram pesados em balança de precisão e tiveram as suas dimensões aferidas com o auxílio de um paquímetro digital, imediatamente após os processos de secagem e sinterização, sendo registrados os valores de largura, comprimento, peso, peso úmido e peso imerso das peças – estes dois últimos, somente após o processo de sinterização. O objetivo desta caracterização foi determinar suas características físicas por meio dos cálculos de retração linear, absorção de água, porosidade aparente e massa específica aparente. Para a classificação, os resultados obtidos foram comparados com a tabela de classificação dos revestimentos cerâmicos em função da absorção de água (ABNT NBR 6459, 1984).

Para a realização da microscopia eletrônica de varredura (Figura 1), utilizou um microscópio da marca Shimadzu, modelo SSX-550, do Laboratório de Processamento Mineral do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). As amostras foram reduzidas para aproximadamente 1 cm, isso devido a limitação do tamanho do porta amostra (*stub*) para análise em microscópio. O porta amostra do equipamento de microscopia tem aproximadamente 1 cm de diâmetro e altura máxima de 2,0 cm.

Figura 1 - Microscópio Eletrônico de Varredura.



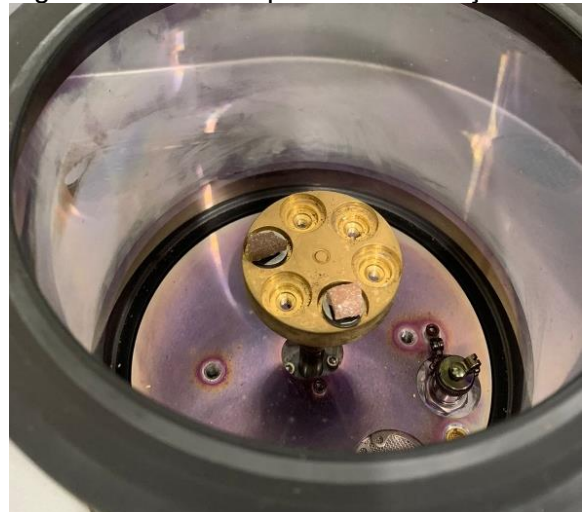
Fonte: Autor (2023).

As amostras reduzidas foram recobertas com ouro, buscando-se uma melhor condutibilidade, visto que isso facilita as trocas iônicas e detecção delas para uma melhor qualidade nas imagens, o que influenciará diretamente na qualidade das imagens obtidas. Para isso, foi utilizado um metalizador disco de ouro, como mostra na figura 2 e 3. Após a metalização das amostras, elas já estavam aptas para serem levadas ao microscópio eletrônico de varredura – MEV para aquisição das imagens.

Figura 2 - Metalizador Disco de Ouro.



Figura 3: Carrossel para a metalização.



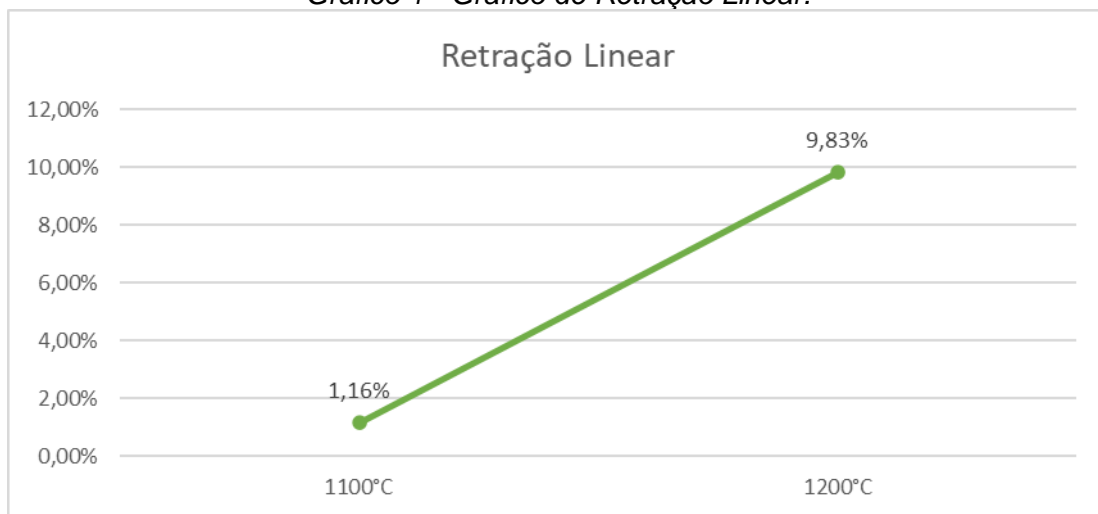
Fonte: Autor (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Retração Linear

Segundo Melo (2006), a retração linear, seria a variação dimensional do corpo de prova após a queima, sendo uma evidencia do grau de densificação da massa. Entende-se também, que valores positivos indicam retração e negativos que houve expansão. O gráfico 1 apresenta os resultados da retração linear, sinterizadas a 1100°C e 1200°C. De acordo com o gráfico, houve um aumento da retração linear dos corpos-de-prova com o aumento da temperatura de 1100°C para 1200°C. Evidenciando a influência que a temperatura possui na retração linear dos corpos-de-prova, sendo atribuído esse comportamento à perda de massa dos corpos-de-prova. Ao analisar, vemos que as peças de 1100°C sofreram um baixa retração enquanto as queimadas sob um patamar de 1200° C apresentaram um alta retração, consequentemente diminuindo a porosidade e a absorção.

Gráfico 1 - Gráfico de Retração Linear.



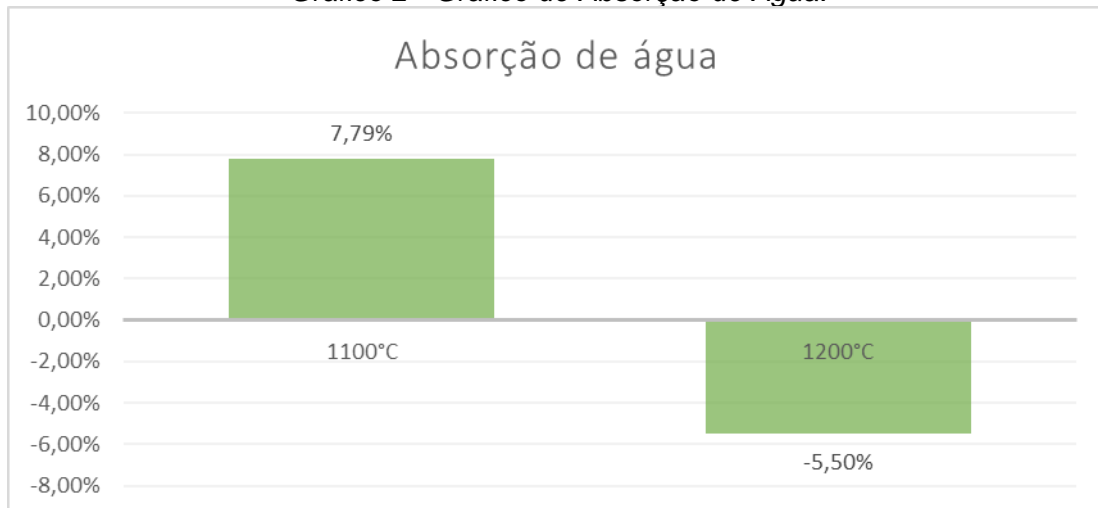
Fonte: Autor (2023).

Absorção Água

De acordo com Souza (2015), a absorção de água mede a porcentagem em peso de água absorvida pela peça cerâmica seca. O gráfico 2, apresenta a média de absorção de água dos corpos-de-prova sinterizados a 1100° e 1200° C. A temperatura demonstra que quando se há um aumento, ocorre uma menor absorção de água. Assim como uma menor porosidade. Atribuindo-se tal comportamento a uma baixa

quantidade de poros abertos, relacionando-se a temperatura de sinterização e alta retração linear, onde os materiais fundentes preencheram o suficiente os poros, absorvendo assim, uma quantidade menor de água. O valor foi negativo em função da densificação do corpo-de-prova após ultrapassar o ponto de fusão máximo e também a entrada e gases dentro da peça.

Gráfico 2 - Gráfico de Absorção de Água.



Fonte: Autor (2023).

Microscopia Eletrônica de Varredura

A caracterização microestrutural por microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi efetivada, por um microscópio da marca Shimadzu, modelo SSX-550, do Laboratório de Processamento Mineral do IFRN, utilizando a voltagem de aceleração de elétrons em 10 kV. Esse processo tem o objetivo de conseguir informações sobre a morfologia do material. As confeccionas foram submetidas à análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV), caracterizando-as quanto a textura e o aspecto superficial da região de fratura do material.

Figura 4 - Micrografia da peça a 1100°C

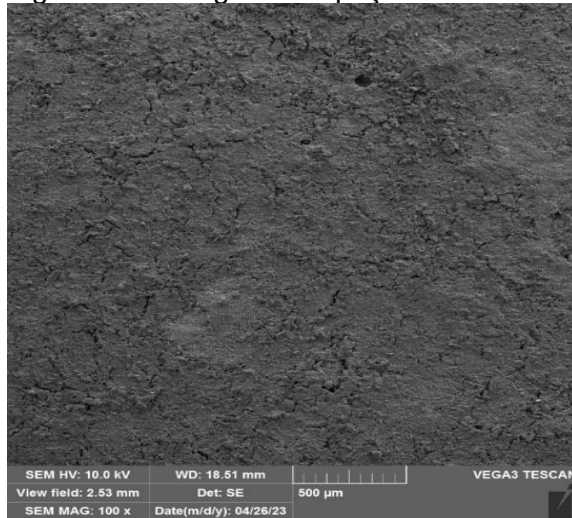
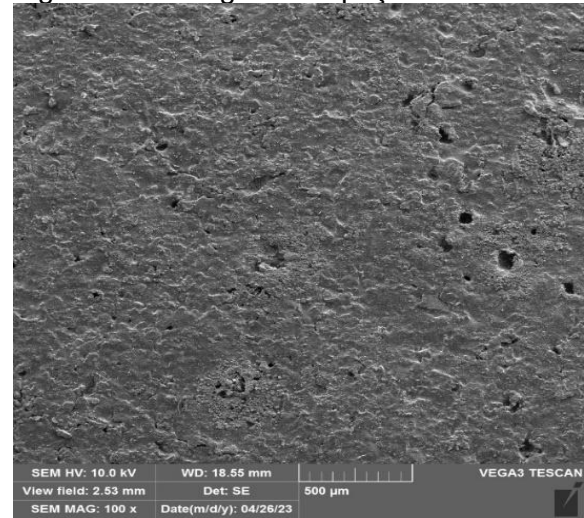


Figura 5 - Micrografia da peça a 1200°C



Fonte: Laboratório de Processamento Mineral (2023).

As Figuras 4 e 5, apresentam as micrografias dos materiais sinterizados a 1100°C e 1200°C, respectivamente. Observa-se que o corpo-de prova da formulação sinterizada a 1100°C (Figuras 4), apresenta grandes quantidades de poros com relação a sinterizada em 1200°C. Já na figura 5, observa-se as fase vítrea no corpos-de-prova sinterizados a 1200°C e alguns poros que podem ter relação com o fornecimento de energia insuficiente para a formação da fase líquida.

Figura 6 - Micrografia ampliada 3000x.

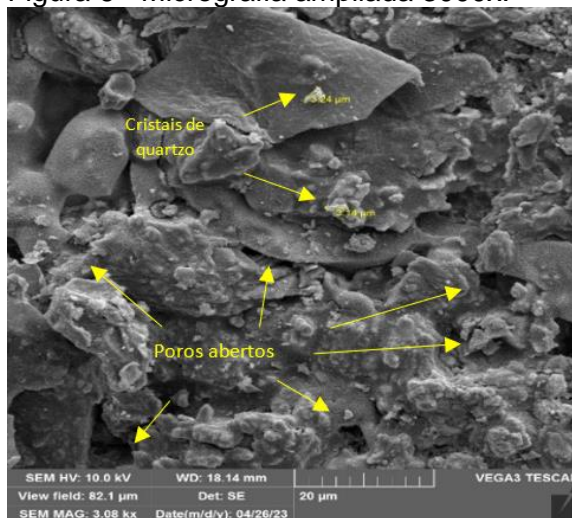
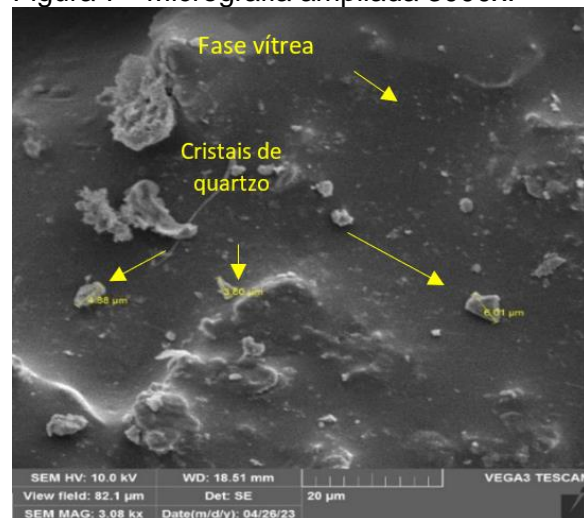


Figura 7 - Micrografia ampliada 3000x.



Fonte: Laboratório de Processamento Mineral (2023)

Nas figuras 6 e 7, observa-se a diferença das superfícies das amostras, apresentando as fases vítreas nos corpos-de-prova que foi submetido a uma maior temperatura. Confirmando a densificação dos corpos de prova no aumento da temperatura de sinterização, isso ocorre pois os materiais atingem a sua fase líquida

e preenchem os poros, aumentando maior a densidade dos materiais cerâmicos. Além da presença da fase vítrea, há também partículas de quartzo que não fundiram porque o quartzo suporta temperaturas mais elevadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das análises microestruturais dos corpos sinterizados, foi observado que quando sinterizadas em uma temperatura mais baixa, os materiais não se fundem completamente, deixando a peça com vários poros e partículas maiores. Já na temperatura de 1200°C, elas conseguem atingir a fase vítrea, reduzindo os poros e aumentando a densidade do material. No entanto, apresentaram valores negativos de absorção, devido a densificação do corpo-de-prova passando do ponto de fusão e causando a entrada e gases dentro da peça. Assim, percebe-se que as peças para uma melhor qualidade do material, é necessária uma temperatura que esteja entre as utilizadas.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459: **Determinação do limite de liquidez – método de ensaio**. Rio de Janeiro, RJ, 1984

CAMPELLO, Marcos Santos. Rochas carbonáticas. **Recursos minerais de Minas Gerais on line: síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais, 2018.

DANA, James Dwight *et al.* **O Sistema de Mineralogia: Minerais de Sílica/de James Dwight Dana e Edward Salisbury Dana, Universidade de Yale, 1837-1892**. J. Wiley and Sons, Incorporated, 334p. 1962.

LIRA, Hélio L.; NEVES, Gelmires A. **Feldspatos: conceitos, estrutura cristalina, propriedades físicas, origem e ocorrências, aplicações, reservas e produção**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 3, pág. 110-117, 2013.

MELO, M.M. **Formulação e caracterização de massa de grés porcelanato preparadas a partir de matérias-primas naturais do Rio Grande do Norte e com adição de chamote de telhas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica).


Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 136p., 2006.

MEYER, Mauro Froes et al. **INDÚSTRIA CERAMISTA: IMPACTOS AMBIENTAIS NO RIO GRANDE DO NORTE**. Porto de Galinhas: 55º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2011. p.2.

MEYER, Mauro Froes; Souza, Marcondes Mendes de; Monteiro, Flanelson Maciel; Pinto, Yago Lutz Castro; Sá, Isamar Alves de. **PAPEL SOCIOECONÔMICO DO CALCÁRIO POTIGUAR**, p. 1. In: *20º Simpósio de Mineração*, São Paulo, 2019.

Moreira, Silvino & Silveira, Patricia & Ferreira, Aline & Tavares, Dérica & Dorigan, Adriano & Ramos, Gabriella & Pinheiro, Indiara & Souza, Larissa & Alves, Eduardo. (2023). **CAPÍTULO 5-MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA**.

SOUZA, Marcondes Mendes de. **Estudo da adição de resíduos de quartzitos para obtenção de grés porcelanato**. 2015.



Capítulo 2
ANÁLISE DE MEV E EDX DO REJEITO DO
BENEFICIAMENTO DE CAULIM DO MUNICÍPIO
DE EQUADOR/RN

Maria Clara Paulino de Amorim
Marcondes Mendes de Souza
Jefferson Bento Gomes Pinheiro
Julia Alves Barbosa
Enio Fernandes Amorim
Ligia Mara Gonzaga
Elias Nunes Filho

ANÁLISE DE MEV E EDX DO REJEITO DO BENEFICIAMENTO DE CAULIM DO MUNICÍPIO DE EQUADOR/RN

Maria Clara Paulino de Amorim

*Pesquisador do Grupo de Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Meio Ambiente
PROPI-IFRN/CNPq, estudante téc. em Mineração, clara.amorim@escolar.ifrn.edu.br*

Marcondes Mendes de Souza

*Professor do ensino técnico e tecnológico do IFRN, Dr. Em Engenharia Mecânica,
Marcondes.mendes@ifrn.edu.br.*

Jefferson Bento Gomes Pinheiro

*Pesquisador do Grupo de Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Meio Ambiente
PROPI-IFRN/ CNPq, estudante téc. em Mineração,
jefferson.pinheiro@escolar.ifrn.edu.br*

Julia Alves Barbosa

*Pesquisador do Grupo de Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Meio Ambiente
PROPI-IFRN/ CNPq, estudante téc. em Mineração, alves.julia@escolar.ifrn.edu.br*

Enio Fernandes Amorim

*Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Geotecnia atuando em Obras de
Infraestrutura, enio.amorim@ifrn.edu.br*

Ligia Mara Gonzaga

*Professora do ensino técnico e tecnológico do IFRN e pesquisadora do CT mineral
IFRN, Dra. Em Engenharia de processos, ligia.gonzaga@ifrn.edu.br*

Elias Nunes Filho

*Técnico em Mineração, Técnico de laboratório de tecnologia mineral e Coordenador
de Extensão, Pesquisa e Inovação Tecnológica no Campus Avançado Parelhas,
elias.nunes@ifrn.edu.br*

RESUMO

Este trabalho objetivou a realização da análise da microscopia eletrônica de varredura (MEV) e a espectrometria de energia dispersiva de raio-X (EDX) do rejeito proveniente do beneficiamento do caulim encontrado na região da província pegmatítica da Borborema no Seridó, especificamente no município de Equador, no estado do Rio Grande do Norte. O rejeito foi coletado no município, depois foi britado e cominuído para atingir uma granulometria menor para a realização dos testes. Após a cominuição, o material foi peneirado para atingir as granulometrias de 100 e 200 mesh. O MEV e o EDX foram realizadas em amostras do rejeito de caulim contendo 05 gramas para os ensaios já mencionados de caracterização estrutural e caracterização química por fluorescência de raios-x. O mesmo procedimento foi realizado com as amostras de mica encontradas no rejeito do beneficiamento do caulim. O MEV das amostras do rejeito do beneficiamento do caulim evidenciou a diferenciação das partículas entre a análise da amostra bruta e as amostras classificadas pelo processo de peneiramento, e não foi possível visualizar algum mineral de cor escura. Já o EDX desse rejeito não mostrou evidência desse mineral, mas mostrou a existência de outros compostos, como Ga_2O_3 e ZnO . O MEV da amostra da mica encontrado no rejeito do beneficiamento do caulim, observou-se um possível mineral de cor escura (que pode indicar a presença de Tantalita, por exemplo). Já o EDX dessa mica apresentou evidência de tântalo (Ta_2O_5), e outros compostos, como Rb_2O e P_2O_5 .

Palavras-chave: Caulim. Rejeito. Mica. MEV. EDX.

ABSTRACT

The aim of this work was to carry out scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive X-ray spectrometry (EDX) analysis of the tailings from kaolin processing found in the Borborema pegmatite province in the Seridó region, specifically in the municipality of Equador, in the state of Rio Grande do Norte. The tailings were collected in the municipality, then crushed and comminuted to achieve a smaller particle size for the tests. After comminution, the material was sieved to achieve grain sizes of 100 and 200 mesh. SEM and EDX were carried out on samples of kaolin tailings containing 05 grams for the aforementioned tests of structural characterization and chemical characterization by X-ray fluorescence. The same procedure was carried out on the mica samples found in the kaolin processing tailings. The SEM of the kaolin processing tailings showed that the particles differed between the analysis of the raw sample and the samples classified by the sieving process, and it was not possible to see any dark-colored minerals. The EDX of this tailings showed no evidence of this mineral, but did show the existence of other compounds, such as Ga_2O_3 and ZnO . The SEM of the mica sample found in the kaolin processing tailings showed a possible dark-colored mineral (which could indicate the presence of tantalite, for example). The EDX of this

mica showed evidence of tantalum (Ta₂O₅) and other compounds such as Rb₂O and P₂O₅.

Keywords: Kaolin. Reject. Mica. SEM. EDX.

INTRODUÇÃO

Segundo Grim (1958), o termo caulim é utilizado tanto para denominar a rocha que contém a caulinita, como o seu principal constituinte, quanto para o produto resultante do seu beneficiamento. Caulim é uma rocha de granulometria fina, constituída de material argiloso, normalmente com baixo teor de ferro, de cor branca ou quase branca.

De acordo com Luz *et al*, (2008), as grandes empresas de caulim oferecem uma gama bastante diversificada de produtos para diferentes tipos de mercado. Em contrapartida, as pequenas empresas são capazes de especializar-se em pequenos nichos de mercados, como cerâmicas, borracha e catalisadores que, por seu consumo relativamente baixo, não se mostram atraentes para as grandes. Ou seja, o caulim é de suma importância para o desenvolvimento de grandes e pequenas empresas, pois possui diferentes usos, dentro e fora do ramo da indústria mineral.

Também Segundo Luz *et al* (2003), *apud* Sá *et al* (2014), o caulim extraído dos pegmatitos normalmente está encaixado em muscovita e quartzitos da Formação Equador e nos micaxistos do Seridó. Pode estar associado a minerais como: Tantalita, berilo, muscovita, quartzo e feldspato. A lavra de caulim na região Borborema-Seridó é feita por meios manuais, inicialmente a céu aberto, podendo evoluir para a lavra subterrânea, com abertura de poços e galerias, segundo os procedimentos característicos da mineração artesanal.

“A província pegmatítica da região Borborema–Seridó localiza-se nos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Os pegmatitos dessa região, em sua maioria, são mineralizados em tantalita/columbita, berilo, entre outros.” (SILVA e DANTAS, 1997 *apud* SÁ, JAZIEL *et al* 2014). Os pegmatitos primários do Nordeste brasileiro produzirem caulins extremamente brancos. Constituídos com boa percentagem de caulinita, encontram-se em grande parte na região de domínio da Província Pegmatítica da Borborema. (RIBEIRO FILHO, 1976 *apud* CARVALHO 2002). E, segundo Almeida (2021), a série mineral conhecida como columbita-tantalita é um dos

principais componentes dos pegmatitos da Província Borborema, e apresenta quantidades significativas de tântalo (Ta) e nióbio (Nb) nos concentrados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Considerando-se que, durante o beneficiamento do caulim, o seu rejeito é descartado por não ser considerada uma parte de valor econômico na indústria mineral, esse trabalho tem como objetivo a realização da análise da microscopia eletrônica de varredura (MEV), na qual “a região analisada é irradiada por um fino feixe de elétrons e como resultado da sua interação com a amostra, uma série de radiações são emitidas como: elétrons secundários, elétrons retro espalhados, raios-X característicos, elétrons Auger, fótons, etc. (Soares, B. M. C, 2010), e a espectrometria de energia dispersiva de raio X (EDX), que “quantifica elementos com: número atômico (Z) maior que 11; fração mássica superior a 0,1%, ocupando alguns micrômetros superficiais. Elementos com <11 podem ser analisados com uma janela adequada para elementos leves, porém este recurso diminui a precisão do ensaio.” (ASTM, 2003) do rejeito proveniente do beneficiamento do caulim encontrado na região da província pegmatítica da Borborema no Seridó do Rio Grande do Norte. Essa pesquisa analisará se nesse rejeito há minerais de interesse da indústria mineral, como a Tantalita, que é um mineral associado ao caulim, de extrema importância econômica e mineral.

Tradicionalmente, resíduos são dispostos em aterros e muito geralmente descartados diretamente no meio ambiente, sem qualquer processo de tratamento ou imobilização. Todavia, alternativas de reciclagem e/ou reutilização devem ser investigadas e, sempre que possível, implementadas. A abordagem ambiental mais recente objetiva obter o desenvolvimento sustentável, minimizando o descarte de materiais, estimulando o reaproveitamento dos resíduos gerados nos diversos setores da economia. A reutilização e a reciclagem de resíduos, após a detecção de suas potencialidades são consideradas atualmente alternativas que podem contribuir para a diversificação de produtos, diminuição dos custos de produção, fornece matérias-primas alternativas para uma série de setores industriais, conservação de recursos não renováveis, economia de energia e, principalmente, melhoria da saúde da população. (MENEZES, 2007).

“Um dos grandes desafios para o século XXI é a eliminação dos resíduos industriais provenientes das empresas mineradoras. Pesquisas sobre reciclagem de resíduos vêm sendo desenvolvidas em todo o mundo.” (SOUZA, 2015, p.55).

Segundo Avelino *et al* (2012) *apud* Medeiros *et al* (2020), como resultado da sua extração e beneficiamento, o setor do caulim produz uma alta quantidade de rejeito, sendo classificada em dois tipos. O primeiro tipo é um rejeito arenoso (composto principalmente por quartzo e feldspato), oriundo da primeira etapa de beneficiamento, que é a separação da areia do minério de caulim. O outro tipo é gerado na segunda fase do beneficiamento, um resíduo de granulometria mais fina constituído essencialmente por uma suspensão *aquosa* do argilomineral caulinita, sob a forma de partículas muito finas, que são depositadas em terrenos a céu aberto, o que acarreta impactos do ponto de vista econômico e ambiental.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste trabalho, foi coletado o rejeito oriundo do beneficiamento do caulim (figura 1) proveniente do município de Equador, no estado do Rio Grande do Norte, município situado na Província Pegmatítica da Borborema. Esse material foi coletado na Mineração Nossa Senhora De Lourdes Ltda., empresa que trabalha com o beneficiamento de gesso e caulim associado à extração desses minerais. Após a coleta do rejeito, o material foi britado e moído para que fosse possível as análises que seguiram posteriormente (a caracterização estrutural e caracterização química por fluorescência de raios-x).

Figura 8- Rejeito do beneficiamento do caulim.



Fonte: Autores (2023).

Para a realização da microscopia eletrônica de varredura, o rejeito do beneficiamento do caulim foi separado três amostras para a análise. A primeira amostra foi submetida a um peneiramento em uma peneira de -100# (mesh), a qual significa o número de aberturas presentes em uma polegada da malha da peneira. A segunda amostra foi coletada após a britagem e moagem do material. Por fim, a terceira amostra eram pedaços de mica bruta presentes no rejeito coletado. Essas amostras (figura 2) foram submetidas a análise de microscopia eletrônica de varredura. O MEV foi realizado por um microscópio da marca Shimadzu, modelo SSX-550, pertencente ao Laboratório de Caracterização de Minerais/Materiais do IFRN, como mostra a figura 3, utilizando voltagem de aceleração de elétrons em 10 kV. Antes da realização da caracterização estrutural por fluorescência de raios-x, as amostras foram submetidas a uma metalização, com ouro, para que as amostras consigam uma maior condutibilidade, tendo em vista que esse procedimento facilita as trocas iônicas e a detecção dessas trocas, melhorando a qualidade das imagens que serão obtidas e também para que as amostras ficassem mais resistentes contra os raios X da análise, aumentando a duração das amostras durante a realização do MEV.

Figura 9- Amostras utilizadas no MEV



Fonte: Autores (2023).

Figura 10- Microscópio eletrônico de varredura



Fonte: Autores (2023).

Com relação à caracterização química por fluorescência de raios-x (EDX), foram separadas duas amostras para a realização da análise. A primeira amostra foi referente ao rejeito do beneficiamento do caulim passante na peneira de -200# (o sinal negativo significa que o material utilizado foi o passante na peneira de 200 #). Já a segunda amostra foram as micas (após passar por um processo de moagem no moinho de bolas) passante na peneira de -200# (figura 4). Essa análise foi realizada

no Laboratório de Caracterização de Minerais/ Materiais do IFRN, em um Espectrômetro de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva da marca Shimadzu e modelo EDX 720HS (figura 5).

Figura 11- Amostras utilizadas no EDX



Fonte: Autores (2023)

Figura 12- Espectrômetro de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva.

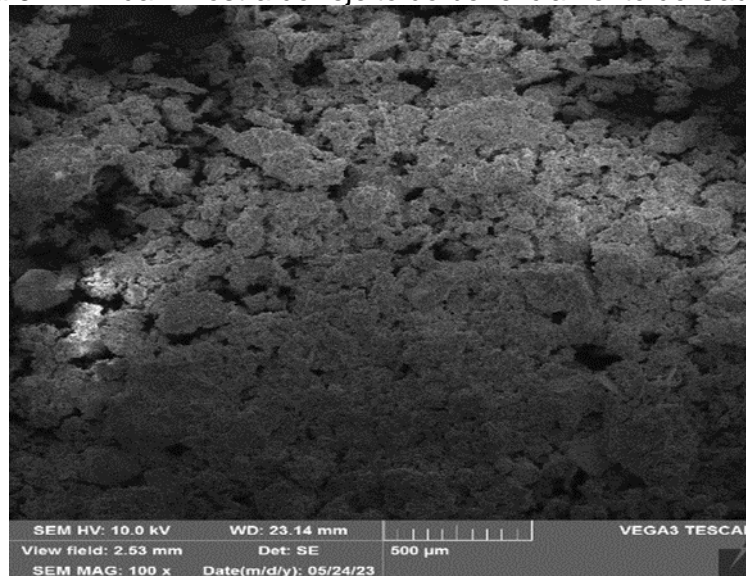


Fonte: Autores (2023).

ANÁLISE DE DADOS

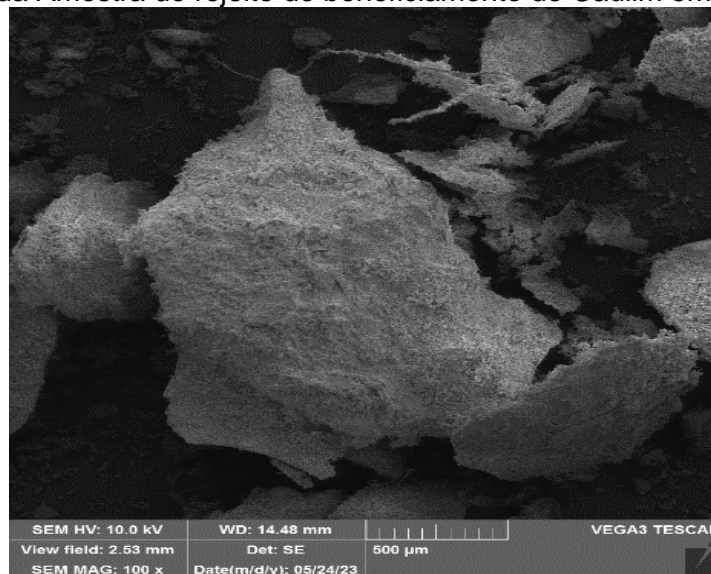
A figura 6 mostra a análise de microscopia eletrônica de varredura realizada na amostra 1. A partir dessa imagem, observa-se a presença de uma homogeneização das partículas do rejeito do beneficiamento do caulim, visto que essa amostra foi submetida a um peneiramento e resultou a um material passante em -100#. Já na amostra 2 percebe-se que o material, que é resultante da britagem e moagem do rejeito, as suas partículas são heterogêneas, tendo em vista que essa amostra não passou por nenhum processo de peneiramento. (Figura 7). Nessas amostras, não foi possível a visualização de partículas que indicassem a presença de Tantalita ou de outros minerais associados ao caulim.

Figura 6: MEV da Amostra do rejeito do beneficiamento do Caulim em 100#.



Fonte: Laboratório de Caracterização de Minerais/ Materiais (2023).

Figura 7: MEV da Amostra do rejeito do beneficiamento do Caulim em moído e britado.



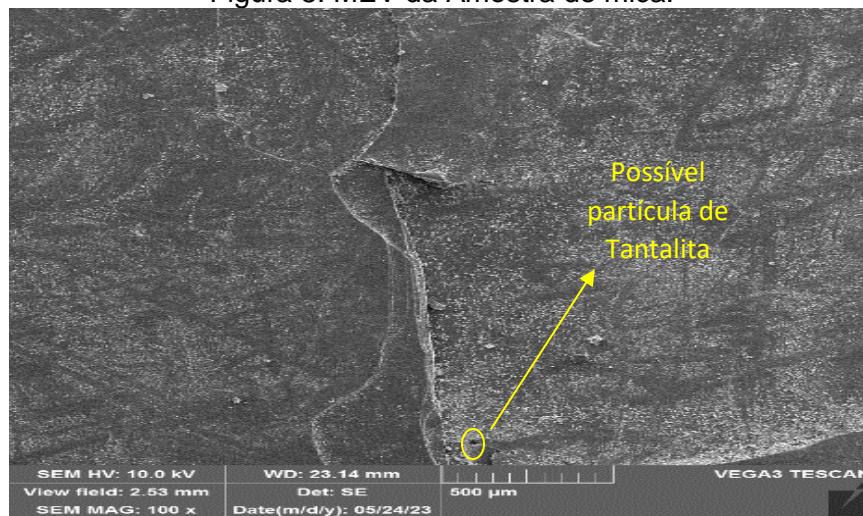
Fonte: Laboratório de Caracterização de Minerais/ Materiais. (2023).

A figura 8 mostra os resultados da caracterização estrutural referente à amostra 3, a qual consiste na placa de mica retirada do rejeito do beneficiamento do caulim peneirada a -200#. Nessa figura, percebe-se a foliação (placas) pertencente à mica. Ademais, observa-se a presença de um ponto preto na figura. Esse ponto preto possivelmente é referente a uma partícula de Tantalita na amostra analisada, visto que (durante a análise de EDX na amostra de mica peneirada a -200#) os resultados evidenciaram a existência de Ta_2O_5 (Tântalo) na amostra analisada. (Tabela 1). Além desse composto, a caracterização química mostrou outros compostos presentes na amostra de mica, alguns em maiores proporções (como SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O e Fe_2O_3), e

outros compostos em menores porcentagens, como Rb_2O , P_2O_5 , CaO , MnO , ZnO , NbO e Ga_2O_3 .

Com relação a amostra do rejeito do caulim, o EDX mostrou os compostos presentes na amostra, alguns em maiores proporções (como SiO_2 , Al_2O_3 , P_2O_5 , K_2O e Fe_2O_3), e outros compostos em menores porcentagens, como CaO , MnO , Rb_2O , CuO , Bi_2O_3 , Ga_2O_3 e ZnO . Esses resultados são visíveis na tabela 2.

Figura 8: MEV da Amostra de mica.



Fonte: Laboratório de Caracterização de Minerais/ Materiais.

Tabela 2- EDX da amostra de Mica do rejeito do beneficiamento do caulim. A tabela mostra que a amostra citada é composta por grandes porcentagens de SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Fe_2O_3 e SO_3 . Na amostra também o Ta_2O_5 (0,06%).

EDX da amostra de Mica do rejeito do beneficiamento do caulim	
Compostos Químicos	Valores (porcentagem)
SiO_2	46,98%
Al_2O_3	30,97%
K_2O	13,57%
Fe_2O_3	4,77%
SO_3	1,69%
Rb_2O	0,67%
P_2O_5	0,48%
CaO	0,44%
MnO	0,22%
ZnO	0,08%
NbO	0,06%
Ta_2O_5	0,06%
Ga_2O_3	0,04%

Fonte: Autores (2023).

Tabela 3- EDX da amostra do rejeito do beneficiamento do caulim. A tabela mostra que a amostra citada é composta por grandes porcentagens de SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O e Fe_2O_3 . Na amostra também o Ga_2O_3 (0,016%).

EDX da amostra do rejeito do beneficiamento do caulim	
Compostos Químicos	Valores (porcentagem)
SiO_2	54,867%
Al_2O_3	39,950%
P_2O_5	1,706%
K_2O	1,139%
Fe_2O_3	1,115%
SO_3	0,915%
CaO	0,169%
MnO	0,038%
Rb_2O	0,023%
CuO	0,017%
Bi_2O_3	0,017%
Ga_2O_3	0,016%
ZnO	0,011%
SrO	0,007%

Fonte: Autores (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização estrutural por fluorescência de raios-x (MEV) das amostras do rejeito do beneficiamento do caulim pegmatítica da Borborema no Seridó, especificamente no município de Equador, no estado do Rio Grande do Norte evidenciou a diferenciação das partículas entre a análise da amostra bruta e as amostras peneiradas. Além de que não foi possível visualizar algum mineral de cor escura (que poderia indicar a presença de Tantalita, por exemplo). Já a caracterização química por fluorescência de raios-x (EDX) desse rejeito não mostrou evidência de tântalo, mas mostrou a existência de outros compostos, como CaO , MnO , Rb_2O , CuO , Bi_2O_3 , Ga_2O_3 e ZnO .

Já com caracterização por fluorescência de raios-x da amostra da mica do rejeito do beneficiamento do caulim, observou-se um possível mineral de cor escura (que pode indicar a presença de Tantalita, por exemplo). A caracterização química por fluorescência de raios-x dessa mica mostrou evidência de tântalo (Ta_2O_5), e outros compostos, como Rb_2O , P_2O_5 , CaO , MnO , ZnO , NbO e Ga_2O_3 .

Esses resultados evidenciam a importância do descobrimento de novas formas de utilização desse rejeito, visto que ele possui variados elementos importantes para diversos ramos industriais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, João Henrique Guidete de. Caracterização mineralógica e química de columbita-tantalita de pegmatitos da província pegmatítica da borborema. 2021.

ASTM INTERNATIONAL. E1508: standard guide for quantitative analysis by energy-dispersive spertrosopy. Philadelphia, 2003.

CARVALHO, Naelcio Gomes de; CHAVES, Arthur Pinto. Considerações tecnológicas do caulim primário da província pegmatítica da Borborema-PB. Anais, 2002.

GRIM, R. E. Clay Mineralogy. New York: McGraw-Hill, (Geological Science Series), p.29.

Luz, Adão Benvindo da, et al. "Argila-caulim." CETEM, 2008, p. 255, 1958.

SÁ, Jaziel Martins et al. Os granitos ediacaranos no contexto dos terrenos Jaguaribeano e Rio Piranhas-Seridó no oeste do RN, Província Borborema. Estudos Geológicos, v. 24, n. 1, p. 3-22, 2014.


SÁ, Jaziel Martins et al. Os granitos ediacaranos no contexto dos terrenos Jaguaribeano e Rio Piranhas-Seridó no oeste do RN, Província Borborema. Estudos Geológicos, v. 24, n. 1, p. 3-22, 2014.

SOARES, Beatriz Maria Curtio; SARON, Elisabete Segantini. Microanálise elementar de materiais: Aplicações do sistema MEV-EDX. Informativo CETEA-Boletim de tecnologia e desenvolvimento de embalagens. Rio de Janeiro-RJ: CETEA-ITAL, 2010.

MENEZES, R. R. et al. Utilização do resíduo do beneficiamento do caulim na produção de blocos e telhas cerâmicos. Matéria (Rio de Janeiro) [online]. 2007, v. 12, n. 1 pp. 226-236.

MEDEIROS, Ailma Roberia Souto de et al. Análise granulométrica e DRX para caracterização do rejeito de caulim da região do Seridó da Paraíba visando uma nova rota de beneficiamento. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 6, p. 33575-33588, 2020.

SOUZA, Marcondes Mendes de. Estudo da adição de resíduos de quartzitos para obtenção de grés porcelanato. 2015, P.55.



Capítulo 3
COMPARAÇÃO ENTRE SOFTWARES EM
BUSINESS INTELLIGENCE: MICROSOFT
PLANNER, POWER BI E MONDAY.COM
Eduardo Vasconcelos Cordeiro Nogaroto
Cassiana Fagundes da Silva
Moises Barbosa Junior

COMPARAÇÃO ENTRE SOFTWARES EM BUSINESS INTELLIGENCE: MICROSOFT PLANNER, POWER BI E MONDAY.COM

Eduardo Vasconcelos Cordeiro Nogaroto

Estudante de Engenharia de Software na UniSenai, São José dos Pinhais

eduardovasconceloscn@gmail.com

Cassiana Fagundes da Silva

Professora no Centro Universitário UniSenai, São José dos Pinhais/PR, Dra. em

Engenharia de Produção e Sistemas, cassiana.silva@sistemafiep.org.br

Moises Barbosa Junior

Professor na Unicesumar e Uniasselvi, Doutorando em Engenharia de Produção,

moisesjrbarbosa@gmail.com

RESUMO

O artigo discute três ferramentas de gestão de atividade e análise, sendo elas Microsoft Planner, integrado ao ecossistema do Office 365, oferecendo de maneira visual e intuitiva de criar planos, atribuir tarefas, definir prazos e prioridades, criação de rotinas diárias e com repetição, acompanhar o progresso do trabalho para gerenciamento de tarefas. O Monday.com, ferramenta online por assinatura com visual mais leve e flexível e personalizável, utilizado para o gerenciamento de projetos, utilizando quadros, gráficos e fluxos de trabalho personalizáveis com o intuito de atender às necessidades de diferentes usuários, equipes e setores de forma mais colaborativa. O Power BI, ferramenta da Microsoft, podendo ser utilizado em diversos setores para análise de dados de forma rápida e interativa, monitoramento de desempenho a partir de planilhas e bancos de dados, facilitando a tomada de decisões importantes e estratégicas, é uma ferramenta poderosa de transformação de dados em informações valiosas e acionáveis, as quais facilitam a organização e o rastreamento de tarefas, permitindo a atribuição de membros da equipe, definição de prazos e acompanhamento do status das atividades. Com o auxílio das ferramentas da qualidade 5W2H, SWOT e *Benchmarking*, foi possível entender as vantagens e desvantagens no uso de cada uma das três ferramentas e analisar a mais apropriada de acordo com os critérios estabelecidos nesta pesquisa.

Palavras-chave: *Business Intelligence*. Ferramentas. Integração. Placas kanban. *Software*.

ABSTRACT

The article discusses three activity management and analysis tools, namely Microsoft Planner, integrated into the Office 365 ecosystem, offering a visual and intuitive way to create plans, assign tasks, define deadlines and priorities, capable of create daily and repetitive routines, track work progress for task management. Monday.com, an online subscription tool with a lighter, more flexible with customizable look, used for project management, using customizable tables, graphs and workflows in order to meet the needs of different users, teams and sectors in a way more collaborative. Power BI, a Microsoft tool, can be used in various sectors to analyze data quickly and interactively, monitor performance from spreadsheets and databases, facilitating important and strategic decision-making, it is a powerful tool for data transforming into valuable and actionable information, which facilitates the organization and tracking of tasks, allowing the assignment of team members, setting deadlines and monitoring the status of activities. With the help of the methods 5W2H, SWOT and Benchmarking quality tools, it was possible to understand the advantages and disadvantages of using each of the three tools and analyze the most appropriate one according to the criteria established in this research.

Keywords: Business Intelligence. Tools. Integration. Kanban Boards. Software.

INTRODUÇÃO

Com a evolução da Indústria 4.0, a necessidade de reunir informações relevantes a partir de grandes volumes de dados se tornou extremamente necessária para tomada de decisões em tempo real. Ao oferecer uma imagem completa e aprofundada do desempenho organizacional, *Business Intelligence* (BI) emerge como a disciplina crucial para ajudar a gestão estratégica e operacional. (Sobreira, 2018; Bispo, 1998)

A qualidade dos dados e as ferramentas usadas para coletar, analisar, exibir e entender os dados, no entanto, são ambos críticos para o sucesso da BI. Três poderosas ferramentas de BI – Microsoft Planner, Power BI e Monday.com – são o assunto deste ensaio. Porque eles oferecem uma experiência de usuário completa e têm poderosas capacidades de visualização para tomada de decisões, esses produtos são bem conhecidos na indústria, o que gera a oportunidade de se aprofundar sobre

o tema e comparar 3 diferentes aplicativos que trazem diferentes soluções (Sharda; Delen; Turban, 2019).

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia de *Benchmarking* é uma abordagem que visa a identificação e análise das melhores práticas e processos utilizados por empresas ou organizações que se destacam em seu segmento de atuação. Essa metodologia permite a comparação dos processos internos de uma organização com as práticas de outras empresas de referência, com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria e otimização de processos.

A metodologia de benchmarking é muito utilizada em diversas áreas, como Gestão, Administração, *Marketing*, Qualidade, entre outras. Através da análise das melhores práticas, é possível obter uma visão mais ampla e detalhada do mercado, identificando tendências e oportunidades para inovação e diferenciação. Além disso, o *benchmarking* permite o aprendizado e a aquisição de conhecimentos valiosos para o desenvolvimento de estratégias mais efetivas e competitivas. (Macedo, Corrar, 2012).

A técnica 5W2H é uma estratégia de gestão amplamente utilizada para auxiliar no planejamento e execução de projetos, atividades e processos. O acrônimo 5W2H é composto por sete perguntas em inglês que representam as informações essenciais para o desenvolvimento de um plano de ação bem-sucedido. O uso dessa técnica tem como objetivo estabelecer um plano de ação claro e objetivo, definindo o que será feito, por que será feito, onde será feito, quando será feito, quem será responsável por cada etapa, como será feito e qual será o custo envolvido. Com isso, a equipe de projeto pode estar alinhada com os objetivos e metas do projeto, evitando falhas e retrabalhos. (Maria da Graça Portela, 2012)

SWOT é uma sigla em inglês para *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças). É uma ferramenta de análise estratégica que permite identificar os pontos fortes e fracos de uma empresa, bem como as oportunidades e ameaças presentes no ambiente externo.

A análise SWOT é geralmente realizada por meio de uma matriz que divide os fatores internos (forças e fraquezas) e externos (oportunidades e ameaças) em quatro quadrantes. Cada um desses quadrantes representa uma categoria de análise e

permite que a empresa identifique os principais desafios e oportunidades que precisa enfrentar. (Berteli, Robson Nunes, 2019)

MICROSOFT PLANNER

Com essas informações o Microsoft Planner se apresenta como uma ferramenta de gerenciamento de que é componente da caixa de ferramentas do Office 365, que procura facilitar a organização e rastreamento eficazes do trabalho para pessoas, equipes e empresas.

Oferecendo interface visual baseada em quadros fácil de entender que permite criar e gerenciar várias tarefas em vários painéis. Cada um representa um projeto ou área de atividade distinta, nos quais pode-se atribuir a membros da equipe, definir prazos, incluir comentários e anexos e rastrear o *status* das atividades em cada painel. (Sánchez, Marlina, Anayansi Escobar, and Dalys Saavedra. "Planificación y Seguimiento de Tareas con Microsoft Planner." (2020).)

Uma boa característica do Planner é a capacidade de visualizar tarefas em diferentes estágios de conclusão usando painéis kanban, como "Pendente ", "Em andamento" e "Completado". Isso dá uma imagem clara do fluxo de trabalho e torna mais fácil detectar quaisquer lacunas ou tarefas. (Jewitt, Katharine. "Guide to Microsoft Planner." (2021).)

Consegue integrar perfeitamente, Outlook, Teams e SharePoint, Exel e entre outras várias ferramentas do Office 365, podendo usar isso ao favor do usuário, para converter *e-mails* em tarefas, iniciar reuniões diretamente dos painéis do Planner e participar de trabalhos colaborativos.

Além disso, o Planner é *cross-platform*, o que é benéfico. Em dispositivos móveis, pode-se usar instalar os aplicativos nos sistemas operacionais iOS e Android, em computadores portáteis e *desktops*, é disponível no navegador da *Web* ou o aplicativo do Office 365 para aceder ao aplicativo.

MONDAY.COM

Com o Monday.com oferece uma abordagem visual e intuitiva de gerenciamento de projetos, tornando-o popular com equipes de todos os tamanhos e indústrias.

Uma de suas principais características, é sua capacidade de customização e personalização de placas kanban. Os usuários podem criar colunas com várias categorias de tarefas e organizar e remover itens dentro delas. Isso permite que as equipes rastreiem o progresso das tarefas, identifiquem as lacunas e distribuam o trabalho de forma equitativa. (Alexander, 2021)

Também fornece outras ferramentas e recursos poderosos, como criar cronogramas, definir prazos, atribuir responsabilidades, compartilhar arquivos e colaborar em tempo real. A plataforma também permite a integração com várias outras ferramentas bem conhecidas, como Google Drive, Slack, Jira e muitas outras, para simplificar o fluxo de trabalho e centralizar informações em um só lugar, dando várias possibilidades.

O design intuitivo e amigável do Monday.com é bem conhecido por tornar o processo de adoção e aprendizagem simples para os usuários. Ele fornece uma variedade de modelos que já estão pré-configurados para vários tipos de projetos e fluxos de trabalho, para atender às necessidades únicas de cada equipe (Manko, 2022).

Devido à crescente popularidade do trabalho remoto e equipes distribuídas, o Monday.com também fornece recursos para ajudar as equipes a colaborar e se comunicar de forma mais eficaz. Os usuários podem marcar colegas de equipe e compartilhar atualizações de status, comentários e outras informações no site. Os usuários podem publicar atualizações de status, comentários e designações de colegas de equipe para tarefas específicas, garantindo que todos estejam informados e atualizados sobre o progresso do projeto.

POWER BI

O Power BI é um serviço de análise de negócios baseado em nuvem da Microsoft que permite aos usuários visualizar e analisar dados com maior facilidade e eficiência. Ele permite que os usuários se conectem a uma ampla variedade de fontes de dados, incluindo o SQL Server Analysis Services, My SQL, Microsoft Azure, planilhas do Excel e origens de dados de terceiros, como Salesforce e Google Analytics. Uma vez conectados, os dados podem ser transformados e modelados para criar relatórios e visualizações ricas que podem ser compartilhadas com outras pessoas.

Uma das principais características do Power BI é a facilidade de uso. A plataforma é projetada para ser fácil de usar e intuitiva, permitindo que usuários de todas as origens técnicas criem gráficos e visualizações envolventes rapidamente. O painel do Power BI, por exemplo, é um espaço de trabalho altamente interativo e personalizável onde os usuários podem arrastar e soltar elementos de dados para criar relatórios convincentes. Além disso, os relatórios e visualizações podem ser atualizados em tempo real, garantindo que os usuários tenham sempre as informações mais recentes disponíveis. Krishnan, Vijay. "Research data analysis with Power BI." (2017).

O Power BI também é conhecido por suas funcionalidades de escalabilidade e segurança. Ele pode lidar com grandes conjuntos de dados e pode ser usado por empresas para analisar conjuntos complexos de dados. A plataforma fornece inúmeras medidas de segurança para garantir a privacidade dos dados, incluindo criptografia de dados, identidades gerenciadas e controles de acesso baseados em papéis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cada ferramenta oferece potencial de aplicação e customização conforme a necessidade do usuário final, mas elas também há algumas questões a serem observadas. Uma questão em comum é que todas tem sua funcionalidade baseada em nuvem, requer uma conexão estável com a Internet para funcionar corretamente. Isso pode ser uma desvantagem se você estiver trabalhando em locais com conectividade limitada ou enfrentar problemas de conexão.

O Power BI com facilidade de uso, escalabilidade e segurança o tornam uma escolha ideal para empresas de todos os tamanhos. Com seus inúmeros recursos e capacidades, não é de admirar que tenha se tornado uma ferramenta para analistas de dados e profissionais de inteligência empresarial, com sua integração com diversas fontes de dados: O Power BI permite a conexão com uma ampla variedade de fontes de dados, como bancos de dados, arquivos CSV, serviços na nuvem, entre outros. Isso facilita a importação e transformação de dados para análise.

O Money.com apresenta uma plataforma flexível para gerenciamento de projetos e colaboração que simplifica o planejamento, execução e monitoramento de tarefas. Com seu layout amigável, tem sido uma escolha popular para equipes que

procuram uma solução eficaz para melhorar a produtividade e a colaboração, embora sua principal desvantagem seja o seu custo gradual conforme a quantidade de usuários e menos opções de cross-over de dados.

O Planner é uma escolha fantástica se precisar de uma maneira organizada e eficiente de acompanhar o trabalho da equipe, sua melhor qualidade, além da integração com os produtos da Microsoft, é possível obter uma visão clara do progresso, podendo priorizar tarefas e estabelecer prazos realistas. O que ajuda a aumentar a produtividade, permitindo melhor em tarefas mais importantes e como consequência a diminuição da procrastinação, mas, contudo, até sua implementação demanda tempo e esforços para que tudo se encaixe em seu devido lugar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos métodos de comparação e contextualização dos programas, consegue-se extrair o que cada um oferece, e dá uma visão mais clara do potencial de cada um, podendo analisar suas vantagens e desvantagens.

As ferramentas apresentadas fornecem diferentes opções de suporte para aprimorar o gerenciamento de projetos, melhorar a eficiência dos processos, tomar decisões estratégicas informadas e promover a colaboração e comunicação eficazes nas organizações.

Os produtos da Microsoft se demonstram mais viáveis por já existirem nas maiorias dos pacotes office e por sua capacidade de integração as torna mais versáteis, sua capacidade de interação e agilidade com vários sistemas faz com que tenham uma grande relevância para o mercado.

REFERÊNCIAS

Berteli, Robson Nunes. **O Uso Da Análise De Swot Como Ferramenta Doplanejamento Estratégico Organizacional**. 2019.

González De Gómez, Maria Nélide. **Metodologia da pesquisa no campo da Ciência da Informação**. 2000.

Kanter, G., Ghosh, D., & Sambamurthy, V. (2020). **Real-time analytics with Power BI: leveraging web API connectors**. *Journal of Management Information Systems*, 37(1), 190-215.

Kuhrmann, M., Diebold, P., & Münch, J. (2020). **Towards enabling continuous software engineering in practice: A study of the characteristics and use of analytics dashboards.** *Empirical Software Engineering*, 25(6), 5165-5202.


Lisbôa, Maria da Graça Portela, and Leoni Pentiado Godoy. "**Aplicação do método 5W2H no processoproductivo do produto: a joia.**" *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering* 4.7 (2012): 32-47.

Macedo, M. A.; Corrar, Luiz João. **Análise comparativa do desempenho contábil-financeiro de empresas com boas práticas de governança corporativa no Brasil.** *Revista de Contabilidade e Controladoria (RC&C)*, v. 4, n. 1, 2012.

Manko, Barbara A. **The adaptability of Monday.com's app-based software: Discover the company building a flexible business model that adapts to individual company needs.** *Journal of Information Technology Teaching Cases*, v. 12, n. 2, p. 156-162, 2022.

Mercurio, Ralph,. **Planner. Beginning Office 365 Collaboration Apps:Working in the Microsoft Cloud**, p. 207-233, 2018.

Zeng, X., Luo, Y., & Liao, J. (2020). **Building Interactive Business Intelligence Dashboards with Microsoft Power BI.** *Journal of Information Systems Education*, 31(2), 101-108.



Capítulo 4
NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA DA
FUSÃO NUCLEAR VIA CONFINAMENTO
MAGNÉTICO DO PLASMA EM TOKAMAKS
Filipe Wiltgen

NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA DA FUSÃO NUCLEAR VIA CONFINAMENTO MAGNÉTICO DO PLASMA EM TOKAMAKS

Prof. Dr. Filipe Wiltgen

<https://orcid.org/0000-0002-2364-5157>

Escritor, Pesquisador e Engenheiro Eletricista (1994) pela Universidade de Taubaté (UNITAU). Mestre (1998) e Doutor (2003) em Dispositivos e Sistemas Eletrônicos, na área de Fusão Termonuclear Controlada, pelo Instituto de Tecnologia de Aeronáutica (ITA – São José dos Campos). De 2017 a 2023 como professor no Programa de Mestrado em Engenharia, e Coordenador no Curso Especialização em Energia Solar Fotovoltaica na Universidade de Taubaté. Atualmente professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo (IFSP – Campinas), desde 2022 nos cursos de técnico em Eletrônica e graduação em Eng. Elétrica. Professor e Coordenador de curso na Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC – Pindamonhangaba e Cruzeiro), desde 2021 nos cursos de Projetos Mecânicos, Manutenção Industrial, Gestão da Produção Industrial e Automação Industrial. Currículo Lattes CNPq (lattes.cnpq.br/9415670242620093). Base de Documentos ResearchGate (www.researchgate.net/profile/Filipe-Wiltgen). Google Acadêmico (scholar.google.com.br/citations?user=WQM6aIYAAAAJ&hl=pt-BR&oi=ao). Currículo FAPESP (bv.fapesp.br/pt/pesquisador/45358/luis-filipe-de-faria-pereira-wiltgen-barbosa).

Prof. Dr. Filipe Wiltgen – ProfWiltgen@gmail.com ou Filipe.Wiltgen@fatec.sp.gov.br

RESUMO

Este artigo mostra o caminho utilizado pelas pesquisas em fusão nuclear voltadas para o confinamento magnético do plasma em máquinas do tipo *Tokamak* para a obtenção de um primeiro reator a fusão nuclear. A fusão nuclear vem sendo estudada e pesquisada a muitos anos e finalmente encontra-se no estágio de se obter uma reação de fusão termonuclear controlada. Este longo caminho mostrou as premissas para os avanços tecnológicos necessários para que em conjunto diversas tecnologias fossem amadurecendo para tornar possível a construção de um reator a fusão nuclear que será um caminho para os futuros reatores a fusão nuclear comerciais. Nessa pesquisa são apresentados os caminhos da fusão nuclear em

Tokamaks e os níveis de maturidade tecnológica (*TRL - Technology Readiness Level*) alcançados na pesquisa de fusão nuclear em *Tokamaks* atualmente, além da perspectiva de obter até 2025 o nível de *TRL 7-8* nesta tecnologia, o que vai permitir a disseminação de reatores a fusão nuclear no mundo.

Palavras-chave: TRL, Engenharia de Sistemas & Requisitos, Fusão Nuclear, Plasma, Tokamak.

ABSTRACT

This paper shows the path used by nuclear fusion research focused on magnetic confinement of plasma in Tokamak machines type to obtain a first nuclear fusion reactor. Nuclear fusion has been studied and researched for many years and is finally at the stage of obtaining a controlled thermonuclear fusion reaction. This long path showed premises for necessary technological advances so that together several technologies were maturing to make possible construction of a nuclear fusion reactor that will be a path for future commercial nuclear fusion reactors. This research presents the paths of nuclear fusion in Tokamaks and the levels of technological maturity (*TRL - Technology Readiness Level*) currently achieved in nuclear fusion research in Tokamaks, in addition to perspective of obtaining, by 2025, level of *TRL 7-8* in this technology, which will allow dissemination of nuclear fusion reactors in the world.

Keywords: TRL, Systems & Requirements Engineering, Nuclear Fusion, Plasma, Tokamak.

1. INTRODUÇÃO

O que levou ao êxito na exploração espacial, foi a coragem e a organização na forma de planejamento, entretanto, é fato que só isso não foi o suficiente para manter sob controle as falhas e riscos inerentes de uma tecnologia tão inovadora e no limiar do conhecimento humano. Foi necessário ocorrer uma grande tragédia com a morte de três astronautas em solo devido a uma escotilha mal projetada do projeto *Apollo* para que surgisse a técnica que se transformou em disciplina conhecida por Engenharia de Sistemas & Requisitos (ESR) e todas suas ferramentas de análise e entendimento da maturidade de um projeto observando sempre a estrutura dividida em integração de partes do micro ao macro (partes ou componentes para subsistemas e destes para sistemas).

O processo de análise da maturidade foi se desenvolvendo juntamente com os avanços obtidos e os marcos que garantiam as mudanças de fase de maturidade, hoje chamados de níveis de maturidade tecnológica, ou prontidão (*TRL - Technology*

Readiness Level) (NASA, 2018; INCOSE, 2015; DOE, 2011; DOE, 2010). Todo projeto complicado e complexo precisa de um guia para que seus projetistas e desenvolvedores possam compreender quanto ainda falta para alcançar o desenvolvimento completo, o que na NASA (*National Aeronautics and Space Administration* - Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço) foi chamado de teste operacional em voo, no qual para a indústria seria o lançamento do primeiro produto comercial a venda.

A técnica de medir os avanços tecnológicos de desenvolvimento hoje, comum em muitos projetos é na verdade a garantia de diminuição de risco de fracasso de um determinado projeto, ou mesmo uma tecnologia ou um avanço científico muito complexo no qual seu resultado quase sempre é uma máquina operando como esperado pelos projetistas e realizando aquilo que foi determinado em projeto (DoD, 2002; NETL, 2015; Girardi *et al.*, 2022; Wiltgen, 2020; Wiltgen, 2021A; Mankins, 1995; Wiltgen, 2022F; Wiltgen, 2022G; Wiltgen, 2022H; Yu e Chan, 2010; Young, 2006; Lavoie e Daim, 2017).

No caso particular deste artigo é sobre uma máquina que vem sendo estudada desde ~1930 com os primeiros projetos de estudo científico básico para a fusão nuclear. O longo caminho percorrido até hoje no qual a pesquisa por muitas vezes teve que esperar o surgimento da tecnologia necessária para dar um pequeno novo passo em direção do objetivo final que é um dia ter um reator comercial a fusão nuclear.

O processo de fusão nuclear tão comum no Cosmo é um processo difícil na Terra (Wiltgen, 2018; Wiltgen, 2021B; Wiltgen, 2022A). Apesar de parecer trivial, afinal basta juntar dois átomos muito leves e isótopos do hidrogênio, os desafios impostos devido a pequena gravidade na Terra e a barreira eletrostática de Coulomb tornam-se um dos maiores desafios humanos até hoje (Wiltgen, 2022B; Wiltgen, 2022C; Wiltgen, 2022D; Wiltgen, 2022E).

As pesquisas em fusão nuclear seguiram caminhos diferentes e surgiram diferentes técnicas e máquinas cada qual com a intenção de que um dia venha a ser um reator a fusão nuclear factível e não penas como prova de conceito, e mudar de forma nunca vista a relação do humano com a energia. Neste artigo a técnica e a máquina aqui pesquisada e relacionada com os avanços históricos de maturidade tecnológica é a fusão nuclear por confinamento magnético do plasma em máquinas chamadas de *Tokamaks* (Wiltgen, 2018).

No decorrer deste artigo, será discutido e apresentado o caminho que a fusão nuclear por confinamento magnético do plasma em *Tokamaks* vem trilhando desde ~1930 até o que se espera como reator nuclear a fusão comercial em ~2100 (Eurofusion, 2018; Tillack *et al.*, 2008; Sagara *et al.*, 2015).

Nestes quase ~200 anos de pesquisa muitas gerações de pesquisadores dedicaram suas vidas ao estudo e no desenvolvimento de máquinas capazes de testar a ideia partindo da premissa de um dia conseguir fazer na Terra o que a natureza faz em todas as estrelas obtendo da forma mais eficiente a transformação de matéria em energia, e assim, suprir de forma definitiva as necessidades humanas de energia sustentável (Wiltgen, 2021B; Wiltgen, 2022B).

Também será apresentada em maiores detalhes a técnica de níveis de maturidade tecnológica (*TLR*) e sua relação com os marcos científicos históricos vividos na pesquisa em fusão nuclear em *Tokamaks* (o mais antigo tipo de máquina utilizado para pesquisa em fusão nuclear no mundo) (Prinja e Vicente, 2021).

Serão mostrados os resultados atuais nos dispositivos *Tokamaks* e suas características, inclusive para perceber o caminho tecnológico necessário, imposto pela natureza para conseguir realizar o processo de fusão nuclear na Terra. Depois são apresentadas, as perspectivas de funcionamento de um dos maiores marcos tecnológicos da pesquisa em fusão nuclear humana o dispositivo chamado *ITER* (*International Thermonuclear Experimental Reactor*), e a real possibilidade de alcançar a maturidade tecnológica com *TRL* 7-8 (~2025), considerando que um reator comercial deverá ter *TRL* igual a 9 (~2100), último marco de desenvolvimento tecnológico tal como estipulado pela *NASA* no projeto *Apollo*. E por fim, as considerações finais sobre a obtenção da fusão nuclear por um futuro reator do tipo *Tokamak*.

2. CAMINHOS DA FUSÃO NUCLEAR VIA CONFINAMENTO MAGNÉTICO DO PLASMA EM TOKAMAKS

Sabe-se que os caminhos trilhados para a fusão nuclear se interpõem aos avanços tecnológicos obtidos do conhecimento técnico tácito de tecnologias que quase sempre estão no estado da arte dos desenvolvimentos técnico-científicos da época. Isso muito se assemelha aos desafios da exploração espacial, porém com uma dificuldade adicional extra devido à necessidade premente de que não basta apenas

provar que é possível obter a reação de fusão nuclear sustentável, é preciso desenvolver todo um ecossistema fabril voltado para processos de manufatura que permitam um dia replicar de forma confiável e eficiente tudo que foi pesquisado em um reator comercial seguro e factível (Carayannis *et al.*, 2020A; Carayannis *et al.*, 2020B).

O futuro reator a fusão nuclear deve ser capaz de atender de forma ampla as necessidades humanas de energia, além é claro de garantir a preservação do meio ambiente e a rígida segurança operacional. Isso deve ser obtido através da verificação dos estágios de maturidade comprovadamente alcançados e verificados por equipes idôneas e fomentadas pelas informações necessárias a respeito do histórico tecnológico de desenvolvimento de dispositivos do tipo *Tokamaks* (Wiltgen, 2021B; Wiltgen, 2022C; Wiltgen, 2022D).

Para medir os avanços tecnológicos da fusão nuclear em *Tokamaks* é preciso ver o desenvolvimento histórico das pesquisas científicas realizadas no mundo ao longo de muitas décadas.

Os avanços em fusão nuclear acompanham intimamente os avanços tecnológicos das engenharias em geral, principalmente as envolvendo materiais. Isso porque as temperaturas envolvidas quase sempre ultrapassam muito as temperaturas das estrelas (Sol ~6.000°C e em *Tokamaks* ~150 milhões °C), e nossos compostos e materiais não suportam tanto calor. Entretanto, mesmo sem o contato direto dos materiais com tamanha quantidade de calor (confinamento magnético do plasma), ainda assim, eles precisam resistir a radiação nuclear, e também, a incidência dos nêutron e calor residual radiante. Desta forma, compostos de novos materiais, incluindo cerâmicas e metais são avanços tecnológicos importantes para a medição de maturidade tecnológica da fusão nuclear em *Tokamaks* (Eurofusion, 2018; Gougar *et al.*, 2015; Fabrycky, 2010; Carmack, 2014; Carmack *et al.*, 2017; Carayannis *et al.*, 2020A; Carayannis *et al.*, 2020B).

Novos materiais também são utilizados em circuitos elétricos de produção de campo magnético em bobinas supercondutoras, entre outros muitos tipos de revestimentos e de diagnósticos necessários para saber o comportamento do plasma e da máquina em funcionamento.

Isso faz perceber como ao longo deste extenso caminho para obtenção de um futuro reator comercial de fusão nuclear é necessário entender os com clareza os estágios atuais e futuros da maturidade tecnológica (*TRL*) necessárias para que no

futuro próximo e distante sua implementação seja realizada em bom termo.

3. MATURIDADE TECNOLÓGICA NOS AVANÇOS DA FUSÃO NUCLEAR

Todos envolvidos com o desenvolvimento de novos dispositivos, peças, máquinas, programas e até mesmo processos, sabem a importância em conseguir avaliar de forma precisa o nível de desenvolvimento obtido com o progresso realizado nos desdobramentos das tarefas. Entender e classificar a maturidade que seu desenvolvimento se encontra permite traçar novas metas e planejar novos rumos.

A disciplina chamada de Engenharia de Sistemas & Requisitos (ESR) é responsável por fornecer as técnicas que permitem partir do nível mais básico da ideia (*TRL 0-1*) até o nível mais alto de obter o produto (*TRL 8-9*), quer seja para uso governamental, ou em laboratórios de pesquisa, quer seja para tornar-se um produto comercial e vendável (Jones, 2017; Kotonya e Sommerville, 1998).

Dentre as diversas técnicas de ESR a de medição de nível de maturidade tecnológica, *TRL*, aliada a outras duas permite avanços sólidos no desenvolvimento (modelo em “V” e *RDT&E*).

Na Figura 1 é possível observar as designações típicas para a validação documental em forma de testes que comprovam a mudança de nível de *TRL* a cada novo estágio do desenvolvimento.

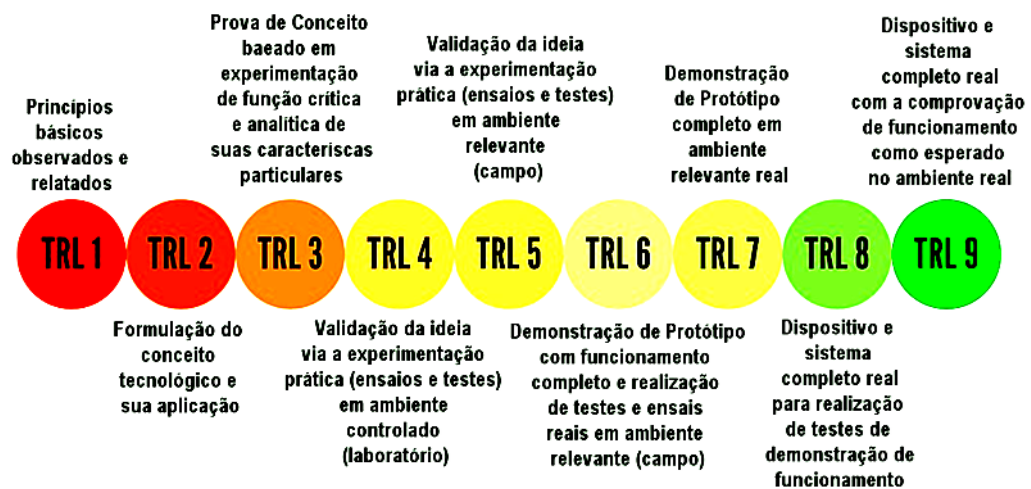


Figura 1. Níveis de maturidades tecnológicas (*TRL*) e suas designações típicas.

Fonte: Wiltgen (2022).

Na Figura 1 é possível perceber a divisão em nove (09) estágios de *TRL*,

considera-se o 10º estágio, ou seja, o *TRL 0* a ideia original sem nenhum tipo de desenvolvimento apenas a proposta inicial. Note que a cada estágio é esperado um avanço significativo do desenvolvimento que permite entender a maturidade alcançada por um determinado projeto. Note também que está implícito nos níveis de maturidade tecnológica a necessidade da realização de ensaios e testes (Nuseibeh e Easterbrook, 2000; Pegoraro e De Paula, 2017).

A técnica de modelo em “V” permite visualizar as relações de progressão de desenvolvimento do micro ao macro, ou seja, partindo do componente, uma simples peça até integrar todo o sistema completo e operacional. Esta técnica bastante visual apresenta um esquema na forma da letra “V” que classifica dois estágios muito distintos no desenvolvimento (cada lado da letra “V”), o lado da esquerda (que desce o “V”) é chamado de Domínio do Problema e o lado da direita (que sobe o “V”) é chamado de Domínio da Solução. Cada qual responsável por um conhecimento tácito que divide as fases de pesquisa e com isso os marcos de desenvolvimento e maturidade (Wiltgen, 2021A; Wiltgen, 2022F; Haberfellner *et al.*, 2019).

O domínio do problema é a fase do desenvolvimento que todo o planejamento está voltado no conhecimento profundo de um determinado problema para permitir que seja completamente entendido e de forma ampla e não paliativa. De forma similar, o domínio da solução se dedica a encontrar as melhores soluções técnicas existentes na época (o estado da arte) para que possa de forma eficiente, simples, objetiva e clara solucionar um determinado problema (Wiltgen, 2022G; Abernathy e Rosenbloom, 1968).

Cada etapa do modelo em “V” incorpora testes e ensaios, alguns muito simples e outros mais complexos. Os ensaios e testes mais complexos seguem à risca a técnica de *RDT&E* (*Research, Development, Test & Evaluation*) que por sua vez se divide em duas partes de integração de desenvolvimento em testes, o *DT&E* (*Development Test & Evaluation*) e o *OT&E* (*Operational, Test & Evaluation*). O *DT&E* é a realização de testes em um ambiente controlado (laboratório) no qual tudo pode ser adaptado para que seja observado o funcionamento em si do componente e sua integração em um subsistema, e os subsistemas em sistemas completos, mas tudo sem que haja a interferência de agentes externos do meio ambiente.

Na realização dos ensaios e testes em *OT&E*, isso tudo muda, na verdade este tipo de teste é realizado em um ambiente relevante (em campo), ou seja, em um meio que todos os parâmetros reais ambientais possam estar presentes e assim verificar

de forma real o comportamento do desenvolvimento. Estes testes são realizados em sequência, visto que não é produtivo realizar o *OT&E* antes do *DT&E* pois, os problemas básicos ainda não foram devidamente investigados. Estes testes visam a completa integração de partes para compor de forma coerente cada parte do funcionamento de um sistema com a finalidade de tornar o mesmo operacional (Wiltgen, 2022G). Assim sendo, em ESR utiliza-se a composição do modelo em “V” com a distribuição do mapeamento de marcos (fases) do *TRL* ao longo da técnica, e também incorpora na fase de domínio da solução o *RDT&E* como parte integrante e fundamental para validar os marcos de maturidade tecnológica a cada novo ciclo de aperfeiçoamento e melhorias em cada parte da integração do sistema (Blanchard e Fabrycky, 2011).

No modelo em “V” ainda é possível observar os marcos documentais (relatórios de acompanhamento) que corroboram com as comprovações de cada etapa do *TRL* que são descritos por um ou mais relatórios de fases (em ESR são 15 tipos diferentes de relatórios, destes os 06 mais importantes estão destacados) chamados de Estudo Prévio de Caso (*PSC – Preliminary Study of Case*), Revisão do Sistema Funcional (*SFR – System Functional Review*), Revisão Preliminar do Projeto (*PDR - Preliminary Design Review*), Revisão Crítica do Projeto (*CDR - Critical Design Review*), Revisão de Testes de Maturidade (*TRR - Test Readiness Review*) e por fim, a Revisão Final de Projeto (*FDR – Final Design Review*) (DoD, 2002; INCOSE, 2015; NASA, 2018).

Na Figura 2 é possível ver um exemplo simplificado de um modelo em “V” no qual as três principais técnicas de ESR estão integradas (*TRL*, *RDT&E* e “V”).

Note que a Figura 2 permite observar a sequência de eventos que ocorrem temporalmente no desenvolvimento de um projeto. Indo desde seu início com o surgimento da ideia (*TRL 0*) com os primeiros documentos (*PSC* e *SFR*) com a decomposição de cada parte do micro ao macro (*TRL 1-3*) e o entendimento profundo do problema (domínio do problema) até a realização da transição de domínios (*TRL 4-5*) um marco importante e documentado com o *CDR*. Partindo para a integração no domínio das soluções técnicas (*TRL 6-7*) e implementação do *RDT&E* e finalmente alcançar a integração completa com *TRR* (*TRL 8*) o que permite obter o *FDR* que valida o desenvolvimento final do produto (*TRL 9*).

Cada uma destas fases documentais de revisão é realizada conforme a complexidade de um determinado projeto, então em um projeto relativamente simples a distância dos relatórios em tempo pode ser de meses, para outros mais elaborados

e difíceis de serem desenvolvidos podem ser de anos, e para projetos muito complexos, similares ao da obtenção de um futuro reator a fusão nuclear, a distância em tempo entre estes relatórios pode ser de décadas.

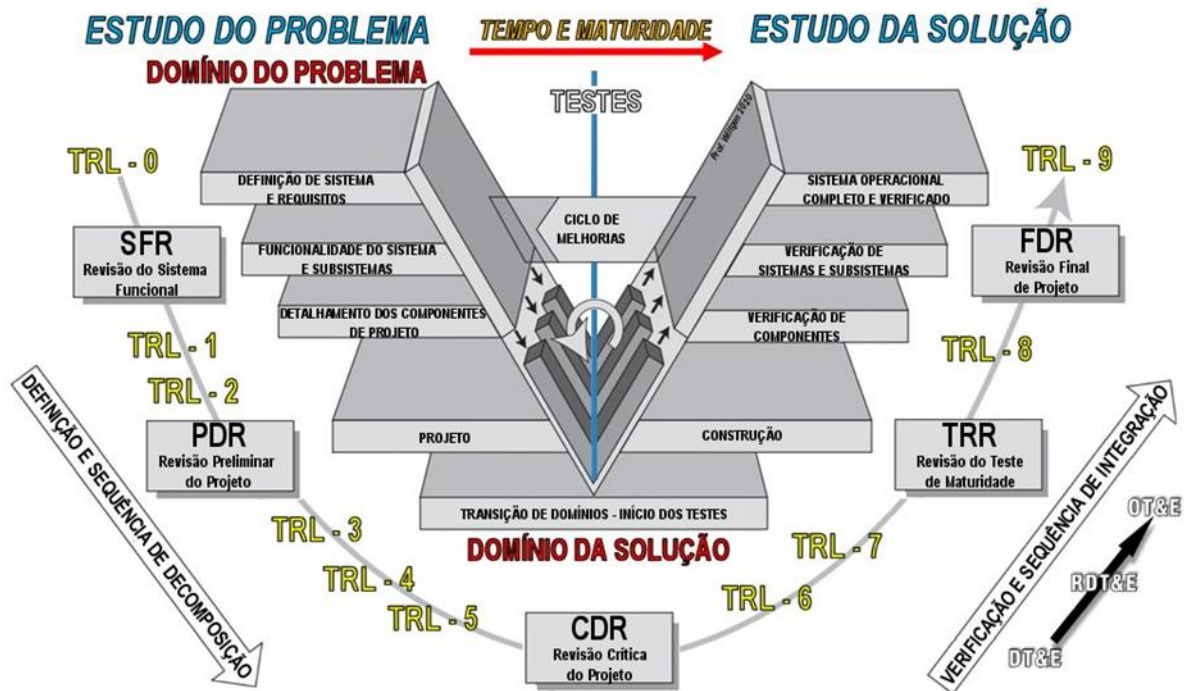


Figura 2. Modelo em “V” técnica de Engenharia de Sistemas & Requisitos. Fonte: Wiltgen (2022).

Na Figura 3 é possível ver uma representação esquemática dos relatórios documentais de estágios de desenvolvimento de projetos em ESR com a finalidade de incorporar a maturidade do projeto na estrutura documental (Wiltgen, 2020; Wiltgen 2021A; Wiltgen 2022F; Wiltgen 2022G; Wiltgen 2022H).



Figura 3. Acompanhamento do TLR via relatórios de projetos ESR. Notar que podem ser em meses como apresentado, ou anos ou décadas. Fonte: Wiltgen (2022).

Na Figura 4 é possível observar a relação entre o investimento financeiro (aporte de recursos) e sua progressão com os avanços na maturidade tecnológica até os valores máximos quanto o nível de *TRL* - 9. Veja que o investimento a partir de *TRL* 6-7 se torna inversamente proporcional, ou seja, quanto maior o investimento financeiro, menor será o risco de falhas, e também, maior será o nível de maturidade com *TRL* alto (7, 8 ou 9).

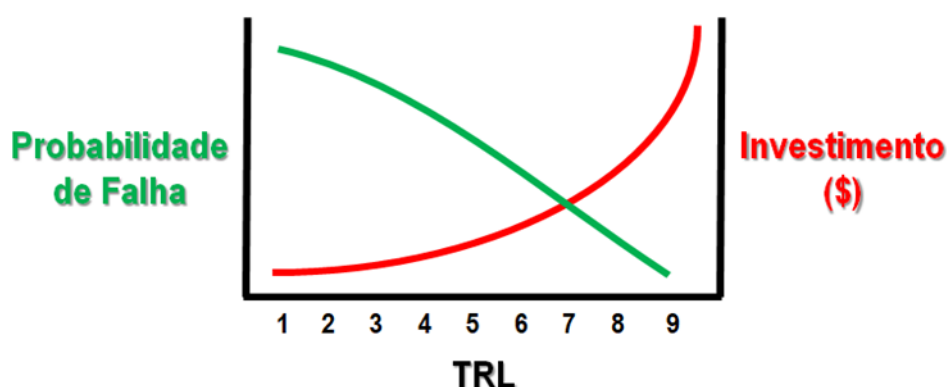


Figura 4. **Relação aproximada entre investimentos, probabilidade de falhas e maturidade tecnológica. Curvas de Probabilidade de Falha (cor verde) x Investimento Financeiro (cor vermelha) x Nível de Maturidade Tecnológica (TRL).**
 Fonte: Wiltgen (2022).

É fato que quanto maior a maturidade de um projeto em desenvolvimento menor serão as falhas devido à realização massiva de ensaios e testes previstos na técnica de *RDT&E*. A intensão de realizar testes em ambiente controlado de laboratório e depois em ambiente relevante em campo são justamente o que permite reduzir significativamente o risco de desenvolvimento. Entretanto, estes testes possuem elevado custo operacional e muitas vezes é necessário realizar uma sequência de testes com diferentes parâmetros operacionais o que eleva o custo do investimento no desenvolvimento (Jones, 2007; Pohl, 1993; Pohl e Ulfat-Bunyadi, 2013).

O histórico de desenvolvimento de dispositivos do tipo *Tokamak* as máquinas foram ficando proporcionalmente maiores, devido a características físicas da fusão nuclear que precisa de uma grande superfície de coluna de plasma toroidal e no formato chamado de esférico, cuja a seção transversal da coluna de plasma é do tipo “D” (Wiltgen, 2018).

Na Figura 5 é possível perceber o formato próximo de “D” na seção da coluna de plasma na foto do *Tokamak MAST* (*Mega Ampere Spherical Tokamak* - 2000) no

canto superior esquerdo. Na mesma figura é possível notar a diferença entre um *Tokamak* Esférico e um *Tokamak* Convencional no canto inferior direito. No centro da figura tem a representação ilustrada do *Tokamak* Esférico *NSTX* (*National Spherical Torus Experiment* – 1999) de médio porte utilizado para estudos da fusão nuclear por confinamento magnético.

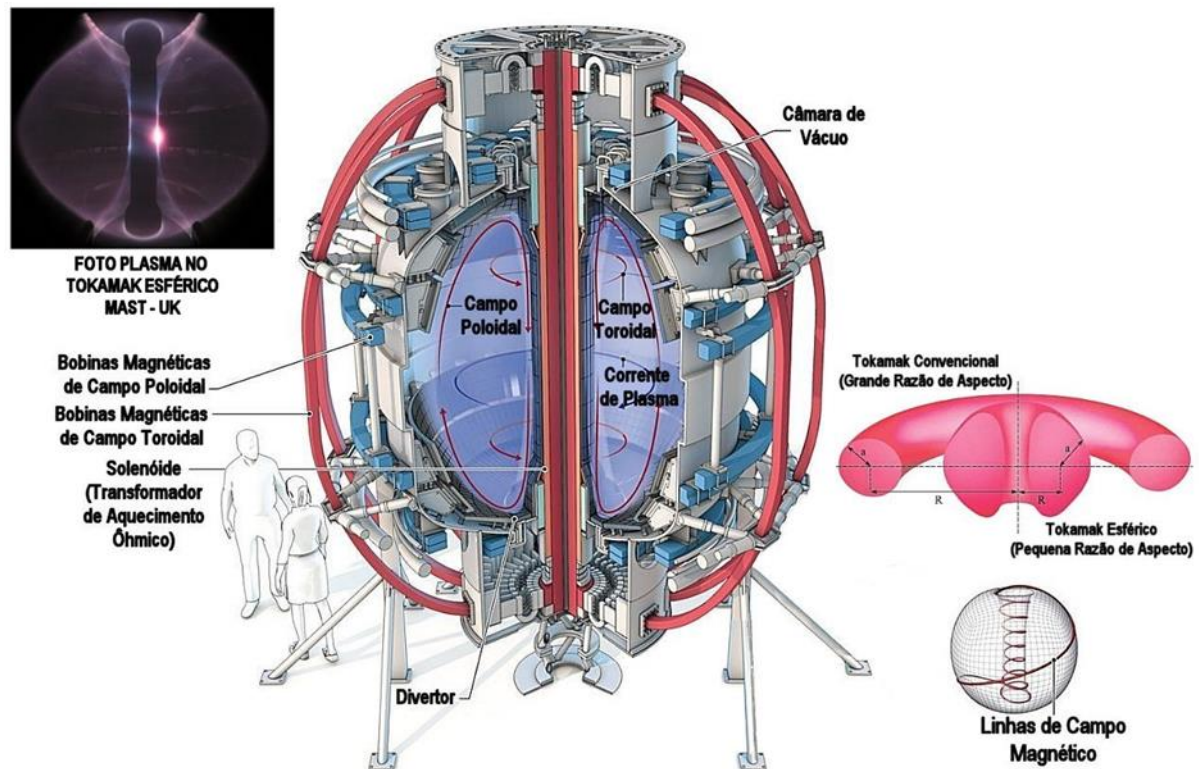


Figura 5. Esquema de um *Tokamak* Esférico de tamanho médio (*NSTX*) utilizado nas pesquisas básicas de fusão nuclear.

Fonte: Wiltgen (2022).

Dentre as máquinas que foram construídas e que operam neste momento, quase todas possuem tamanhos entre médio e grande porte. As tentativas de ultrapassar o ponto de ignição para obter um reator, mesmo em máquinas grandes, como por exemplo o *JET* (*Joint European Torus* - 1984) o recordista de produção de fusão nuclear no mundo, ainda assim se mostraram muito difíceis. As temperaturas de ~150 milhões de °C, por tempos muito longos, precisa de materiais mais resistentes o que inviabiliza a operação do *JET*, dado que sua estrutura não foi projetada para suportar todo este esforço, mas isso foi fundamental para as modificações no projeto do *ITER* (*International Thermonuclear Experimental Reactor* - ~2025).

Quando o *ITER* funcionar como um reator, será possível iniciar o desenvolvimento do reator a fusão nuclear de demonstração (*DEMO* - ~2050) que

estabelecerá os parâmetros necessários para o funcionamento da primeira central de fusão nuclear comercial (*FPP – Fusion Power Plant - ~2100*) (Wiltgen, 2021B; 2022C).

Na Figura 6 é apresentado de forma muito simples e ilustrativa o caminho seguido pelos esforços para obter a fusão nuclear via confinamento magnético do plasma em máquinas do tipo *Tokamaks*. Veja que desde o início aproximado da década de 30, a máquina vem evoluindo desde sua concepção original russa no que hoje é conhecido como *Tokamak* convencional (grande razão de aspecto – formato similar a um pneu de bicicleta) de pequeno e médio porte para as mais diversificadas e atuais máquinas *Tokamaks* do tipo esférico (pequena razão de aspecto) de médio e grande porte em diversos países pelo mundo (*EAST – China, KSTAR – Coréia e o JT-60SA – Japão*). É possível perceber que a evolução no desenvolvimento deste tipo de reator é algo muito longo sendo necessário ser medido em décadas. Na figura existe uma distribuição ilustrativa da maturidade tecnológica em *TRL* distribuída de forma simplificada apenas para poder ilustrar o caminho da fusão nuclear em *Tokamaks*.

Perceba que até a construção do *Tokamak JET*, foram cerca de ~60 anos de pesquisas em máquinas menores que permitiram os avanços tecnológicos que levaram ao sucesso do *JET* em 1997 (~16MW \therefore ~22MJ) e 2022 (~13MW \therefore ~60MJ) com os recordes mundiais de produção de fusão nuclear.

4. RESULTADOS ATUAIS E FUTUROS DA FUSÃO NUCLEAR

A pesquisa em fusão nuclear por confinamento magnético do plasma nestes últimos dois anos (2021 e 2022) tem trazido diversas notícias animadoras, várias relacionadas ao funcionamento com elevadas temperaturas (100-150 milhões °C) e por longos períodos de tempo dos *Tokamaks KSTAR (Korea Superconducting Tokamak Advanced Research)* e *EAST (Experimental Advanced Superconducting Tokamak)*, assim como, o mais recente recorde de fusão nuclear do *JET* que mesmo sem conseguir ultrapassar a potência de 1997, funcionou por mais tempo (~5 segundos limite máximo seguro de operação) e conseguiu gerar mais que o dobro de energia obtido anteriormente.

Existe grande expectativa também para o início de operação do *Tokamak* do Japão o reformado *JT-60* rebatizado para *JT-60SA*, cuja operação estava prevista para o ano de 2022 e deve ser em 2023. Sua nova câmara de vácuo poderá operar com mistura de deutério e trítio para obter fusão nuclear por um período de

funcionamento maior que os limites operacionais do *JET*. Seu funcionamento pode beneficiar a fase final de construção do *ITER* e quem sabe acelerar a obtenção do funcionamento como um reator. Novos sistemas de aquecimento extra do plasma por feixe de íons, além da modificação do campo e da câmara de vácuo nova, pode melhorar muito o desempenho do *Tokamak JT-60SA*. Que aliado aos novos parâmetros experimentais do *EAST* e *KSTAR* devem trazer muitos resultados promissores para estes próximos anos antes ainda do início operacional do *ITER* previsto para ~2025 (EUROFUSION, 2018).

Na Figura 7 é possível observar uma comparação aproximada de tamanho dos maiores *Tokamaks* do mundo e a Torre *Eiffel* em Paris na França. Note que em escala na figura consta um pequenino desenho de um humano com ~1,80 m de altura na frente de cada *Tokamak* e na Torre *Eiffel*. É possível notar também na Figura 7 o volume do plasma, diâmetro, altura e peso estimados das máquinas *Tokamak*. Uma curiosidade é que apesar do *ITER* ter altura aproximada do primeiro estágio da Torre *Eiffel*, sua massa total deverá ser mais que o dobro da Torre *Eiffel*, principalmente devido a estrutura de suporte, câmara de vácuo e bobinas supercondutoras.

Uma grande inovação na operação de *Tokamaks* foi a introdução de novas bobinas supercondutoras de Nióbio. Estas bobinas podem operar com elevadas correntes elétricas por longos períodos de tempo e com tecnologia de proteção contra sobre temperatura e redundância de sistema de refrigeração. A utilização de bobinas supercondutoras permite obter elevados campos magnéticos por longos períodos de tempo, o que permite confinar o plasma a elevadas temperaturas necessárias para que ocorra a fusão nuclear. Para a fusão nuclear ocorrer na Terra é preciso atender a condição tríplice de operação, que é funcionar uma máquina com elevada temperatura, elevada densidade e por um elevado período de tempo. Nesta condição é possível alcançar o limite do ponto crítico de operação para se tornar um reator a fusão nuclear.

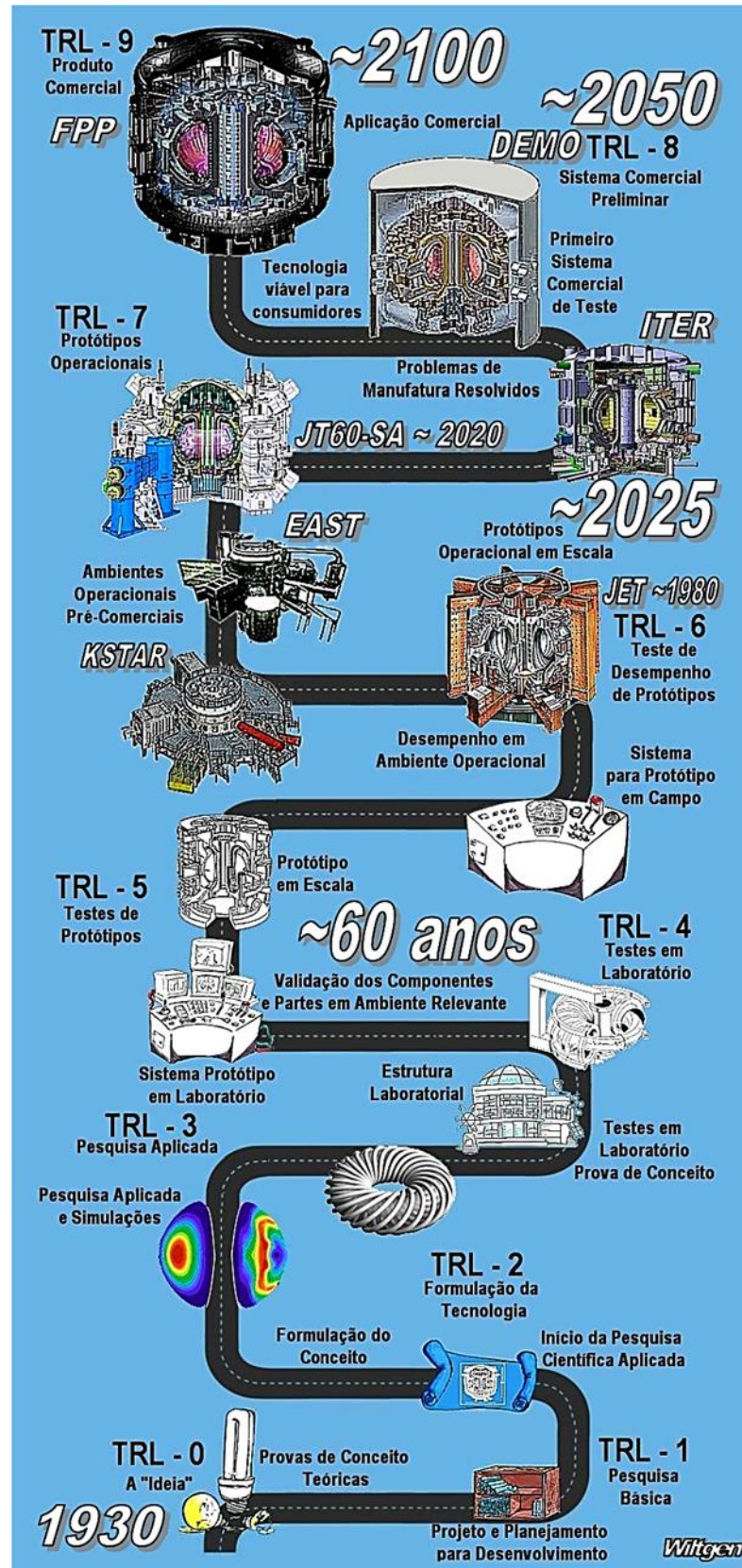


Figura 6. A maturidade tecnológica (TRL) na fusão nuclear em Tokamaks. Fonte: Wiltgen (2022).

MAIORES TOKAMAKS DO MUNDO

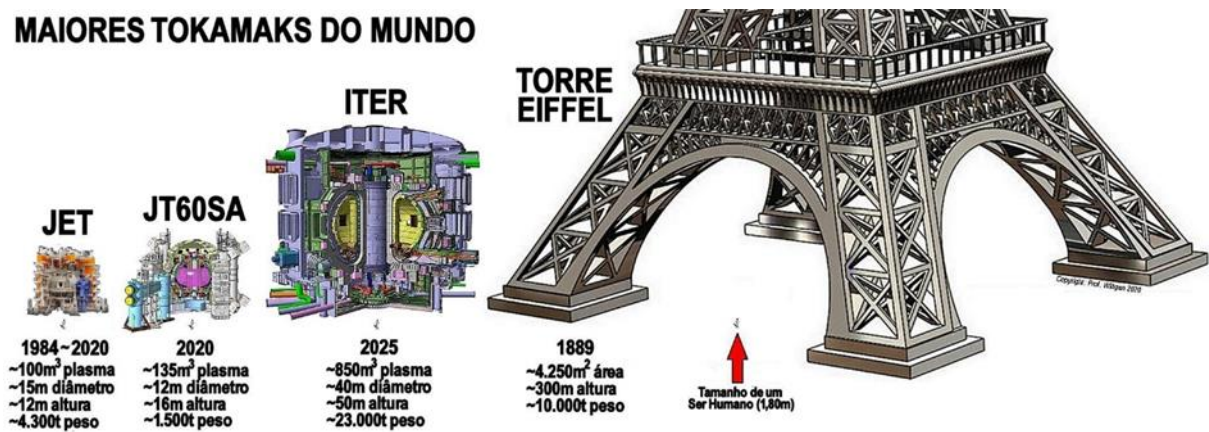


Figura 7. Comparação de tamanhos aproximados entre os maiores *Tokamaks* do mundo e a Torre *Eiffel*.

Fonte: Wiltgen (2022).

O *Tokamak* que mais perto chegou desta condição foi o *JET* em 1997, desde essa época, devido as dificuldades tecnológicas e financeiras, houve o acordo internacional para a construção do *ITER*. O *ITER* foi projetado, e vem continuamente sendo planejado, para utilizar tudo de mais moderno que existe na ciência, engenharia e tecnologia. Em todos sistemas, materiais e processos de controle e automação operacional (Wiltgen, 2018).

Na Figura 8 podem ser observadas as três maiores bobinas construídas para os maiores *Tokamaks* do mundo em escala aproximada (*JET*, *JT-60SA* e *ITER*). Veja a evolução da maturidade tecnológica apenas neste item dos *Tokamaks* modernos (1990 *TRL* 6-7 até 2025 *TRL* 7-8). É possível perceber a dimensão das bobinas dos grandes *Tokamaks* quando comparadas ao tamanho de uma pessoa com ~1,8m. Cabe lembrar que as bobinas do *Tokamak JET* são feitas de cobre e não de material supercondutor como as bobinas do *JT-60SA* e *ITER*.



Figura 8. Diferentes maturidades tecnológicas na fabricação de bobinas em Tokamaks.
Fonte: Wiltgen (2022).

Na Figura 9 são apresentadas as máquinas atuais modernas em construção e/ou operação no mundo. Na figura do lado direito é possível ver a seção transversal da coluna de plasma de cada tipo de Tokamak, e seus respectivos tamanhos, assim como, os valores de corrente de plasma para cada máquina, e os países participantes do projeto da máquina em questão.

No lado oposto da Figura 9, a esquerda, tem-se uma imagem do Tokamak ITER e da sua câmara de vácuo e seção transversal da mesma. Para os Tokamaks JT-60SA (Japão), EAST (China), KSTAR (Coreia) e WEST (França – antigo Tore Supra reformado e com nova câmara de vácuo) são mostradas na parte inferior as fotografias internas da câmara de vácuo dos respectivos Tokamaks. Observe que todos estes Tokamaks, e mais o SST-1 (Índia), operam com bobinas supercondutoras.

Os Tokamaks EAST e KSTAR respectivamente, obtiveram resultados com pulsos de longa duração e temperatura. O KSTAR conseguiu em 2016 ao manter o plasma aquecido a ~50 milhões °C por ~70 segundos. Depois superado pelo EAST no ano seguinte (2017) com ~102 segundos. Em 2018, o KSTAR operou com temperatura ~100 milhões °C durante ~1,5 segundos, na sequencia chegou até ~8

segundos na mesma temperatura em 2019. E em dezembro de 2020, estabeleceu um recorde mundial ao manter o plasma a ~100 milhões °C por ~20 segundos.

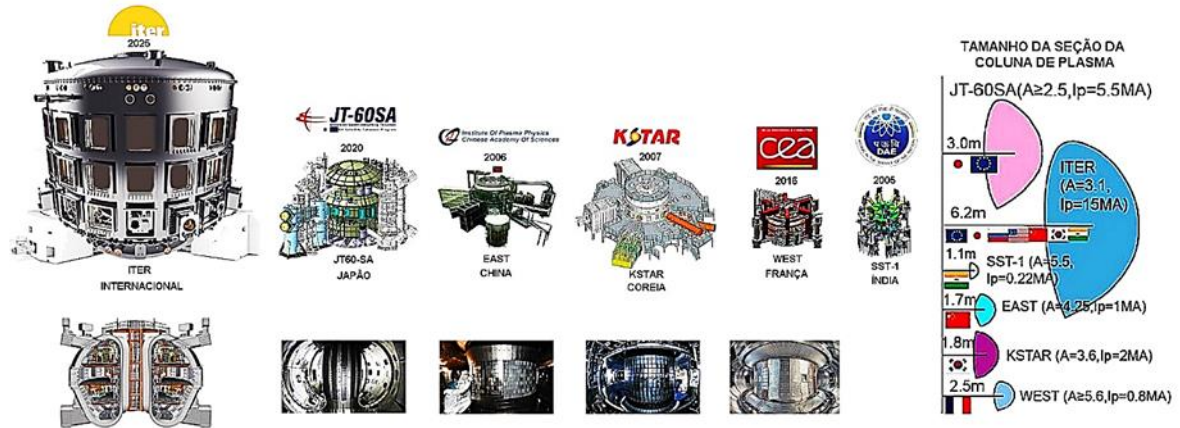


Figura 9. Comparação dos Tokamaks atuais em operação com o ITER ainda em construção.

Fonte: Wiltgen (2022).

6. PERSPECTIVAS COM O FUNCIONAMENTO DO TOKAMAK ITER

O sucesso da máquina *ITER*, dependerá do entendimento dos parâmetros necessários para obter a fusão nuclear sustentada. Os *Tokamaks* com maturidade tecnológica menores abriam o caminho para os avanços implementados no projeto do *ITER*, o que de fato cria uma boa expectativa para que logo após sua caracterização operacional, possam ser testadas misturas de Deutério e Trítio (*D-T*) que sejam relevantes para a obtenção da fusão nuclear para um reator (Wiltgen, 2021B; Wiltgen, 2022B. Wiltgen, 2022C; Wiltgen, 2022D).

Os sistemas modernos vão operar na máquina o que de fato é chamado de engenharia moderna no qual envolve todo o dispositivo, de seus sistemas auxiliares, a toda a máquina e diagnósticos, produção de plasma e campo magnético, além é claro do próprio combustível nuclear (*D-T*). Haverá uma sobreposição de engenharias, a moderna operando junto com a convencional modernizada para a produção de vapor e a obtenção de eletricidade (Wiltgen, 2022C).

Um futuro reator a fusão nuclear deve estar preparado para produzir seu próprio combustível nuclear, tal como pode ser visto na Figura 10. Observar que na figura o lado direito concentra a engenharia tradicional, no qual há muitos anos estão estabelecidas as maturidades tecnológicas utilizadas inclusive nas plantas e centrais nucleares de fissão. No lado oposto, a esquerda, tem-se a engenharia moderna, no

qual espera-se nos próximos anos estabelecer elevada maturidade tecnológica para permitir a obtenção do reator por confinamento magnético do plasma em máquinas do tipo *Tokamak*.

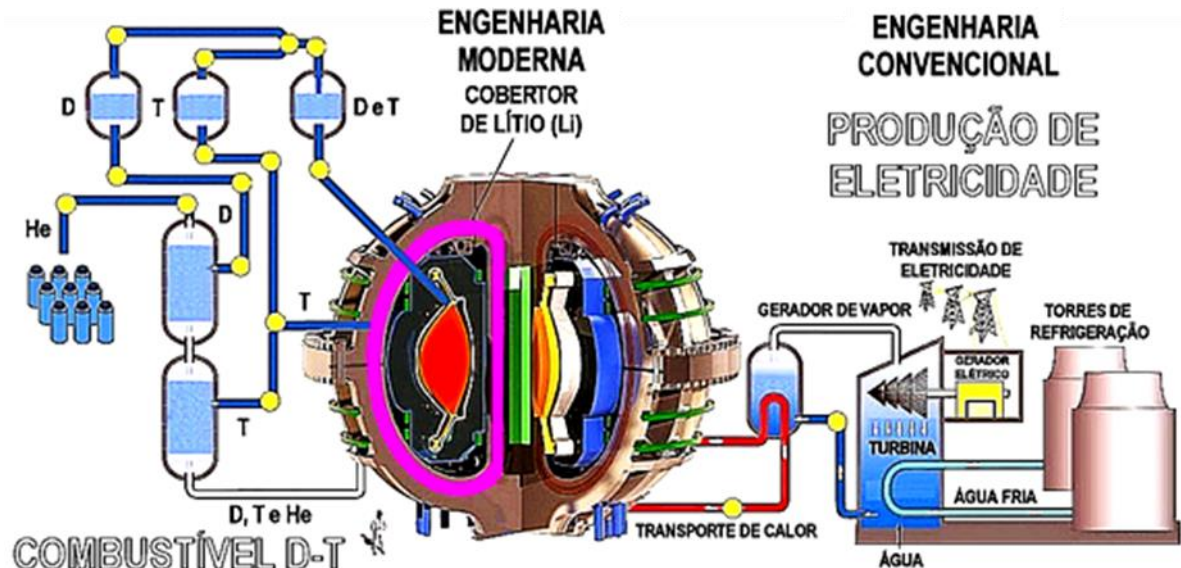


Figura 10. Representação esquemática de um futuro reator a fusão nuclear do tipo *Tokamak*.

Fonte: Wiltgen (2022).

O reator a fusão nuclear conta ainda com diversos outros sistemas de apoio, diagnósticos, sistemas auxiliares e de controle. Isso tudo ocupa uma grande área o que inclui os prédios de controle e da máquina, assim como, demais estruturas de apoio com sistemas de refrigeração, tratamento do combustível nuclear e aquecimento extra do plasma.

A área destinada para a construção do *ITER* é de $\sim 1,8 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ ($\sim 1,8 \text{ M m}^2 = \sim 180$ hectares) localizado na cidade de *Bouches-du-Rhône* no sul da França próximo de *Marselha*, no centro de pesquisas chamado CEA (*Atomic Energy Commission*) *Cadarache*.

É possível que os resultados do *ITER* possam permitir uma diminuição da área necessária para a construção do *DEMO* até ~ 2050 incluindo a redução de sistemas diagnósticos ainda muito necessários na fase de caracterização do plasma para a fusão nuclear e que em uma máquina pré-comercial não seriam mais necessários.

Fato é que prosseguir por mais 50 anos de ajustes na máquina *DEMO* devem ser mais que o necessário para permitir a maturidade das empresas comerciais para adquirir todo o conhecimento necessário para a construção das primeira plantas operacionais das centrais a fusão nucleares (*FPP*), com os materiais necessários,

técnicas de manufatura, e melhorias nos processos de operação e construção o que inclui tornar o sistema mais compacto, mesmo que a máquina em si possa ficar ainda maior, como mostrado na Figura 11 o longo caminho de percorrido pela fusão nuclear em *Tokamaks*, com a data de construção, características de plasma e de fusão, além de suas maiores máquinas e dimensões aproximadas.

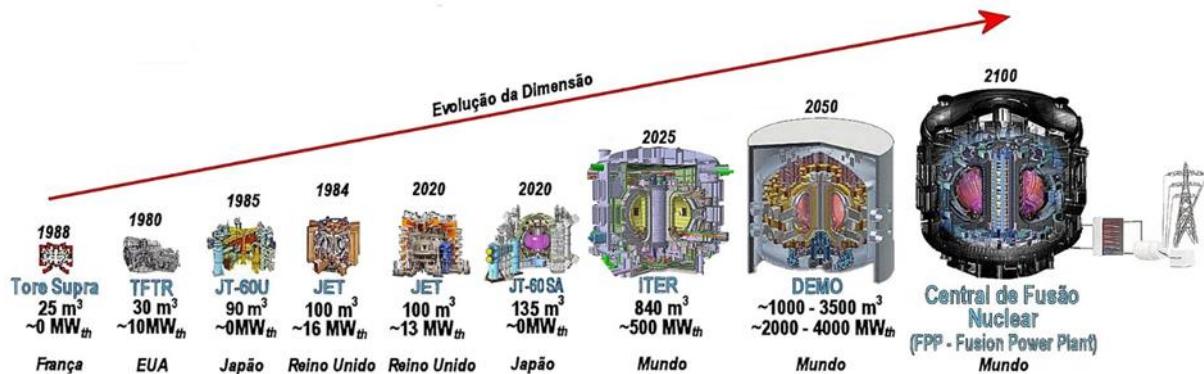


Figura 11. Representação do caminho percorrido de maturidade tecnológica em *Tokamaks* - passado, presente e futuro.

Fonte: Wiltgen (2022).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Qualquer tecnologia nova carece de maturidade. A maturidade é o entendimento completo da tecnologia o que permite entender e aplicar de forma coerente e eficientemente uma nova abordagem de ciência e engenharia que permite avanços tecnológicos que quase sempre são ou mesmo beiram o estado da arte.

Isso se mostra com maior profundidade quando a tecnologia demora muito tempo para amadurecer como é o caso da fusão nuclear. A obtenção da fusão nuclear é uma das tarefas mais difíceis assumidas pela humanidade. Não apenas porque é um desafio enorme obter o processo de fusão nuclear na Terra, mas também porque a tecnologia necessária vem sendo desenvolvidas nas últimas décadas, o que se traduz em quase 200 anos de desenvolvimento até que venha a ser obtido o reator comercial.

O fato de que é muito importante para o desenvolvimento humano dispor de uma abundância de energia, principalmente elétrica, fazendo com que as pesquisas realizadas em fusão nuclear tenham importância ímpar na maioria dos países no mundo.

A participação efetiva no consórcio internacional para a construção operação e investigação no *ITER*, foi, é e será algo muito importante na história, principalmente para os países envolvidos no consórcio dado a transferência de tecnologia que permitirá não só a construção dos futuros reatores a fusão nuclear, mas também, diversas outras oportunidade oriundas dos inúmeros desenvolvimentos paralelos de novas tecnologias que podem ser empregadas de forma comercial, possibilitando o avanço na indústria moderna e avançada, no qual beneficiará não só as nações envolvidas, como também sua população e sociedade.

Infelizmente o Brasil não participou da iniciativa do consórcio mesmo com as inúmeras vantagens oferecidas para a sua efetiva participação, inclusive com um possível fornecimento de grande parte de minério necessário para a construção das bobinas supercondutoras, o Nióbio. Infelizmente, as ações governamentais na época não entenderam a profundidade e a importância de participar do projeto do *ITER*, visto a falta constante de planejamento de políticas de estado (constantes e de longo prazo), no lugar de planejamento de políticas de governos (inconstantes e de curtíssimo prazo).

Apesar da efetiva participação de pesquisadores do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica), IFUSP (Instituto de Física da Universidade de São Paulo), UNICAMP (Universidade Estadual de São Paulo em Campinas), entre muitas outras importantes instituições de pesquisa no Brasil, os avanços conseguidos nas pesquisas nos anos de 1980 até 2020, foram aos poucos diminuindo mesmo com a constante insistência da comunidade científica de fazer o país participar efetivamente de alguma forma do maior desafio da humanidade, e permitir a nação desfrutar dos benefícios de utilizar a fusão nuclear.

Espera-se que os resultados do *ITER* possam efetivamente alcançar o *TRL 7-8*, e assim, levar a humanidade a um novo patamar energético com a operação do primeiro reator a fusão nuclear que permitirá as nações desfrutarem de um período de paz e de prosperidade a muito tempo almejado.

REFERÊNCIAS

ABERNATHY, W., ROSENBLOOM, R. ***Parallel and Sequential R&D Strategies: Application of a Simple Model***. IEEE Transactions on Engineering Management. v.15(01), p.2-10, 1968.

BLANCHARD, B.S., FABRYCKY, W.J. **Systems Engineering and Analysis**. Pearson Education - Prentice Hall, 2011. 800p.

CARAYANNIS, E.G., DRAPER, J., IFTIMIE, I.A. **Nuclear Fusion Diffusion: Theory, Policy, Practice, and Politics Perspectives**. IEEE Transactions on Engineering Management. p.01-15, 2020A.

CARAYANNIS, E.G., DRAPER, J., BHANEJA, B. **Towards Fusion Energy in the Industry 5.0 and Society 5.0 Context: Call for a Global Commission for Urgent Action on Fusion Energy**. Journal of the Knowledge Economy. p.01-14 2020B.

CARMACK, J. **Technology Readiness Levels for Advanced Nuclear Fuels and Materials Development**. Idaho National Laboratory, U.S. Department of Energy Office of Nuclear Energy (INL/EXT-14-31243). p.01-16, 2014.

CARMACK, J., BRAASE, L.A., WIGELAND, R.A., TODOSOW, M. **Technology Readiness Levels for Advanced Nuclear Fuels and Materials Development**. Idaho National Laboratory, U.S. Department of Energy Office of Nuclear Energy (NL/JOU-16-38690). p.1-16, 2017.

DoD **Mandatory Procedures for Major Defense Acquisition Programs (MDAPS) and Major Automated Information System (MAIS) Acquisition Programs**. U.S. Department of Defense (DoD 5000.2-R). p.01-193, 2002.

DOE **Standard Review Plan (SRP)**. Technology Readiness Assessment Report, Corporate Critical Decision (CD) Review and Approval Framework Associated with Nuclear Facility Capital and Major Construction Projects, Office of Environmental Management, U.S. Department of Energy (DOE - EM - SRP – 2010 - 2nd Edition). p.01-49, 2010.

DOE **Technology Readiness Assessment Guide**. U.S. Department of Energy (DOE G 413.3-4A). p.01-73, 2011.

EUROFUSION **European Research Roadmap to the Realisation of Fusion Energy**. Report Annual. p.1-76, 2018.

FABRYCKY, W.J. **Systems Engineering: Its Emerging Academic and Professional Attributes**. Proceedings ASEE Annual Conference and Exposition, Louisville, KY, June 21-23, p.15.1162.1-15.1162.17, 2010.

GIRARDI, R. FRANÇA Jr., J.A., GALDINO, J.F. **A Customização de Processos de Avaliação de Prontidão Tecnológica Baseados na Escala TRL: Desenvolvimento de uma Metodologia para o Exército Brasileiro**. Coleção Meira Mattos, v.16(57), p. 491-527, 2022.

GOUGAR, H.D., BARI, R.A., KIM, T.K., SOWINSKI, T.E., WORRALL, A. **Assessment of the Technical Maturity of Generation IV Concepts for Test or Demonstration Reactor Applications**. Idaho National Laboratory, U.S. Department of Energy Office of Nuclear Energy (INL/EXT-15-36427 - Revision 2). p.01-33, 2015.

HABERFELLNER, R., WECK, O., FRICKE, E., VÖSSNER, S. **Systems Engineering Fundamentals and Applications**. Springer Press, 2019. 484p.

INCOSE **Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities**. INCOSE-TP-2003-002-04. Version 4, Wiley Press, 2015. 304p.

JONES, H.W. **Integrated Systems Testing of Spacecraft**. International Conference on Environmental Systems SAE, Transactions Journal of Aerospace. p.1-11. 2007.

KOTONYA, G., SOMMERVILLE, I. **Requirements Engineering: Process and Techniques**. Wiley Press. 1998. 294p.

LAVOIE, J.R., DAIM, T.U. **Technology Readiness Levels Improving R&D Management: A Grounded Theory Analysis**. Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), Portland, p.01-09, 2017.

MANKINS, J.C. **Technology Readiness Levels, A White Paper**. Advanced Concepts Office of Space Access and Technology, NASA, April 6, 1995.

NASA **Nasa Systems Engineering Handbook**. Revision 2 SP-6105, 2018.

NETL **Technology Readiness Assessment – Overview a Checkpoint Along a Challenging Journey**. National Energy Technology Laboratory (NETL), U.S. Department of Energy, Report Clean Coal Research Program. (DOE/NETL-2015/1711). p.01-30, 2015.

NUSEIBEH, B., EASTERBROOK, S. **Requirements Engineering: A Roadmap**. Proceeding ICSE'00 Proceedings of the Conference on The Future of Software Engineering. Limerick, Ireland, June 04-11, p.35-46, 2000.

PEGORARO, C., De PAULA, I.C. **Requirements Processing for Building Design: a Systematic Review**. Production SciELO, v.27, 2017.

POHL, K. **The Three Dimensions of Requirements Engineering**. Proceedings 5th Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE'93), Lecture Notes in Computer Science, p.275–292, 1993.

POHL, K., ULFAT-BUNYADI, N. **The Three Dimensions of Requirements Engineering: 20 Years Later**. Seminal Contributions to Information Systems Engineering, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p.81-87, 2013.

PRINJA, N.K., VICENTE, S.G. **Fusion Specific Technology Readiness Levels**. 28th IAEA Fusion Energy Conference. 10–15 May, p.01-05, 2021.

SAGARA, A., WOLF, R., NEILSON, H. **Technological Readiness Comparison for Helical and Tokamak DEMO**. 3rd IAEA DEMO Programme Workshop, Hefei-University of Science and Technology of China. 11-14, May, p.01-34, 2015.

TILLACK, M.S., STEINER, D., WAGANER, L.M., MALANG, S., NAJMABADI, F., CADWALLADER, L.C., EL-GUEBALY, L.A., PEIPERT, R.J., RAFFRAY, A.R., SHARPE, J.P., TURNBULL, A.D., WEAVER, T.L., and the ARIES Team, **Issues and R&D Needs for Commercial Fusion Energy**. An interim report of the ARIES technical working groups (UCSD-CER-08-01), July, p.1-71, 2008.

WILTGEN, F. **Sistemas Inteligentes para o Controle de Plasma em Máquinas do Tipo Tokamak – Aplicação de Sistemas de Controle com Inteligência Artificial**. Novas Edições Acadêmicas, 2018. 372p.

WILTGEN, F. **Técnica de Ensaios de Sistemas Complexos com Metodologia de Engenharia de Sistemas & Requisitos**. Revista Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas. v.4(01), p.51–60, 2020.

WILTGEN, F. **Testing Plan in Systems & Requirements Engineering for Strategic Engineering Areas**. 26° International Congress of Mechanical Engineering (COBEM). Curitiba, 22-26 de novembro, p.1–10, 2021A.

WILTGEN, F. **Energia Elétrica via Fusão Termonuclear Controlada**. Revista Militar de Ciência e Tecnologia (RMCT). v.38(03), pp.97-107, 2021B.

WILTGEN, F. **Estados Físicos da Matéria**. Ciência e Tecnologia: Temáticas e Fundamentos. Editora Uniesmero. Cap.9, v.3, pp.106-130, 2022A.

WILTGEN, F. **The Pragmatic Dichotomy of Energy in the World**. Revista de Humanidade, Tecnologia e Cultura. pp.1-10. Aguardando publicação, 2022B.

WILTGEN, F. **Futuro Reator a Fusão Nuclear do Tipo Tokamak – Máquina de Engenharia Desafiadora**. XI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica - CONEM 2022. Teresina, 07-11 de agosto. pp.1-10, 2022C.

WILTGEN, F. **A Fusão Nuclear via Máquina do Tipo Tokamak – Energia Elétrica para o Futuro do Desenvolvimento Humano**. XIII Congresso Brasileiro de Planejamento Energético – CBPE 2022. Híbrido Remoto. pp.1-10, 2022D.

WILTGEN, F. **Fusão Termonuclear Controlada por Confinamento Magnético do Plasma em Máquinas do Tipo Tokamak**. Revista Militar de Ciência e Tecnologia (RMCT). pp.1-6. Aguardando publicação, 2022E.

WILTGEN, F. **Projetos Baseados em Requisitos**. Revista Engenharia e Tecnologia. v.14(01), p.240-251, 2022F.

WILTGEN, F. **Fabricação de Protótipos para Testes Experimentais**. Revista Engenharia e Tecnologia. v.14(02), p.9-22, 2022G.

WILTGEN, F. **Análise no Domínio do Problema com Técnicas de Engenharia de Sistemas & Requisitos**. Revista Tecnologia. p.1–20, 2022H, aguardando publicação.

YOUNG, R.R. ***Twelve Requirements Basics for Project Success***. Crosstalk The Journal of Defense Software Engineering, p.04-08, December, 2006.

YU, A.W., CHAN, E.W. ***Requirements Management in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) Industry: The Way Forward***. Proceedings W096 - Special Track 18th CIB WorldBuilding Congress, Salford, United Kingdom, May, 2010.



Capítulo 5
SUSTENTABILIDADE: ESTUDO DA
REUTILIZAÇÃO DA CASCA DE OVO PARA
FORMAÇÃO DE MASSAS CERÂMICAS

Jefferson Bento Gomes Pinheiro

Marcondes Mendes de Souza

Alexandre Magno Rocha da Rocha

Maria Clara Paulino de Amorim

Ligia Mara Gonzaga

Elias Nunes Filho

Enio Fernandes Amorim

SUSTENTABILIDADE: ESTUDO DA REUTILIZAÇÃO DA CASCA DE OVO PARA FORMAÇÃO DE MASSAS CERÂMICAS

Jefferson Bento Gomes Pinheiro

*Pesquisador do Grupo de Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Meio Ambiente
PROPI-IFRN/ CNPq, estudante téc. Em Mineração,
jefferson.pinheiro@escolar.ifrn.edu.br.*

Marcondes Mendes de Souza

*Professor do ensino técnico e tecnológico do IFRN, Dr. Em Engenharia Mecânica,
marcondes.mendes@ifrn.edu.br.*

Alexandre Magno Rocha da Rocha

*Professor do ensino técnico e tecnológico do IFRN, Me. Em Geociência,
alexandre.rocha@ifrn.edu.br.*

Maria Clara Paulino de Amorim

*Pesquisador do Grupo de Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Meio Ambiente
PROPI-IFRN/ CNPq, estudante téc. Em Mineração,
clara.amorim@escolar.ifrn.edu.br.*

Ligia Mara Gonzaga

*Professora do ensino técnico e tecnológico do IFRN e pesquisadora do CT mineral
IFRN, Doutora em Engenharia de processos, ligia.gonzaga@ifrn.edu.br*

Elias Nunes Filho

*Técnico em mineração pelo IFRN e Técnico de laboratório de tecnologia mineral,
elias.nunes@ifrn.edu.br*

Enio Fernandes Amorim

*Engenheiro Civil, Me e Dr em Geotecnia, atuando em Obras de Infraestrutura,
enio.amorim@ifrn.edu.br*

RESUMO

A casca de ovo, material rico em cálcio, provém de um alimento muito consumido no Brasil e no mundo, gerando por ano toneladas e mais toneladas de lixo orgânico o qual muitas vezes não tem o destino correto. Em um outro polo das necessidades do homem, está a mineração, atividade a qual é altamente utilizada nos mais diversos âmbitos da sociedade, e a extração de minérios, apesar de estar se desenvolvendo cada vez mais na questão da sustentabilidade, ainda é uma atividade extremamente predatória, e um exemplo de onde a mineração é fundamental é na indústria cerâmica. O vigente trabalho teve como objetivo tentar diminuir essas duas problemáticas, estudando a viabilidade da incrementação do resíduo de casca de ovo em materiais cerâmicos. As matérias-primas foram submetidas à caracterização tecnológica, e em seguida foram feitas as formulações com um dos componentes das massas cerâmica com teor de 3% de resíduo de casca de ovo e, posteriormente, conformadas por prensagem uniaxial, e queimadas a 1100 °C, 1150 °C e 1200 °C. Após a queima dos corpos de prova, foram determinadas as propriedades físico-mecânicas: massa específica aparente, absorção de água, retração linear, perda ao fogo e porosidade aparente, onde se destacaram os ensaios de absorção e retração linear. Foram avaliadas também a cor e a estrutura do corpo após a sinterização. Os resultados evidenciaram que, para a massa estudada, obteve-se um excelente aproveitamento do resíduo para diferentes tipos cerâmicos: poroso, semi-grés e grés. Conforme apresentados na tabela (4) da ABNTNBR 13818, foi mostrado que é possível alinhar essas duas alternativas sustentáveis que possam diminuir os impactos ambientais.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Casca de Ovo. Mineração. Reaproveitamento. Cerâmica.

ABSTRACT

Eggshells, a material rich in calcium, come from a food that is widely consumed in Brazil and around the world, generating tons and tons of organic waste every year, which is often not properly disposed of. At the other end of the spectrum of man's needs is mining, an activity that is highly used in the most diverse spheres of society. Although mineral extraction is becoming increasingly sustainable, it is still an extremely predatory activity, and one example of where mining is fundamental is in the ceramics industry. The aim of this work was to try to reduce these two problems by studying the feasibility of adding eggshell waste to ceramic materials. The raw materials were subjected to physical characterization. Masses containing 3% eggshell waste were formulated and then formed by uniaxial pressing and fired at 1100 °C, 1150 °C and 1200 °C. After firing the specimens, the physical-mechanical properties were determined: apparent specific mass, water absorption, linear shrinkage, loss on ignition and apparent porosity. The color and mineralogical phases formed were also evaluated. The results showed that, for the mass studied, excellent use was made of the waste for different types of ceramics: porous,

semi-porous and stoneware, showing that it is possible to combine these two axes and reduce the environmental impacts caused by both activities.

Keywords: Solid Waste. Eggshell. Mining. Reuse. Ceramics.

INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea vem se desenvolvendo cada vez mais, o que acarreta inúmeros benefícios para nós, mas em contrapartida requer mais recursos do meio ambiente para nos mantermos. Algumas atividades são indispensáveis onde entre elas podemos destacar a mineração, que extrai do planeta Terra inúmeros minerais que são utilizados no nosso dia a dia, mas que acaba por deixar cicatrizes enormes na natureza quando feita de maneira errônea e sem o tratamento básico para recuperação ambiental. Nesse âmbito, a parte de produtos cerâmicos não fica de fora da utilização em massa de produtos minerários, e pensando nisso foi analisado uma proposta de resíduo para substituir algum material dentro das cerâmicas e minimizar as problemáticas, ao mesmo tempo que desse utilidade à um resíduo descartável. Assim surge a ideia de adicionar casca de ovo, muito rica em cálcio, a formulação de massas cerâmicas e estudar o seu comportamento em contato com outros minerais, dando a ela uma nova utilidade e minimizando os impactos da casca ao ambiente em que seria descartada e da extração mineral, tomando como base o conceito de sustentabilidade, que é utilizar os recursos naturais atuais sem comprometer os das gerações futuras.

O ovo, rico em nutrientes, é utilizado diariamente por milhares de pessoas por todo globo e é comumente encontrado dentro das cozinhas brasileiras por ser um alimento barato e de fácil acesso. Em grande escala, ele é utilizado nas fábricas para produção de pães, bolos, panquecas, biscoitos, rações animais e muitos outros, onde cada parte pode ter várias finalidades diferentes. A sua grande utilização gera em consequência toneladas e mais toneladas de “lixo” todos os anos.

Atualmente já existem técnicas para redução do descarte desse material, sendo uma alternativa a casca na agricultura como corretor de solos, suplementos para animais, uso decorativo e outros. A casca é quase inteiramente composta por CaCO_3 , mais de 90% corresponde a esse elemento que é frequente na indústria cerâmica, presente no mármore, no calcário, na calcita e em outros minerais, sendo que a

diferença nítida ao manusear e trabalhar com o resíduo foi sua porosidade maior do que as rochas. Além do ovo, outros materiais padrões das cerâmicas que desempenham papéis importantes foram adicionados ao trabalho: argilas (ligante), quartzo (esqueleto) e feldspato (fundente).

Figura 1 – Coleta de cascas de ovo



Fonte: Cestos de Lixos e Lixeiras (2021)

Segundo a ABCERAM (2023), a argila é um material natural, de textura terrosa, de granulação fina, constituída essencialmente de argilominerais, podendo conter outros minerais que não são argilominerais (quartzo, mica, pirita, hematita, etc), matéria orgânica e outras impurezas. Os argilominerais são os minerais característicos das argilas; quimicamente são silicatos de alumínio ou magnésio hidratados, contendo em certos tipos outros elementos como ferro, potássio, lítio e outros. O trabalho teve como base a utilização das argilas provenientes dos municípios de São Gonçalo do Amarante e Currais Novos, localizados no Rio Grande do Norte, onde sua diferença é a coloração de queima, sendo, respectivamente, branca e vermelha.

O tipo de feldspato escolhido para o trabalho foi o feldspato sódico, também chamado de albita, que apresenta coloração branca e é rico com Na (sódio) assim como seu nome sugere.

O quartzo é o segundo mineral mais abundante da crosta terrestre e está presente em praticamente todos os lugares e nas mais diferentes cores e formatos. Sua fórmula e composição química é basicamente SiO_2 , sendo tratado também como dióxido de sílica, o material é utilizado em muitas partes da indústria, tanto por sua facilidade em ser encontrado como também por sua beleza. O tipo utilizado no

trabalho foi o quartzo leitoso, um tipo muito branco que se assemelha a cor do leite e tem a função de dar sustento ao corpo de prova, funcionando como uma espécie de esqueleto.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Luz e Braz (2000), o emprego do quartzo na indústria é função do conteúdo de impurezas, defeitos no cristal e outras normas específicas que cada segmento industrial requer. Os cristais de melhor qualidade são destinados à indústria óptica, eletrônica e de instrumentação, enquanto os de qualidade inferior destinam-se à indústria em geral (abrasivos, cerâmica, metalúrgica)

Os feldspatos são um grupo de minerais cuja composição química é descrita pela fórmula $(K, Na, Ca) (Si, Al)_4 O_8$. São silicatos de alumínio contendo diferentes proporções de cálcio, potássio, sódio e ocasionalmente silício. Eles ocorrem em rochas graníticas e são os principais minerais dos pegmatitos, associados a diversos outros minerais. Suas reservas são abundantes em todos os países produtores” (DNPM/MG, 2013).

O ovo galináceo é um produto de baixo custo e largamente consumido pela maioria da população brasileira. A industrialização deste produto gera vantagens econômicas, porém produz no Brasil cerca 172.000 toneladas de resíduo em forma de casca por ano” (Freire et al, 2008). O termo argila sensu lato é empregado para designar um material inorgânico natural, de granulometria fina, com partículas de poucos micrômetros, que apresenta comportamento plástico quando adicionada uma determinada quantidade de água. Do ponto de vista sedimentológico e granulométrico, a fração argila corresponde ao conjunto de partículas inferiores a 2 μm ou 4 μm (Motta et al, 2004).

METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa utilizou uma quantidade mínima de corpos de prova, a qual cada um desses passou por testes físicos onde falamos brevemente de cada estudo que foi realizado e, após os resultados, a observação da incorporação do resíduo e se o mesmo é viável para indústria e para nosso cotidiano. Foram utilizados 60 corpos de prova, sendo 10 para cada temperatura e formulação (resultando em 6 tipos), esses que foram feitos seguindo uma porcentagem específica a qual iremos ver na tabela 1, e passados por instrumentos indispensáveis para o resultado obtidos, sendo esses: balança de precisão; estufa para reter a água adicionada para homogeneização; prensa uniaxial, a qual as

peças passaram à 2,5 toneladas; forno de alta tensão; e o uso do paquímetro digital, utilizado em diversos momentos para medir o comprimento e largura dos corpos de prova.

Com os números obtidos, foi necessário, para análise de dados, cálculos específicos, que iremos ver mais a baixo, para obter a % de cada estudo físico realizado. Cada matéria mineral foi submetida ao processo de cominuição com o objetivo de quebrar o material e facilitar o seu peneiramento, realizado a 200# (mesh), nomenclatura do tamanho dos furos da peneira, e assim possibilitando a homogeneização para formar o corpo de prova. As cascas de ovo foram batidas a mão em um pilão e depois passadas na peneira com mesmo tamanho.

Tabela 1 – Formulação utilizada

Formulação	
Compostos	Porcentagem
Albita	47%
Argila	37%
Quartzo	13%
Casca de ovo	3%
Água destilada	10%

Fonte: Autor (2023)

Para a compactação dos corpos de prova, 12 gramas da massa cerâmica com adição de 10% de água serão dispostos em uma matriz uniaxial com dimensões de 60 x 20 x 5 mm, da qual, após prensagem à 2,5 ton mantida por um período de 1 minuto em prensa da marca Marcon, serão extraídas 20 amostras para cada temperatura. Em seguida, os corpos de prova serão submetidos à secagem em estufa a 110°C por 24 horas, onde deverá ocorrer a perda da umidade e a consolidação da resistência mecânica à verde. A etapa de sinterização dos corpos de prova acontecerá em forno mufla, sob patamar de 60 min. e taxa de aquecimento de 10°C/min. A sinterização das peças ocorrerá nas temperaturas de 1100° C, 1150° C e 1200° C, sendo o consecutivo resfriamento efetivado de forma lenta e gradual, com o forno desligado e fechado até o alcance da temperatura ambiente.

Por fim, destaca-se que para a realização da caracterização física, os corpos cerâmicos serão pesados em balança de precisão e terão suas dimensões feitas com o auxílio de um paquímetro digital imediatamente após os processos de prensagem, secagem e sinterização, sendo registrados os valores correspondentes a largura, comprimento, espessura, peso, peso úmido e peso imerso das peças. Para a realização da caracterização física dos corpos cerâmicos, será utilizada uma quantidade de 60

corpos de prova, onde deverão ser realizados ensaios de retração linear, absorção de água, porosidade aparente e massa específica aparente, conforme metodologia descrita por Souza (2015).

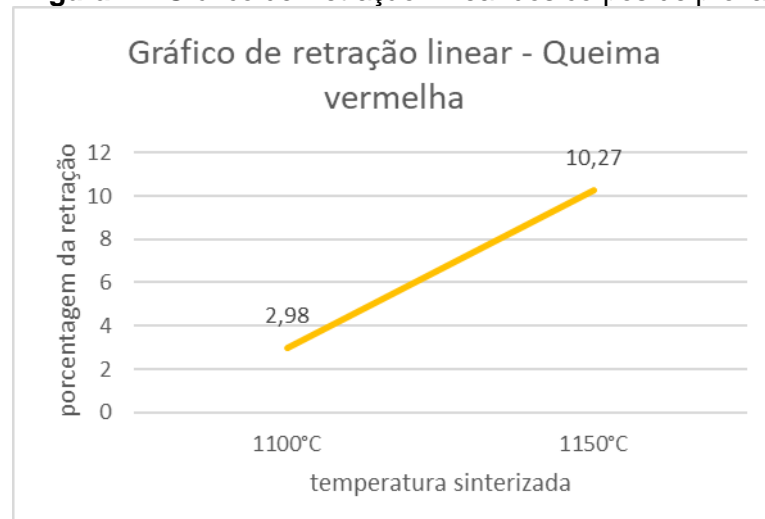
ANÁLISE DE DADOS

Os resultados obtidos foram gerados a partir dos ensaios físicos de cada um dos corpos-de-prova, onde foi feita a média de cada grupo (divididos pela argila e pela temperatura) com a finalidade de observar a reação da cerâmica e qual o seu melhor uso na indústria. Segue agora o comparativo entre as peças do mesmo tipo de argila mas com diferentes temperaturas de queima nos seguintes ensaios: Perda ao fogo, retração linear e absorção de água. Antes de irmos para a análise mais detalhada, é importante ressaltar que as peças de queima vermelha, sinterizadas a 1200°C, ultrapassaram o ponto de fusão e por isso houve a deformação das mesmas, inviabilizando-as para o mercado.

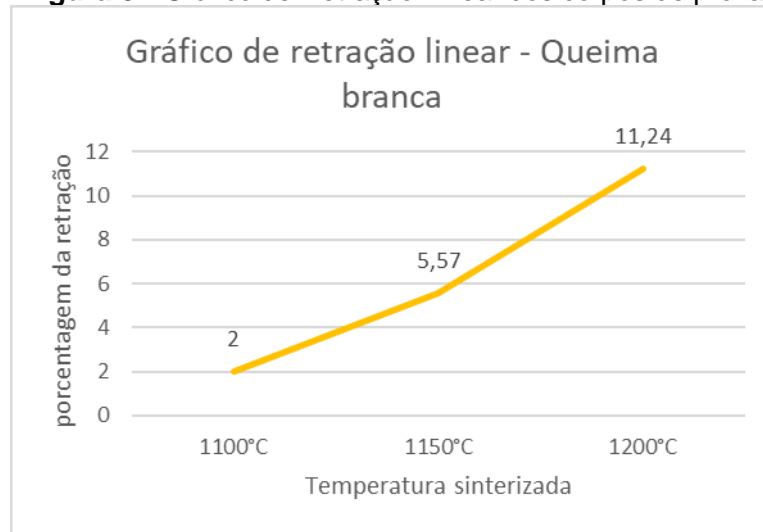
Retração Linear

De forma resumida, a retração linear é basicamente a medida que observa a diferença antes e pós queima que a peça sofreu, utilizando o paquímetro digital para medir seu comprimento em ambas as etapas, e depois usar esses resultados para montar um gráfico que irá auxiliar na observação do quanto a peça retraiu, ou seja, a sua diminuição de tamanho pós queima.

Figura 2 – Gráfico de Retração Linear dos corpos de prova



Fonte: Autor (2023)

Figura 3 - Gráfico de Retração Linear dos corpos de prova

Fonte: Autor (2023)

Os gráficos mostram, conforme o esperado, que a cada aumento de temperatura a retração aumentou. Isso se dá pelo motivo da queima, visto que as peças foram atingindo o seu ponto de fusão e com isso diminuindo de tamanho. É possível ver como houve diferença de retração entre 1100°C e 1200°C, sendo pertinente observarmos que a queima ocorreu de forma mais acentuada nas peças de queima vermelha, que saiu de 2,98% para mais de 10% com uma diferença de temperatura de 50°C a mais (figura 2). Essa mesma retração também foi alta nas peças de queima branca, indo de 2% a 11,2%, mas com uma diferença de 100°C (figura 3). Portanto, conclui-se que nesse teste ao se aproximar de sua temperatura de fusão, houve uma retração parecida nos dois casos, evidenciando que é comum o corpo cerâmico sofrer esse processo de acordo com a sua sinterização.

Absorção de água

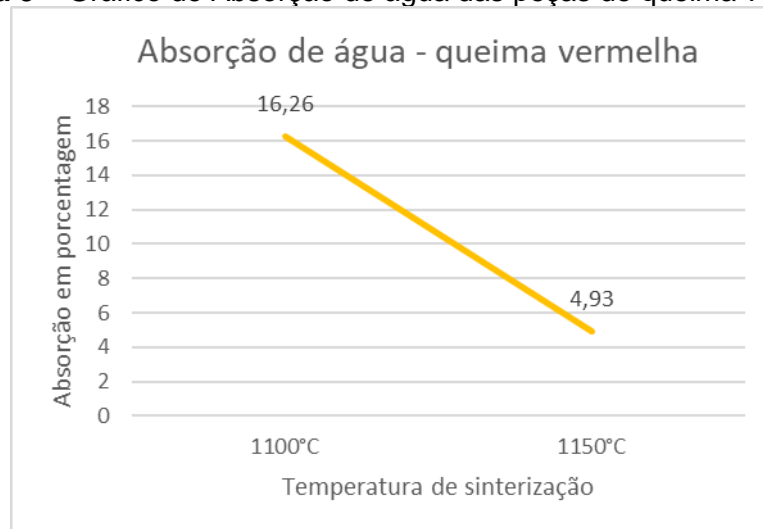
O ensaio que caracteriza a resistência do corpo cerâmico e assim garante a sua aplicação de forma correta no dia a dia. A absorção de água diz respeito, como seu próprio nome sugere, ao quanto de água a peça consegue absorver, e isso está ligado totalmente com o número de poros na mesma, funcionando de forma inversamente proporcional à sua resistência: quanto mais poros, mais absorção e menos resistente será o corpo de prova. Com esse teste podemos dizer, conforme a ABNTNBR 13818 a qual tipo de grupo cerâmico irá pertencer de acordo com o nível de absorção. Ver tabela (4).

Figura 4 – Tabela de Absorção de Água

<i>Absorção de água</i>	<i>Denominação atual</i>	
0 - 0,5%	porcelana	<i>Baixa absorção</i>
0,5 - 3%	grés	<i>Baixa absorção</i>
3 - 6%	semi-grés	<i>Média absorção</i>
6 - 10%	semi-porosos	<i>Alta absorção</i>
Acima de 10%	porosos	<i>Alta absorção</i>

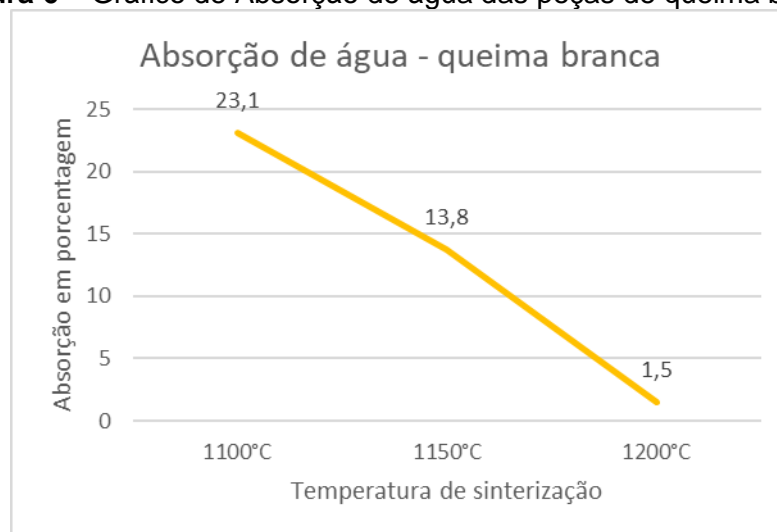
Fonte: NBR 13818 (2007)

Figura 5 – Gráfico de Absorção de água das peças de queima vermelha



Fonte: Autor (2023)

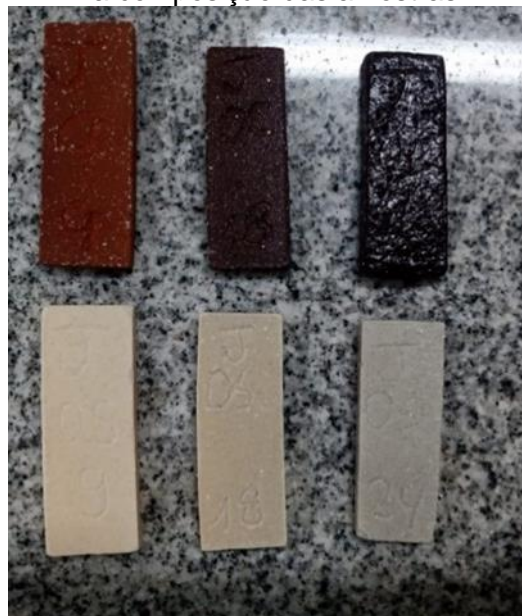
Figura 6 – Gráfico de Absorção de água das peças de queima branca



Fonte: Autor (2023)

Podemos observar, portanto, que os corpos cerâmicos obtidos se classificam como grés, semi-grés e poroso, onde em ambos os casos houve um declínio de uma absorção acima de 10% (poroso) para uma ou entre 0,5% a 3% (grés) ou entre 3% a 6% (semi-grés). Nas figuras 5 e 6 as peças se comportaram diferente conforme a cor de sua queima, como podemos ver que as de queima vermelha, que tem uma maior presença de ferro em sua composição, atingiram sua fase vítrea mais rápido em paralelo as de queima branca, que contém uma maior presença de alumínio, podendo-se estacar a temperatura de 1150°C onde, ao compararmos a absorção, houve uma diferença de 8,9%. Esses tipos cerâmicos são utilizados em diferentes meios conforme a sua resistência mecânica, onde aqueles de menor absorção são mais resistentes, mas isso não significa que os porosos não sejam utilizáveis, pois os mesmos são ótimos para ambientes com pouco contato que possa gerar impactos físicos. Segue abaixo uma foto de exemplares obtidos na pesquisa.

Figura 7 – A figura apresenta os corpos-de-prova onde foram utilizadas como material alternativo na massa cerâmica as cascas de ovo, com argilas de queima vermelha e branco na composição das amostras.



Fonte: Autor (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, ao longo do trabalho conseguimos ver, analisar e estudar o ciclo para formação de uma massa cerâmica, utilizando na matéria prima tradicional a casca de ovo como produto alternativo, onde houve um ótimo aproveitamento do resíduo e obtenção

de bons resultados. Podemos concluir, portanto, que o uso da casca de ovo para formação de alguns tipos de cerâmica é viável, alternativa essa que diminui a utilização de matérias minerais e também o descarte total da casca, ajudando ao meio ambiente e reutilizando um material mais barato como alternativa que, como comprovado na pesquisa, surte o mesmo efeito e consegue obter um material cerâmico de qualidade que pode ser utilizado para revestimentos de pisos e paredes, tanto internos como externos.

REFERÊNCIAS

SOUZA, MM. **Estudo da adição de resíduos de quartzitos para obtenção de grés porcelanato**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

NBR 13818. **Placas Cerâmicas para Revestimentos – especificação e métodos de ensaios**. Rio de Janeiro, RJ, 2007.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é - O que não é**. Rio de Janeiro: editora Vozes, 2017.

AMANTE, E. R et al. **Valorização de Resíduos Sólidos: Casca de Ovos como Matéria-Prima no Desenvolvimento de Novos Produtos**. Internacional Workshop Advances In Cleaner Production. São Paulo, Brasil, 2009.

PASTA CERÂMICA COM INCORPORAÇÃO DE CASCA DE OVO. Universidade de Aveiro, 2021. Disponível em: <<https://www.ua.pt/pt/perfil-tecnologico-12017>>. Acesso em: 27 de Novembro de 2022.

UA DESCOBRE DESTINO INOVADOR PARA CASCAS DE OVO: MATERIAIS CERÂMICOS. Universidade de Aveiro, 2015. Disponível em: <<https://www.ua.pt/pt/noticias/9/43774#:~:text=Uma%20equipa%20de%20investigadores%20da,a%20vantagem%20ambiental%20%C3%A0%20econ%C3%B3mica>>. Acesso em: 27 de Novembro de 2022.


FREIRE, M.N.; SOUSA, S.J.G.; HOLANDA, J.N.F. **Using eggshell in red wall tiles, Waste and Resource Management**, v. 161, p. 23-27 - 2008.

JÚNIOR, R. **FELDSPATO**. DNPM. Minas Gerais, 2013.

DISTRIBUIDORA, C. DE LIXO E LIXEIRAS-AGLOBAL. **Cascas de ovos são usadas para despoluição de rio no México**. Disponível em: <<https://cestosdelixoelixeiras.com.br/blog-lixearas/cascas-de-ovos-sao-usadas-para-despoluicao-de-rio-no-mexico>>. Acesso em: 29 de Novembro de 2022.

MOTTA, José Francisco Marciano et al. **As matérias-primas plásticas para a cerâmica tradicional: argilas e caulins**. Cerâmica Industrial, v. 9, n. 2, p. 33-46, 2004.

Matérias Primas Naturais – ABCERAM. Disponível em: <https://abceram.org.br/materias-primas-naturais/>, 2023. Acesso em: 24 de Outubro de 2023.



Capítulo 6
ANÁLISE CONSTRUTIVA DO CENTRO
AVANÇADO DE PREVENÇÃO DO CÂNCER DE
COLO UTERINO NO AMAZONAS
Karoline Socorro da Fonseca Santos
Júlia Marques Zuany de Oliveira

ANÁLISE CONSTRUTIVA DO CENTRO AVANÇADO DE PREVENÇÃO DO CÂNCER DE COLO UTERINO NO AMAZONAS

Karoline Socorro da Fonseca Santos

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Nilton Lins. Email: karolinesantosf@outlook.com

Júlia Marques Zuany de Oliveira

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Email: jujuzuany@gmail.com

RESUMO

Um dos tipos de câncer mais incidentes entre as mulheres é o câncer do colo de útero, causada pela infecção genital persistente por alguns tipos do Papilomavirus Humano – HPV, que tem papel fundamental na progressão anormal das células do colo de útero e na sua possível transformação em células cancerosas. O Amazonas é o estado que apresenta a maior incidência de casos do câncer uterino, e está entre os de maior taxa de mortalidade, se comparado aos estados das regiões brasileiras. Desse modo, a crescente demanda por atendimento na Fundação Centro de Controle de Oncologia (FCECON), exibe a superlotação da unidade, considerando que a mesma é o único centro de referência para realização de conizações do colo do útero, na capital e nos 61 municípios do interior. Nesse contexto, este trabalho visa analisar o impacto construtivo do Centro Avançado de Prevenção do Câncer do Colo do Útero do Amazonas (CEPCOLU) para o estado Amazonas bem como para região Norte no geral, com ênfase na particularidade que envolve a engenharia clínica e hospitalar nos projetos voltados à estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS). Foi verificado que os impactos estão diretamente ligados à qualidade do ambiente de tratamento e do serviço de oferecido à população do estado.

Palavras-chave: Engenharia clínica e hospitalar. Estabelecimentos assistenciais de saúde. RDC nº 50. Complexidade construtiva.

ABSTRACT

One of the most common types of cancer among women is cervical cancer, caused by persistent genital infection by some types of Human Papillomavirus – HPV, which plays a fundamental role in the abnormal progression of cervical cells and their possible transformation. in cancer cells. Amazonas is the state with the highest incidence of uterine cancer cases, and is among those with the highest mortality

rate, compared to states in Brazilian regions. Thus, the growing demand for care at the Oncology Control Center Foundation (FCECON) shows the overcrowding of the unit, considering that it is the only reference center for performing cervical conizations, in the capital and in the 61 municipalities from the interior. In this context, this work aims to analyze the constructive impact of the Amazonas Advanced Cervical Cancer Prevention Center (CEPCOLU) for the state of Amazonas as well as for the North region in general, with emphasis on the particularity that involves clinical and hospital engineering in projects aimed at healthcare establishments (EAS). It was found that the impacts are directly linked to the quality of the treatment environment and the service offered to the state's population.

Keywords: Clinical and hospital engineering. Health care facilities. RDC No. 50. Construction complexity.

INTRODUÇÃO

O Instituto Nacional de Câncer (INCA, 2022) define que o câncer do colo do útero, também chamado de câncer cervical, é causado pela infecção persistente por alguns tipos do Papilomavírus Humano - HPV, chamados de tipos oncogênicos. Exceto o câncer de pele não melanoma, é o terceiro tumor maligno mais frequente na população feminina (atrás do câncer de mama e do colorretal), e a terceira causa de morte de mulheres por câncer no Brasil. Por esse motivo, políticas públicas nessa área vêm sendo desenvolvidas no Brasil desde meados dos anos 80 e foram impulsionadas pelo Programa Viva Mulher, em 1996. O controle do câncer do colo do útero é uma prioridade da agenda de saúde do país e integra o Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das Doenças Crônicas e Agravos não Transmissíveis no Brasil 2021-2030.

A conização é o procedimento de fator determinante na resolutividade das lesões precursoras do câncer de colo do útero. Trata-se de pequena cirurgia para retirada da lesão pré-maligna detectada no exame Colpocitologia oncótica, conhecido como Papanicolau. No Amazonas, a Fundação Centro de Controle de Oncologia (FCECON), é o único centro de referência para realização de conizações do colo do útero, e assume uma demanda crescente na capital e os 61 municípios do interior. Essa crescente ocorre considerando ao fato de que, ainda de acordo com o INCA (2022), esse tipo de câncer é o que mais acomete e mata as mulheres no estado, ocupando o primeiro lugar no ranking brasileiro de câncer de colo de útero.

Dessa forma, a premissa da criação do Centro Avançado de Prevenção do Câncer do Colo do Útero do Amazonas (CEPCOLU), foi amplificar o número de procedimentos de conização com abertura de mais atendimentos de cirurgias oncológicas, de tal modo a minimizar a FCECON da sobrecarga assumida há anos. O projeto impacta economicamente nos gastos com o tratamento deste tipo de câncer com cirurgias de alta e média complexidade, na ocupação de leitos hospitalares e no tratamento por Radioterapia e Quimioterapia.

Diante do exposto, este trabalho visa analisar o impacto construtivo do CEPCOLU para o estado Amazonas bem como para região Norte no geral, com ênfase na particularidade que envolve a engenharia clínica e hospitalar nos projetos voltados à estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos países em desenvolvimento, o câncer do colo de útero é um problema de saúde pública, pois apresenta elevadas taxas de prevalência e mortalidade entre as mulheres de baixo nível social e econômico e em fase produtiva de suas vidas (Brenna *et al*, 2001).

A infecção pelo Papiloma Vírus Humano (HPV) representa o principal fator de risco para o câncer de colo de útero. Outros fatores de risco são: os sócio-econômicos e ambientais e os hábitos de vida, que incluem o início precoce da atividade sexual, a pluralidade de parceiros sexuais, o tabagismo, os hábitos inadequados de higiene e o uso prolongado de contraceptivos orais (Frigato e Hoga, 2003).

A Fundação CECON do Amazonas contribui de forma significativa para a implementação das políticas voltadas ao controle do câncer de útero do estado, com estratégias voltadas tanto para o interior quanto para a capital de Manaus (Nícida e Schweickardt, 2017).

METODOLOGIA DA PESQUISA

A área de estudo compreende terreno anexo ao FCECON, na Rua Francisco Orelana, 215, bairro Dom Pedro, Manaus/AM. Área total do terreno é de 1.944,00m² e área construída total é de 761,25 m². A captação e distribuição de água é dada através do sistema de água fria da unidade FCECON, porém possuindo reservatório

próprio com 02 células, somando 4.000 L. O sistema de esgoto é coletado através da rede geral de esgoto sendo encaminhada a uma estação de tratamento.

A RDC nº 50 (ANVISA, 2002) denomina os estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) como qualquer edificação e/ou unidade destinada à prestação de assistência à saúde à população, que demande o acesso de pacientes, em regime de internação ou não, qualquer que seja o seu nível de complexidade. Nesse sentido, o CEPOLU trata-se de uma unidade que recebe pacientes de forma eletiva para prevenir, diagnosticar e tratar o câncer uterino. Os pacientes são encaminhados para o estabelecimento pelo médico oncologista do FCECON, a fim de atendimento de médico especialista e realização da cirurgia especializada para este tipo de câncer.

Os projetos de arquitetura e engenharia foram desenvolvidos foram elaborados seguindo-se a legislação destinada às EAS's vigente na RDC nº 50 (ANVISA, 2022), RDC ANVISA nº 307 (ANVISA, 2022), RDC nº 189 (ANVISA, 2003) e projetos de instalações ordinárias e especiais. Além disso, de acordo com a Apevisa (2023), deve-se averiguar a adequação dos pontos de instalações projetados em relação ao determinado pela RDC nº 50 (ANVISA, 2002), assim como das instalações de suporte ao funcionamento geral da unidade (ex: sistema de ar-condicionado adotado nas áreas críticas, sistema de fornecimento de energia geral e de emergência, como os transformadores, gerador e nobreak; sistema de gases medicinais adotado; sistema de tratamento de esgoto, sistema de tratamento de resíduos e serviços de saúde), e equipamentos de infraestrutura, tais como: elevadores, monta-cargas, caldeiras, visando evitar futuros problemas decorrentes da falta ou da inadequação dessas instalações.

Para o desenvolvimento das atividades referente ao objeto de execução dos serviços da construção do CEPOLU houve a necessidade que a empresa licitante fosse certificada no Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), com qualificação nível "B" emitido por organismo certificador credenciado na especialidade técnica de execução de Obras de Edificações. Esse nível de certificação foi exigido considerando o requerimento de conhecimentos específicos pelo fato de ser uma obra hospitalar ambulatorial.

A certificação PBQP-H é uma ferramenta do governo federal que tem como objetivo organizar o setor da construção civil em torno da melhoria da qualidade do habitat. Em licitações públicas, o PBQP-H é exigido para participação, pois garante a qualidade das construções de edificações (ALONÇO, 2012). Conforme os estudos

apresentados por Alonço (2012) o objetivo dessa certificação é alcançado através de avaliação da conformidade de empresas de serviços e obras, melhoria da qualidade de materiais, formação e requalificação de mão de obra, normalização técnica, capacitação de laboratórios, avaliação de tecnologias inovadoras, informação ao consumidor e promoção da comunicação entre os setores envolvidos. Dentro do PBQP-H está a o regimento SiAC (Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras), sendo o principal ponto para obtenção do certificado.

Logo, o SiAC tem o objetivo de avaliar a conformidade da qualidade das empresas de construção civil. Ele analisa suas características de atuação, com base na norma ISO 9001. Assim, o regimento do SiAC é subdividido em dois níveis: Nível A e Nível B.

As principais diferenças entre os níveis estão na quantidade de requisitos obrigatórios da norma SiAC para implementação em cada nível e na porcentagem mínima de serviços que devem ser controlados (ALBUQUERQUE, 2012). Com relação aos requisitos do SiAC, no Nível B temos cerca de 70% dos requisitos como mandatórios, os 30% restantes que não são obrigatórios são: Ações para abordar riscos e oportunidades; Ambiente para a operação dos processos; Rastreabilidade de medição; Comunicação; Planejamento da execução da obra; Comunicação com o cliente; Análise crítica de requisitos relativos à obra; Mudanças nos requisitos relativos à obra; Entradas de projeto; Controles de projeto; Saídas de projeto; Mudanças de projeto; Processo de avaliação de fornecedores; Serviços de projeto e serviços especializados de engenharia; Locação de equipamentos de obra; Propriedade pertencente a clientes e fornecedores externos; Atividades pós-entrega; Controle de mudanças; Liberação da obra; Análise e avaliação; Melhoria contínua. A Tabela 1 apresenta as diferenças entre os níveis.

Tabela 1- Diferença entre os níveis “A” e “B”.

Análise percentual entre as diferenças de níveis “A” e “B”			
	Atendimento aos requisitos	Porcentagem mínima de serviços controlados	Porcentagem mínima dos materiais controlados
Nível A	100%	50%	100%
Nível B	70%	40%	50%

Fonte: autoral (2023)

Quanto às etapas do processo construtivo, de acordo com a SES-AM (2022), foram realizados (a) Trabalhos em terra, (b) Infraestrutura, (c) Superestrutura, (d) Cobertura, (e) Parede e divisórias, (f) Forro, (g) Revestimento de parede, (h) Revestimento de piso, (i) Soleiras, peitoris e rodapés, (j) Instalações hidráulicas, (k) Instalações de esgoto, (l) Instalações de combate a incêndio, (m) Instalações de águas pluviais, (n) Instalações especiais (gases medicinais), (o) Sistema de ar condicionado, (p) Esquadrias, (q) Pintura, (r) Aparelhos e metais, (s) serviços diversos e (t) Instalações elétricas, telemática e SPDA. Quanto à estrutura física da unidade, a Tabela 2 exhibe os ambientes projetados.

Tabela 2- Estrutura física do CEPCOLU

Análise por ambientes		
Ambientes do CEPCOLU		
Ambiente	Descrição	
Ambiente 1	Espera para 40 pessoas;	
Ambiente 2	Hall de entrada;	
Ambiente 3	Recepção;	
Ambiente 4	Auditório para 60 pessoas;	
Ambiente 5	Lavatório feminino;	
Ambiente 6	Lavatório masculino;	
Ambiente 7	Sala técnica do auditório;	
Ambiente 8	Copa;	
Ambiente 9	04 Consultórios médicos com banheiro interno;	
Ambiente 10	Secretaria (sala administrativa);	
Ambiente 11	Vestiário de barreira para pacientes para o centro cirúrgico (pacientes todas do sexo feminino, portanto apenas um);	
Ambiente 12	Vestiário de barreira para centro cirúrgico para funcionários feminino;	
Ambiente 13	Vestiário de barreira para centro cirúrgico para funcionários masculino;	
Ambiente 14	Conforto;	
Ambiente 15	Centro Cirúrgico	Depósito (materiais e equipamentos);
		DML
		Expurgo (sala de Utilidades);
		Farmácia (Guarda e preparo de anestésicos)
		Posto de enfermagem;
		Recuperação pós anestésica (05 leitos);
		Arsenal limpo (recebe materiais limpos vindos da CME da Unidade FCECON);
		Arsenal sujo (recebe materiais a serem esterilizados ou descartados para encaminhar para CME do FCECON ou para descarte no Depósito de Resíduos do FCECON);
04 Salas de Cirurgia pequenas.		

Fonte: adaptado SES (2023)

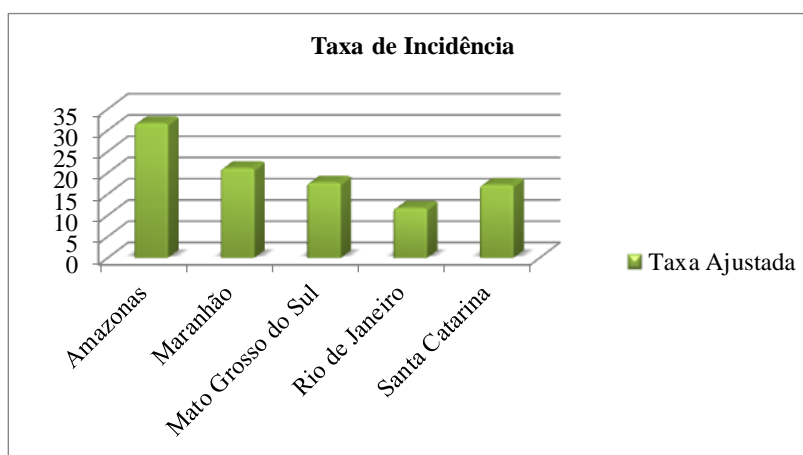
A estrutura física apresentada na Tabela 2, foi projetada de modo a garantir a devida funcionalidade da unidade bem como o eficaz fluxo operacional que a mesma exige.

ANÁLISE DE DADOS

Com base nos dados apresentados, constata-se que o Centro Avançado de Prevenção do Câncer do Colo do Útero do Amazonas ocasionou impacto construtivo e social, devido está diretamente ligado à qualidade do ambiente de tratamento e do serviço de tratamento oferecido à população do estado. Dessa forma, a obra representa um dos maiores pilares históricos para a diminuição e a incidência do câncer de colo uterino no Estado (MENDES, 2022).

As taxas de incidência são importantes para avaliar a magnitude da doença no território e programar ações locais. A partir dos dados fornecidos pelo INCA foi feito o Gráfico 1 que mostra as taxas ajustadas de incidência de câncer do colo do útero para o ano de 2022. Para a estimativa da referente taxa é verificado a incidência por 100 mil mulheres. A partir do resultado do gráfico é verificado que o estado do Amazonas é o que apresenta a maior taxa de incidência e, portanto a ação construtiva do CEPCOLU impacta diretamente no plano de ação ao tratamento da população.

Gráfico 1. Taxa de Incidência



Fonte: adaptado de INCA (2022)

Para o sistema construtivo da referida obra, o projeto constituiu edificação com estrutura convencional em concreto e alvenaria e paredes Drywall. A circulação interna foi feita pelo corredor principal que atravessa toda unidade no sentido

longitudinal. Este corredor recebe os pacientes e servidores que acessam a unidade pelas duas entradas na Recepção e Hall de entrada, levando ao auditório na ala leste e aos consultórios, administração e centro cirúrgico na ala oposta. O acesso de pacientes e servidores foi feito pelas duas portas existentes no Hall de entrada (acesso para o estacionamento e pedestres vindos da Av. Dom Pedro e Rua Campos Sales) e na espera, vindos da edificação principal da FCECON. Há ainda acesso para material sujo e limpo vindo e indo para o Centro Cirúrgico, oriundo ou com destino à CME e ao Depósito de Resíduos Sólidos do FCECON. Este acesso ficou voltado para o terreno do FCECON e é do tipo Janela Guilhotina (SES, 2022).

Em relação as instalações prediais o Reservatório de Fibra foi o tipo Caixa D'água com duas células de 2.000L cada, totalizando 4.000 L. O sistema de esgoto é coletado através de rede geral de esgoto sendo encaminhado a uma estação de tratamento de esgoto com capacidade. O fornecimento de energia elétrica é por via de subestação de 75 kva e grupo gerador de emergência de 80 kva. Por ser uma construção de anexo de uma unidade já existente, este se submete ao Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Saúde existente (SES-AM).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desse trabalho permitiu verificar a importância que a construção de um Centro Avançado de Prevenção do Câncer do Colo do Útero traz ao Amazonas, na perspectiva de que dentre alguns anos, a incidência de casos de colo uterino diminua no estado, bem como os números de mortalidade provocados pelo mesmo. Além disso, observou-se a complexidade da obra, considerando que desde a etapa de projeto houve a necessidade de analisar fluxos e procedimentos para o melhor atendimento aos serviços oferecidos pela unidade. Dessa forma, os avanços da engenharia clínica e hospitalar contribuem para mudanças de cenários críticos de enfermidade, e proporciona melhorias nos espaços estruturais dos estabelecimentos assistenciais de saúde.

AGRADECIMENTOS

À Secretaria de Estado de Saúde do Amazonas (SES-AM) pela liberação para consulta de sua rede de dados.

Ao empenho e força de vontade de ambas as partes autorais.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2020.

ALONÇO, D. **PBQP-H**. Templum. São Paulo, 2012.

ALBUQUERQUE, D. **As diferenças entre os níveis do PBQP-H: Nível A e B**. Templum. São Paulo, 2012.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução – RDC nº 50. **Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde**. 21 de fevereiro de 2002.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução – RDC nº 307 **Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde**. 21 de fevereiro de 2002.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução – RDC nº 189. **Regulamentação dos procedimentos de análise, avaliação e aprovação dos projetos físicos de estabelecimentos de saúde no Sistema Nacional de Vigilância Sanitária**. 18 de julho de 2003.

BRENNNA *et al.* **Conhecimento, atitude e prática do exame de Papanicolaou em mulheres com câncer de colo uterino**. Cadernos de Saúde Pública - CSP. Rio de Janeiro, v. 17 n. 4, 2001.


FRIGATO, S.; HOGA, A. **Assistência à mulher com câncer de colo uterino: o papel da enfermagem**. Revista Brasileira de Cancerologia, 2003.

INCA, Instituto Nacional de Câncer. **Controle do Câncer de Colo no Útero, Incidência**. Ministério da Saúde. Distrito Federal, 2022.

MENDES, H. **Obras avançam do primeiro Centro de Prevenção do Câncer do Colo do Útero**. RioMar. Amazonas, 2022.

NICIDA, L.; SCHWEICKARDT, J. **Fundação Centro de Controle de Oncologia: uma Abordagem da História da Política de Controle do Câncer no Amazonas.** Revista Brasileira de Cancerologia. Rio de Janeiro, v. 63 n. 3, 2017.

SES, Secretaria de Estado de Saúde. **Rede de Dados**, 2022.



Capítulo 7
ANÁLISE TEÓRICA DAS ALTERNATIVAS
VIÁVEIS PARA O REAPROVEITAMENTO DE
DORMENTES DE MADEIRA
Ana Caroline Pereira Nolasco
Vanessa Oliveira da Silva

ANÁLISE TEÓRICA DAS ALTERNATIVAS VIÁVEIS PARA O REAPROVEITAMENTO DE DORMENTES DE MADEIRA¹

Ana Caroline Pereira Nolasco

Especialista em Engenharia Ferroviária, Profa. Substituta, UEMASUL, Açailândia-MA, carol_nolascoengcivil@gmail.com;

Vanessa Oliveira da Silva

Especialista em Infraestrutura de Transportes e Rodovias, Imperatriz-MA, vanessaeng123@gmail.com.

RESUMO

Este trabalho se fundamenta na análise das alternativas viáveis para o reaproveitamento de dormentes de madeira. Para essa análise foi estudado artigos, livros e uma vasta bibliografia. Não existe nenhuma lei ou norma que especifiquem como deve ser feito o descarte dos dormentes, então pesquisadores buscam formas de descartar-los de maneira sustentável e econômica, fazendo a reciclagem e gerando renda com o uso desses resíduos. A malha ferroviária é fundamental para a logística econômica brasileira desde da implantação da primeira ferrovia no Brasil em 1854, embora o modal tenha tido um declínio. A proposta desse trabalho é destacar as vantagens, os tipos de reciclagem dos dormentes de madeira após o fim de sua vida útil e evidenciar os problemas ambientais que o descarte inadequado dos dormentes de madeira podem causar. Os dormentes em desuso pode ser transformados em carvão vegetal, objetos decorativos, biomassa para geração de energia renovável, dormentes de madeira laminada e podem ser utilizados na construção civil. A reciclagem dos dormentes de madeira é uma alternativa viável economicamente e para a preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Dormente, reciclagem, madeira, ferrovia.

ABSTRACT

This work is based on the analysis of viable alternatives for the reuse of wooden sleepers. For this analysis, articles, books and a vast bibliography were studied. There is no law or rule that specifies how the sleepers should be disposed of, so researchers are looking for ways to dispose of them in a sustainable and economical way, recycling them and generating income from the use of this waste. The

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

railway network has been fundamental for Brazilian economic logistics since the implementation of the first railroad in Brazil in 1854, although the modal has had a decline. The purpose of this work is to highlight the advantages, the types of recycling of wooden sleepers after the end of their useful life and to highlight the environmental problems that the improper disposal of wooden sleepers can cause. Sleepers in disuse can be transformed into charcoal, decorative objects, biomass for renewable energy generation, laminated wood sleepers and can be used in civil construction. The recycling of wooden sleepers is an economically viable alternative for the preservation of the environment.

Keywords: Sleeper, recycling, wood, railroad.

INTRODUÇÃO

O transporte ferroviário era o principal modal de transporte do país, responsável por todo o transporte de carga e passageiros entre os anos de 1870 e 1920 chamado de “Era das Ferrovias”, até a chegada do carro e rodovias no país. Devido à falta de investimento no modal ferroviário no século XX, as linhas existentes foram se desgastando, levando o modal ao declínio. Assim por meados de 1940 o investimento no modal rodoviário foi crescendo, tornando-o futuramente como o principal modal de escoamento de carga e transporte de pessoas.

Especialistas em logística afirmam que a utilização do modal ferroviário é economicamente mais viável do que a utilização do modal rodoviário, pois o custo de manutenção é menor e a facilidade de escoamento é melhor, tornando assim as ferrovias um bom investimento. Os transportes ferroviários são considerados mais seguros e com baixo impacto ambiental. Suas desvantagens é o pouco investimento no setor e a necessidade de outros modais para auxílio.

Embora seja considerado o modal com menor impacto ambiental negativo, ainda assim a construção de uma ferrovia pode causar diversos impactos na região de implantação, como a alteração do solo, influencia na vegetação, desmatamento e influência no habitat dos animais, além da utilização de dormentes de madeira na superestrutura da via permanente. Com o intuito de reduzir esses impactos, algumas empresas desenvolvem projetos de iniciativa ambiental junto com a população.

Uma ferrovia é constituída por infraestrutura e superestrutura, no qual a superestrutura é composta Sublastro, Lastro, Dormentes, Trilhos, Elementos de fixação e Aparelhos de Mudança de Via - AMV.

Os tipos de dormentes mais utilizados é o de madeira, porém com o intuito de reduzir os impactos ambientais das ferrovias, a sua utilização está diminuindo, algumas empresas em suas campanhas ambientais, estão trocando seus dormentes de madeira por dormentes com material mais sustentável, como plástico, concreto e aço, e reaproveitando os dormentes de madeira usados. Dessa forma, esse estudo visa fazer uma abordagem dos impactos positivos da reciclagem de dormentes de madeira, levando em consideração todas suas características, tipos, formas e sua vida útil.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo teve início através de uma revisão da literatura, através de livros, artigos científicos, anais de congressos e outras fontes de informações científicas, com o objetivo de conceituar e explorar informações, de modo a compreender a realidade da aplicação dos dormentes de madeira em ferrovias e a reutilização desses dormentes após o uso em vias permanentes.

Posteriormente, utilizando as informações obtidas através da revisão bibliográfica, se pode caracterizar os dormentes de madeira e sua aplicação, evidenciar métodos de reaproveitamento desses dormentes e apontar os impactos que o descarte inadequado pode causar ao ambiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo de com Passos (2006:38) a estrutura ferroviária é dividida em infraestrutura e superestrutura, onde a infraestrutura envolve terraplanagem, drenagem, taludes e obras de artes especiais, e a superestrutura é constituída por trilhos, dormentes, palmilhas, retensores, talas de junção, fixações, lastro e em alguns casos o sublastro.

De acordo com Brina (1988) o dormente tem a função de receber as cargas e esforços provenientes dos veículos e transmitir ao lastro, dando apoio ao trilho mantendo a bitola fixa. Para que isso ocorra é imprescindível que a dimensão, comprimento e largura seja suficiente para apoio para que a taxa de trabalho no lastro não ultrapasse certo limite, tenha espessura que lhe garanta rigidez, seja resistente a esforços, tenha durabilidade e permita o nivelamento do lastro na sua base.

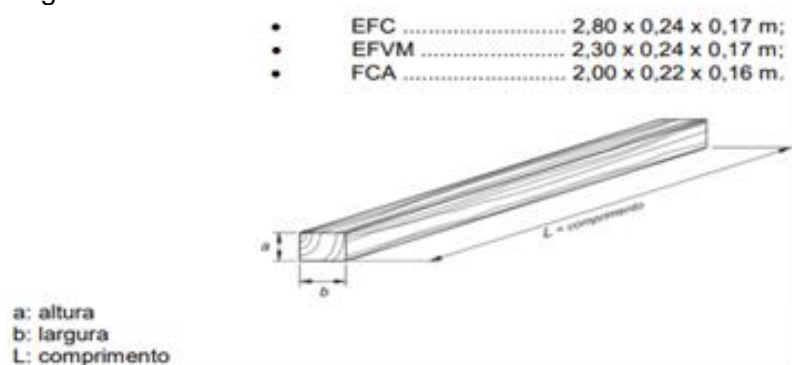
Conforme a ANTT (2020) um dos elementos mais importantes da superestrutura é o dormente.

Passos (2006:46) afirma que a escolha da madeira como material para confecção de dormentes se dá por ela possuir menos densidade, ser um material isolante, permitir uma fácil fixação e instalação, suportar vibrações elevadas, alta elasticidade e ser fácil de manusear. Afirma também que existem dormentes de madeira, aço e concreto, mas existem vários outros em testes como, dormentes de plástico, borracha, concreto plástico, concreto intercalado e concreto vazado.

De acordo com a VALEC (2010) em linhas ferroviárias com tráfego pesados, a cada quilometro de via, são assentados 1600 a 1850 unidades de dormentes, seja ele de madeira, aço ou concreto.

Damasceno (2015:19) destaca que os dormentes na Estrada de Ferro Carajás pesam cerca de 125 kg, e são colocados na proporção de 1.851 peças/km, normalmente tem formato prismático e são posicionados sobre o lastro. Suas dimensões são de acordo com o tamanho da bitola da ferrovia e são cortados em um modelo de um paralelepípedo retangular (Figura 1).

Figura 1 – Dimensão dos Dormentes de Ferrovias do Brasil



Fonte: Damasceno (2015)

De acordo com DNIT (2016d) as madeiras para fabricação de dormentes podem ser classificadas em três classes, onde na 1ª classe está a Sucupira, Aroeira, Jacarandá, Amoreira, Angico, Ipê, Pereira, Bálsamo entre outras e é utilizada em linhas principais, onde se tem tráfego pesado, na 2ª está o Angelim, Araribá, Amarelinho, Braúna, Jatobá, Maçaranduba, Peroba, Eucalipto dentre outras, e é utilizada em desvios e pátios e nas linhas principais de tráfego médio, e na 3ª classe são madeiras de 1ª e 2ª classe com defeitos irrelevantes e são utilizadas em linhas de

tráfego leve e muito leve. Afirma também que na fabricação de dormentes não se pode utilizar madeira queimada, com deterioração biológica ou com casca.

Campos (2015:14) afirma que diversos fatores podem reduzir a durabilidade dos dormentes de madeira, como a drenagem da via, grau de secagem, tipo de fixação, tipo de lastro, tipo de placa de apoio ao trilho, peso e velocidade do MRO, e o tratamento químico na qual a madeira é submetida para desacelerar os a influência climática e ataques biológicos.

De acordo com DNIT (2016a) devido a falta de madeira, tem aumentado cada vez mais o controle para seu uso, no intuito de reduzir o desmatamento, com isso surgiram diversas leis e normas sobre dormentes de madeira, as principais são: Norma da ABNT-NBR-7511/2005 (EB 101) – Dormente de madeira – requisitos e métodos de ensaio; Especificação VALEC 80-EM-031F-58-0004 – Dormente de madeira – Bitola 1,60m; Especificação CBTU EMVP-15 – Dormente de madeira; Especificação RFFSA NV-3-250 – Especificações técnicas para fornecimento de dormentes de madeira; Lei nº 4797/1965 que obriga empresas que utilizem apenas madeira preservada.

De acordo com o CONAMA (1986) seja qual for a mudança nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por influência humana, direta ou indiretamente, é considerado impacto ambiental. Considera que é necessário a elaboração de estudos de impacto ambiental as obras e atividades que possivelmente irá modificar o meio ambiente, como: Estradas de rodagem, Ferrovias, Portos e Terminais, Aeroportos, Linhas de transmissão de energia elétrica, Obras hidráulicas, Extração de combustível, Aterros sanitários, Extração de minério, Unidades Industriais e Agroindustriais, Distritos industriais, Exploração econômica de madeira e lenha, Projetos urbanísticos e qualquer atividade que irá utilizar acima de 10 toneladas de carvão vegetal por dia. Para essas atividades se faz necessário a elaboração do RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) e assim obter a licença junto ao IBAMA. Afirma que esse relatório produzirá: Diagnostico da área de influência do projeto, recursos e interações no meio ambiente, considerando meio físico, biológico e socioeconômico; Análise dos impactos ambientais do projeto e alternativas para solução dos impactos; Definição das medidas de redução de impacto e Elaboração de programa de monitoramento e acompanhamento dos impactos.

Mendes (2006:25) afirma que toda atividade econômica tem a finalidade de gerar lucros, deste modo podem desenvolver ações que impactam negativamente o

meio ambiente. No setor ferroviário não é diferente, com o objetivo de lucrar podem causar riscos ao meio ambiente, em diversos setores, que vai desde a execução da obra ferroviária até a etapa de operação da ferrovia. Na etapa de operação da ferrovia é necessário que tenha manutenção constante, para o bom funcionamento da mesma, dessa forma pode se causar diversos impactos negativos ao meio ambiente, como: Na manutenção de AMV pode ocorrer derramamento de ácidos e graxa; Contaminação do solo e água na manutenção da via permanente; Descarte inadequado de materiais, como trilhos, fixadores e dormentes, após o fim de sua vida útil; Contaminação do ar e solo no descarregamento de caminhões e tanques; Queimadas na manutenção da via permanente, entre outros. Esses riscos inerentes ocorre em decorrência da busca das empresas por comprovação da qualidade dos serviços, procurando certificação nacional e internacional.

Devido a obrigatoriedade da manutenção da via permanente, milhares de dormentes de madeira são descartados após o seu uso, assim se faz necessário que busque uma destinação adequada, com intuito de mitigar o descarte inadequado desses resíduos e reduzir o desmatamento. Existem inúmeras alternativas viáveis para a reciclagem ou reutilização de dormentes de madeira, usualmente são utilizados em decoração de ambientes ou para a fabricação de peças decorativas. Mas empresas e pesquisadores buscam outros meios de reutilizar os dormentes de madeira após o fim de sua vida útil, que vai desde a fabricação de carvão vegetal, até na geração de energia renovável.

Conforme com Sena (2016) os dormentes de madeira têm inúmeras finalidades após o fim de sua vida útil na ferrovia, se evita novo desmatamento na extração de matéria prima, além de reduzir o descarte inadequado, pois terá um destino mais sustentável.

De acordo com Campos (2015) embora seja necessário um alto investimento, dormentes com vida útil maior consome menos recursos que dormentes com vida útil menor, se tornando uma escolha mais eficiente. Afirma que após sua vida útil os dormentes podem ser reciclados, reutilizados ou usado como fonte de energia. Por questões de redução de impactos e proteção ambiental, as normas que regula os requisitos e métodos para produção de dormentes de se tornaram mais rígidas e eficazes, o que torna impossível economicamente a compra de dormentes de madeira classe 1. Assim diversas empresas começaram a adquirir dormentes de eucaliptos,

provenientes de áreas de reflorestamentos, embora a evidências que esse tipo de madeira causa impactos ambientais, devido a agressão ao solo.

De acordo com Salmerom (2018) a cada 10 toneladas de madeira reciclada, 62 árvores são poupadas, e que toda madeira que chega ao fim de sua útil do produto, poderá ser reciclada. Ajuda na preservação dos recursos naturais, promove desenvolvimento da consciência ambiental além de gerar energia através da Biomassa. Para ser utilizada na geração de energia, os resíduos de madeira são coletados e transportados, para que sejam reciclados com equipamentos apropriados. Inicialmente a madeira é triturada, em seguida passa por uma triagem manual, onde são removidas as impurezas, separadas e destinadas corretamente, logo após a madeira é triturada novamente, dando origem ao produto final a Biomassa, sem impurezas e com alto poder calorífico, um excelente combustível para caldeira na geração de vapor que poderá ser transformado em energia. Esse processo evita que a madeira seja descartada em locais inadequados, além de produzir uma madeira com alto valor energético. Assim terá uma energia limpa, e pronta para consumo, minimizando o impacto ambiental.

Carrasco (2012) afirma que o uso de madeira nativa diminuiu devido à preocupação ambiental e ao valor, então deram início ao uso de outros materiais para fabricação de dormentes, como madeira de eucalipto, aço, concreto e plástico. Com o intuito de reduzir os problemas ambientais e diminuir o desmatamento, estão reaproveitando madeira após o fim de sua vida útil, um dos modos de reaproveitamento pensado é a reciclagem de dormentes de madeira, transformando-os em dormentes de madeira laminada colada reciclada (DMLCR). Em madeira laminada colada necessita de emendas para a união, as mais utilizadas são: biseladas, topo, denteada horizontal e denteada vertical. Afirma que esse tipo de fabricação requer um processo produtivo industrial, não podendo ser executada por madeireiras pequenas, pois o processo é lento e o tornaria inviável financeiramente.

Segundo Sena (2016) na malha ferroviária brasileira existe cerca de 3.793.920 toneladas de madeira em formato de dormentes, distribuídas em uma média de 1600 peças/km, com isso se faz necessários que se busque medidas de destinar de forma sustentável esses dormentes após o seu uso. Dessa forma podem ser usados para fabricação de objetos de decoração, como: degraus e espelhos de escadas, pergolados, móveis, deck, paredes, jardins verticais e pisos.

A Vale (2013) deu início a um projeto em que após acabar a vida útil dos dormentes na via permanente, eles sejam reutilizados para outros fins, como na Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) no qual eles reaproveitam os dormentes de madeiras usados e os transforma em carvão vegetal de alta qualidade, trazendo ganhos ambientais e evitando que eles sejam descartados de forma inadequada após o fim da sua vida útil (Fotografia 1). Até a Vale dar início a esse projeto em 2016, os dormentes que não eram descartados irregularmente eram utilizados para criar peças de decoração, artesanato, mourão de cercas ou incinerados. Esse projeto visa evitar gasto de água com plantação de eucaliptos para fabricar carvão vegetal, pois seria necessário cerca de 16 milhões de litros de água, para plantar 200 mil pés de eucaliptos, para fabricar a mesma quantidade de carvão vegetal, que 72 mil toneladas de dormentes iriam gerar. O projeto controla todas as etapas da sua transformação, desde o controle de emissões de gases tóxicos no ambiente, até o rastreamento do material, evitando o risco de utilização imprópria dos dormentes. Outro fator que se destaca no projeto é o estímulo ao empreendedorismo da região, pois a iniciativa gera empregos e renda. Esse carvão vegetal é vendido para as siderúrgicas da região, gerando economia de R\$ 10 milhões para a Vale.

Fotografia 1 – Dormentes Descartados Inadequadamente



Fonte: Autor (2022)

CONCLUSÃO

Podemos destacar a importância do reaproveitamento de dormentes de madeira após o fim da sua vida útil, tendo em vista otimizar os métodos de reciclagem e evitar o descarte inadequado dos dormentes, analisando métodos de reciclagem bastante eficientes.

Constatou-se que as construções de ferrovias causam bastante impactos negativos e positivos que transformam a vida das pessoas, da fauna e da flora na região onde são implantadas, porém esses impactos não terminam após a construção da ferrovia, pois após a construção é necessário que seja feita uma manutenção, movimentando tanto a economia, com o uso de mão de obra local, mas também podendo influenciar de forma negativa o ambiente.

Com a fabricação de carvão vegetal com dormentes em desuso, transformação de dormentes em biomassa para geração de energia renovável e fabricação de objetos decorativos com dormentes, será possível reduzir alguns impactos ao meio ambiente, além de gerar renda.

REFERÊNCIAS

ANTT, AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Infraestrutura Ferroviária**. Brasília, 2020b. Disponível em: <http://antt.gov.br/ferrovias/>. Acesso em: 15 de abril de 2023.

CAMPOS, J.J.L.. **Análise de Dormente Polimérico Reciclado como Solução Financeira Viável Para Substituição de Dormente de Madeira dos AMV's da Via Permanente**. In: Semana de Tecnologia Metroviária, 21., 2015. São Paulo. Disponível em: <http://www.aeamesp.org.br/biblioteca/stm/21sml39rl.pdf>. Acesso em: 18 de maio de 2023.

CARRASCO, E. V. M., PASSOS, L. B., MANTILLA, G. R.. **Fabricação de Dormentes de Madeira Laminada Colada a partir da Reciclagem de Dormentes de Madeira, Visando Reduzir o Impacto Ambiental**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: <http://madeira.set.eesc.usp.br/article/view/216/pdf>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2023.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 001**. Brasília, 1986. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>.: 14 de junho de 2023.

DAMASCENO, F.G. **Avaliação do Reaproveitamento de Madeira da Estrada de Ferro Carajás para a Cogeração de Energia Elétrica.** Belém: Instituto Tecnológico Vale, 2015. Disponível em: <http://www.itv.org/wp-content/uploads/2018/02/Disserta%C3%A7%C3%A3o-F%C3%A1bio-Damasceno.pdf>.: Acesso em: 20 de fevereiro de 2023.

DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Especificação Técnica de Material: Dormentes.** Brasília, 2016a. Disponível em: <https://www.dnit.gov.br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/especificacoes-tecnicas-de-materiais-e-servicos-ferroviarios-etm-ets/etm-003-dormentes.pdf/view>. Acesso em: 04 de março de 2023.

DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **PIM – Procedimento de Inspeção de Material: Dormente de Madeira para Via Férrea.** Brasília, 2016b. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/procedimento-para-inspecao/pim-014-dormente-de-madeira.pdf/view>. Acesso em: 19 de maio de 2023.

MENDES, D. F. de M.. **Análise do Passivo Ambiental Gerado pela Operação Ferroviária.** Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2006. Disponível em: <http://transportes.ime.eb.br/etfc/monografias/MON030.pdf>. Acesso em: 12 de junho de 2023.

PASSOS, L.B. **Disponibilidade Experimental do Comportamento Mecânico de Dormentes Reciclados de Madeira Visando Redução do Impacto Ambiental.** Belo Horizonte: UFMG, 2006. Acesso em: 02 de maio de 2023.

SALMERON, Salmeron Ambiental. **Qual a Importância da Reciclagem de Madeira?** Sorocaba, 2018. Disponível em: <https://www.gruposalmeron.com.br/reciclagem-e-recuperacao-de-residuos/reciclagem-de-madeira/>. Acesso em: 23 de abril de 2023.

SENA, R. G. de. **Do Entulho Retirado da Malha Ferroviária Brasileira: Reutilização do dormente.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Geras, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-AGUQBU/1/tcc_renata_sena_vers__o_final.pdf. Acesso em: 01 de junho de 2023.

VALE, VALE S.A., **Dormentes Usados da EFMV dão Origem a Carvão Vegetal de Alta Qualidade.** Vitória, 2013. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/dormentes-usados-da-efvm-dao-origem-a-carvao-vegetal-de-alta-qualidade.aspx>. Acesso em: 29 de maio de 2023.

VALEC, VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. **RIMA Ferrovia EF - 354 Trecho Uruaçu (GO) - Vilhena (RO).** Brasília, 2010. Disponível em: https://ox.socioambiental.org/sites/default/files/ficha-tecnica//node/167/edit/2019-02/RIMA_compresso.pdf. Acesso em: 11 de junho de 2023.



AUTORES

Alexandre Magno Rocha da Rocha

Professor do ensino técnico e tecnológico do IFRN, Me. Em Geociência, alexandre.rocha@ifrn.edu.br.

Ana Caroline Pereira Nolasco

Especialista em Engenharia Ferroviária, Profa. Substituta, UEMASUL, Açailândia-MA, carol.nolascoengcivil@gmail.com;

Cassiana Fagundes da Silva

Professora no Centro Universitário UniSenai, São José dos Pinhais/PR, Dra. em Engenharia de Produção e Sistemas, cassiana.silva@sistemafiep.org.br

Eduardo Vasconcelos Cordeiro Nogaroto

Estudante de Engenharia de Software na UniSenai, São José dos Pinhais eduardovasconceloscn@gmail.com

Elias Nunes Filho

Técnico em Mineração, Técnico de laboratório de tecnologia mineral e Coordenador de Extensão, Pesquisa e Inovação Tecnológica no Campus Avançado Parelhas, elias.nunes@ifrn.edu.br

Enio Fernandes Amorim

Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Geotecnia atuando em Obras de Infraestrutura, enio.amorim@ifrn.edu.br

Filipe Wiltgen

Escritor, Pesquisador e Engenheiro Eletricista (1994) pela Universidade de Taubaté (UNITAU). Mestre (1998) e Doutor (2003) em Dispositivos e Sistemas Eletrônicos, na área de Fusão Termonuclear Controlada, pelo Instituto de Tecnologia de Aeronáutica (ITA – São José dos Campos). De 2017 a 2023 como professor no Programa de Mestrado em Engenharia, e Coordenador no Curso Especialização em Energia Solar Fotovoltaica na Universidade de Taubaté. Atualmente professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo (IFSP – Campinas), desde 2022 nos cursos de técnico em Eletrônica e graduação em Eng. Elétrica.

Professor e Coordenador de curso na Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC – Pindamonhangaba e Cruzeiro), desde 2021 nos cursos de Projetos Mecânicos, Manutenção Industrial, Gestão da Produção Industrial e Automação Industrial. Currículo Lattes CNPq (lattes.cnpq.br/9415670242620093). Base de Documentos ResearchGate (www.researchgate.net/profile/Filipe-Wiltgen). Google Acadêmico (scholar.google.com.br/citations?user=WQM6alYAAAAJ&hl=pt-BR&oi=ao). Currículo FAPESP (bv.fapesp.br/pt/pesquisador/45358/luis-filipe-de-faria-pereira-wiltgen-barbosa). <https://orcid.org/0000-0002-2364-5157>. Prof. Dr. Filipe Wiltgen – ProfWiltgen@gmail.com ou Filipe.Wiltgen@fatec.sp.gov.br

Ilan Hudson Gomes de Santana

Acadêmico de Odontologia na Universidade Federal da Paraíba, Estudante de graduação em Odontologia, ilan.hudson@academico.ufpb.br.

Jefferson Bento Gomes Pinheiro

Pesquisador do Grupo de Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Meio Ambiente PROPI-IFRN/ CNPq, estudante téc. Em Mineração, jefferson.pinheiro@escolar.ifrn.edu.br.

Julia Alves Barbosa

Pesquisador do Grupo de Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Meio Ambiente PROPI-IFRN/ CNPq, estudante téc. Em Mineração, alves.julia@escolar.ifrn.edu.br.

Júlia Marques Zuany de Oliveira

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM).
Email: jujuzuany@gmail.com

Karoline Socorro da Fonseca Santos

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Nilton Lins. Email: karolinesantosf@outlook.com

Ligia Mara Gonzaga

Professora do ensino técnico e tecnológico do IFRN e pesquisadora do CT mineral IFRN, Dra. Em Engenharia de processos, ligia.gonzaga@ifrn.edu.br

Marcondes Mendes de Souza

Professor do ensino técnico e tecnológico do IFRN, Dr. Em Engenharia Mecânica, marcondes.mendes@ifrn.edu.br.

Maria Clara Paulino de Amorim

Pesquisador do Grupo de Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Meio Ambiente PROPI-IFRN/ CNPq, estudante téc. Em Mineração, clara.amorim@escolar.ifrn.edu.br.

Mayara Rebeca Martins Viana

Cirurgião-dentista pelo Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ), mayara.rebeca2@gmail.com.

Moises Barbosa Junior

Professor na Unicesumar e Uniasselvi, Doutorando em Engenharia de Produção, moisesjrbarbosa@gmail.com

Vanessa Oliveira da Silva

Especialista em Infraestrutura de Transportes e Rodovias, Imperatriz-MA, vanessaeng123@gmail.com.

ISBN 978-655492047-6



9 786554 920476

