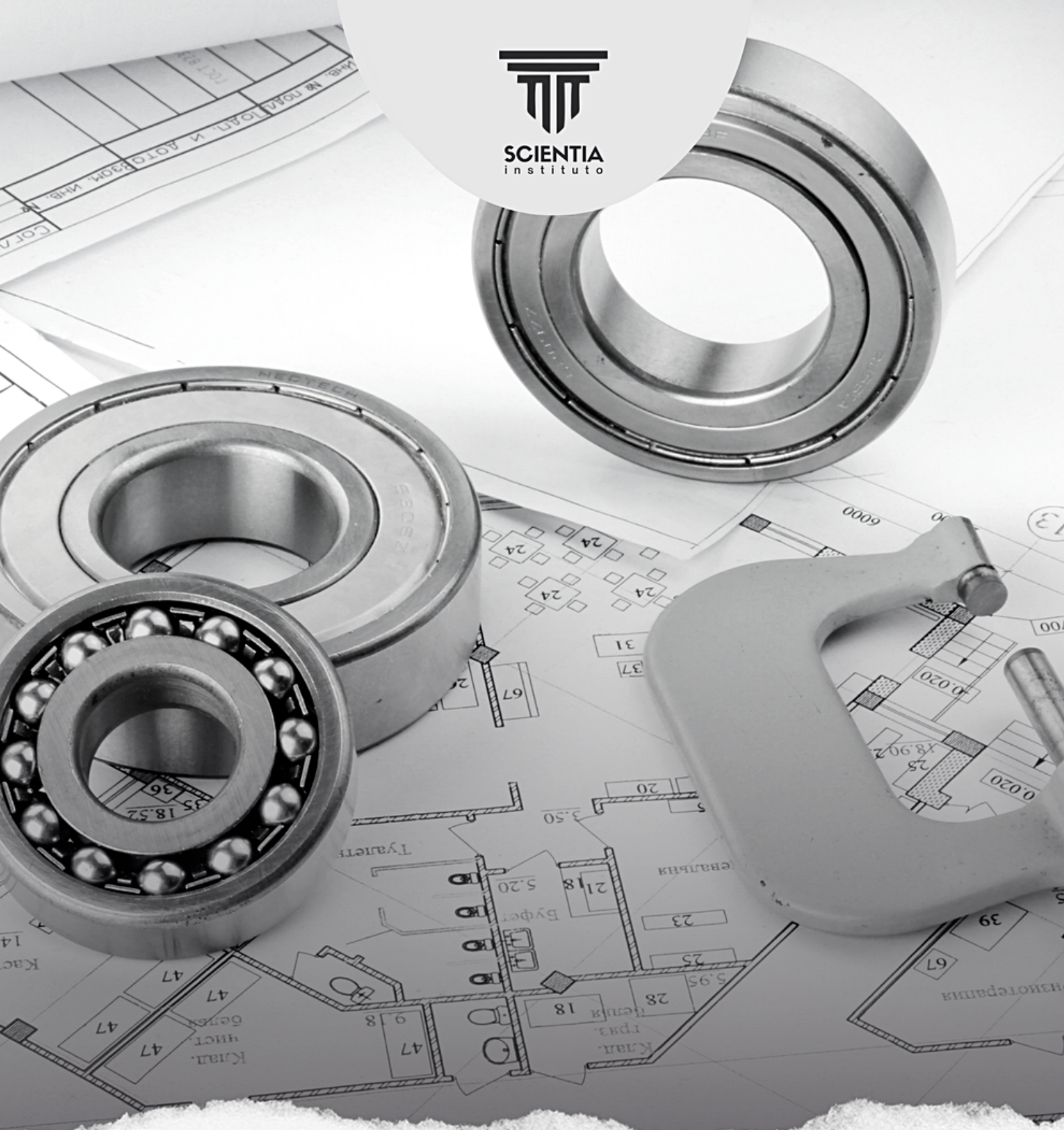


**PESQUISAS E INOVAÇÕES EM ENGENHARIAS, CIÊNCIAS
EXATAS E DA TERRA: PRODUÇÕES CIENTÍFICAS
MULTIDISCIPLINARES NO SÉCULO XXI, VOL 2**

Organizador - Daniel L. S. Braga



SCIENTIA
instituto



**PESQUISAS E INOVAÇÕES EM ENGENHARIAS, CIÊNCIAS
EXATAS E DA TERRA: PRODUÇÕES CIENTÍFICAS
MULTIDISCIPLINARES NO SÉCULO XXI, VOL 2**

Organizador - Daniel L. S. Braga

DOI 10.55232/10830014

ISBN: 978-65-85047-11-1

***Pesquisas e Inovações em Engenharias, Ciências Exatas e da Terra:
Produções Científicas Multidisciplinares no Século XXI, Volume 2***

Copyright 2022 © Instituto Scientia

(CNPJ 43957433000142)

Todo conteúdo exposto nos capítulos é de responsabilidade dos próprios autores.

Organizador

Daniel L. S. Braga

Corpo Editorial

Amanda Bastos Pereira
José Antonio Moreira
Alberto Augusto Dos Santos
Gilberto Batista Almeida
Rogério Souza Ferreira
Antônio Silva Amaral
Pedro Macedo de Souza
Gustavo Rodrigues Ferreira
Eduarda Soares Macedo
Ana Carolinna Ribeiro
Henrique Moura dos Santos
Agnaldo Moreira da Silva
Vitória Carolina Pimentel

www.institutoscientia.com
conato@institutoscientia.com

APRESENTAÇÃO

O presente livro trata-se de uma coletânea dos artigos científicos acadêmicos multidisciplinares das áreas das Engenharias e Ciências Exatas e da Terra, com capítulos compostos por diversos autores de todo o Brasil, organizado e publicado pelo Instituto Scientia no ano de 2022 e disponibilizado na internet de forma gratuita, em prol da democratização da ciência.

DOI: 10.55232/10830014

ISBN: 978-65-85047-11-1

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial do Instituto Scientia. É permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega por membros do Corpo Editorial deste Evento, tendo sido aprovados para a publicação.

SUMÁRIO

Capítulo 1 - AVALIAÇÃO SENSORIAL DE GELEIA DE UVA COM ADIÇÃO DE ORA-PRO-NÓBIS - Página 8

Capítulo 2 - O USO DE SOFTWARES BIM NO AUXÍLIO À ETIQUETAGEM ENCE EM ESCOLAS PÚBLICAS - Página 22

Capítulo 3 - ANÁLISE DE PENICILINAS EM AMOSTRAS DE LEITE POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA - Página 35

Capítulo 4 - A ADOÇÃO DE SOLUÇÕES COMPUTACIONAIS NO PROCESSO DE MANUFATURA ADITIVA DE METAIS. - Página 46

Capítulo 6 - COMPORTAMENTO MECÂNICO DE ARGAMASSA COM RESÍDUOS DE BORRACHA DE PNEUS INSERVÍVEIS - Página 71

Capítulo 7 - EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS: UM ESTUDO NO ÂMBITO DO ARTESANATO DE BARRO NO MUNICÍPIO DE TRACUNHAÉM– PE - Página 97

Capítulo 8 - ANÁLISE DA PRESENÇA DE BEV (BATTERY ELECTRIC VEHICLE) CONSIDERANDO TECNOLOGIA V2G (VEHICLE-TO-GRID) PARA CONSUMIDORES RESIDENCIAIS SOB A TARIFA BRANCA - Página 108

Capítulo 9 - ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE BEBIDA FERMENTADA TIPO KOMBUCHA - Página 117

Capítulo 10 - NIÓBIO - CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PARA A GESTÃO DE OPERAÇÕES ENERGÉTICAS SUSTENTÁVEIS - Página 127

Capítulo 11 - ANÁLISE E ESTUDO DE COMPETÊNCIAS EM ENSINO DE PROGRAMAÇÃO UTILIZANDO ROBÓTICA COMPUTACIONAL - Página 136

Capítulo 12 - DESENVOLVIMENTO DE UM BIOFILME DE AMIDO EXTRAÍDO DO CAROÇO DE JACA (ARTOCARPUS HETEROPHILUS) COM EXTRATO DE BARBATIMÃO (STRYPHNO DENDRON ADSTRINGENS) PARA APLICAÇÃO EM SISTEMA TRANSDÉRMICO - Página 140

Capítulo 13 - O ÚLTIMO TEOREMA DE FERMAT E SUAS REPERCUSSÕES NA MATEMÁTICA ATRAVÉS DOS SÉCULOS - Página 149

Capítulo 14 - CONFECÇÃO DE EXPERIMENTOS DE MECÂNICA VOLTADOS A ALUNOS DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO MÉDIO - Página 158

Capítulo 15 - ESTUDO DO PERFIL ESPACIAL DE REATORES ANAERÓBIOS HORIZONTAIS DE LEITO FIXO ALIMENTADOS COM GLICEROL BRUTO E ESGOTO SANITÁRIO - Página 172

Capítulo 16 - PROJETO E FABRICAÇÃO DE PROTÓTIPO DE ESTERILIZADOR DE MEIO AMBIENTES PORTÁTIL - Página 192

Capítulo 17 - A LOGÍSTICA DAS PLACAS DE AÇO DA COMPANHIA SIDERÚRGICA DO PECÉM-CE - Página 206

Capítulo 18 - OTIMIZAÇÃO DA GEOMETRIA DA PRÉ-FORMA DO PROCESSO DE FORJAMENTO EM MATRIZ FECHADA ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA - Página 220

Capítulo 19 - CARACTERIZAÇÃO GRANITO-EPÓXI COM 3 % EM PESO DE GRANITO (PVT2241-2020) - Página 235

Capítulo 20 - AÇÕES DE ROBÓTICA EDUCACIONAL NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DA REGIÃO DE GUARATINGUETÁ - Página 248

Capítulo 21 - DO LIXO AO LUXO DA ARQUITETURA DO ESPETÁCULO - Página 252

Capítulo 22 - UM ENFOQUE SOBRE A EXISTÊNCIA DO URÂNIO NO MUNICÍPIO DE POCINHOS-PB: UMA PROPOSTA CONTEXTUALIZADA PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE - Página 254

Capítulo 23 - ESTUDO DA VIABILIDADE DE SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM HABITAÇÃO PADRÃO NO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO PRETO - Página 256

Capítulo 24 - A APLICAÇÃO DO LIGHT STEEL FRAME PARA HABITAÇÕES UNIFAMILIARES NA REGIÃO SUL DO BRASIL - Página 258

Capítulo 25 - IMPORTÂNCIA DA SECAGEM POR ASPERSÃO (SPRAY DRYNG) PARA OBTENÇÃO DE EXTRATOS SECOS DE FITOTERÁPICOS NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA - Página 261

Capítulo 26 - QUÍMICA E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA: CONTRIBUIÇÕES DOS CONCEITOS QUÍMICOS PARA A DESFRAGMENTAÇÃO DE MITOS POPULARES E INFORMAÇÕES SEM FUNDAMENTO DURANTE A PANDEMIA - Página 264

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE GELEIA DE UVA COM ADIÇÃO DE ORA-PRO-NÓBIS

Caroline Tombini, Rosana Tonello Pagno, Camila Bruna Di Domenico, Eduarda Otto, Adriana Aparecida Grandó, Francisco Roberto da Silva Machado Junior, Micheli Zanetti, Francieli Dalcanton

RESUMO: A procura por alimentos convencionais acrescidos de nutrientes que contribuam para a saúde vem crescendo nos últimos anos. A geleia de uva é um produto bem aceito entre a população, sendo a uva uma fruta rica em compostos que contribuem para a manutenção da saúde. Já a ora-pro-nóbis (OPN) apresenta vários benefícios, dentre os principais caracteriza-se por uma excelente fonte de proteínas. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo analisar sensorialmente uma geleia de uva adicionada de farinha de OPN. No processo de fabricação da geleia de uva foi adicionado 3% da farinha de OPN e realizada a análise sensorial com 50 provadores não treinados que avaliaram os atributos de aparência, odor, cor, sabor, textura e impressão global, em escala hedônica de nove pontos, teste de comparação pareada de preferência e intenção de compra. Também foi avaliada uma geleia de uva sem OPN considerada padrão. As duas amostras de geleia apresentaram diferença significativa na avaliação de aceitação sensorial, sendo a amostra sem OPN com valores superiores, além de ter a maior preferência e intenção de compra, porém a amostra de geleia com farinha de OPN demonstrou valores acima de 7, ou seja, “gostei moderadamente” para os atributos de aparência, odor, cor e textura. A farinha de OPN pode ser uma boa opção de adição em produtos alimentícios já existentes, sendo coadjuvante na ingestão diária de proteínas para a dieta.

Palavras-chave: desenvolvimento de produtos, proteínas, PANC

INTRODUÇÃO

A geleia é obtida através do cozimento de frutas inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas adicionando açúcar e água, mantendo o cozimento para que ela fique concentrada até consistência gelatinosa. De forma geral, é consumida como acompanhamento para pães, bolos, biscoitos e produtos de confeitaria (SANTOS, 2012). Ainda, pode-se adicionar na geleia acidulantes e pectina, caso haja qualquer deficiência do conteúdo natural de pectina ou de acidez da fruta, e é um ingrediente de grande importância para a formação de gel no produto (SOUZA, BARBOSA e RODRIGUES, 2016). A produção de geleia é uma das formas de conservação das frutas, tendo em vista que durante o processo é empregado o uso do calor e aumento da concentração de açúcar, ocasionando alteração da pressão osmótica e conseqüentemente o aumento do tempo de vida útil do produto (EMBRAPA, 2005; KROLOW, 2005).

Uma vasta gama de frutas pode ser utilizada para a produção de geleias, como morango, uva, maçã, laranja, entre outras. Deve-se mencionar ainda que a produção deste tipo de produto possibilita o aproveitamento de frutas regionais, aumentando a variedade de geleias comercializadas. Essa transformação de frutas em produtos proporciona maior absorção de grande parte da colheita das frutas, possibilitando o consumo destas ao longo de todo o ano através de um alimento processado, bem como a redução do desperdício de alimentos (MELO et al, 1999).

A uva tem um papel de grande importância no mundo, sendo uma das frutas mais consumidas, tanto na forma *in natura*, quanto processada. Na forma processada pode-se obter produtos como vinhos, sucos, doces/geleias, entre outros (ORAK, 2007; VEDANA et al, 2008). É uma fruta rica em açúcar e vitaminas do complexo B e C, sais minerais e proteínas, ainda possui propriedades rejuvenescedoras, anticancerígenas, diuréticas e depurativas, devido a sua elevada quantidade de compostos antioxidantes e funcionais (NASCIMENTO, 2017). A uva é uma das maiores fontes de compostos fenólicos quando comparadas a outras frutas e vegetais.

Em decorrência da população se apresentar mais preocupada e consciente em relação a sua saúde e bem estar, é notável a crescente procura por alimentos que sejam mais saudáveis, nutritivos e com menor teor de substâncias químicas em sua formulação, principalmente em virtude da relação entre boa alimentação, com uma melhor qualidade de vida. Essa situação abre o mercado alimentício para o desenvolvimento de novos

produtos que possam atender a demanda da população em relação aos aspectos nutricionais, de qualidade e sensoriais (NASCIMENTO, 2017; RABELO e NASCIMENTO, 2018).

Já é bastante grande no mercado o número de produtos que tem por finalidade trazer benefícios a saúde dos seus consumidores, sejam eles destinados a um fim específico, como por exemplo, patologias alimentares específicas ou somente para agregar valor nutricional para os indivíduos que buscam sustentar sua saúde através da alimentação (NASCIMENTO, 2017).

A ora-pro-nóbis (OPN), que em latim significa “rogai por nós”, pertence ao reino *Plantae*. Deste grupo de 17 espécies, as folhas de *Pereskia aculeata Mill* se destacam pelo alto teor de proteínas, fibras alimentares, minerais, vitaminas e compostos bioativos (TAKEITI et al, 2009; TOFANELLI e RESENDE, 2011; OLIVEIRA et al, 2013; ALMEIDA et al, 2014). A *Pereskia aculeata Mill* é uma planta originária dos trópicos, nativa da flora brasileira, com características de trepadeira, apresenta caule fino, ramos longos, com poucos e pequenos espinhos. Em seus ramos, se inserem folhas largas e suculentas, podendo surgir no final de seus ramos flores terminais (DUARTE e HAYASHI, 2005; TOFANELLI e RESENDE, 2011).

A OPN é considerada uma planta alimentícia não convencional (PANC) (Martinevski et al, (2013) e por suas folhas possuírem muitas propriedades nutricionais interessantes estudos demonstram que a sua utilização em geleias se dá devido ao seu alto teor de proteínas e mucilagens e à sua elevada atividade antioxidante (MERCÊ et al, 2001; MARTINEVSKI, 2011; SOUSA et al, 2014; CONCEIÇÃO et al, 2014).

Quando se desenvolve um novo produto, é de extrema importância avaliar alguns parâmetros, como por exemplo, cor, aparência, odor, sabor, textura, consistência e a interação dos diferentes componentes, tendo como objetivo final a obtenção do equilíbrio entre esses parâmetros, além da boa qualidade e aceitabilidade do produto. Assim, a avaliação sensorial auxilia nessa etapa da produção de um novo produto alimentício (SOUZA, BARBOSA e RODRIGUES, 2016).

Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a aceitação sensorial de uma geleia de uva adicionada de farinha OPN.

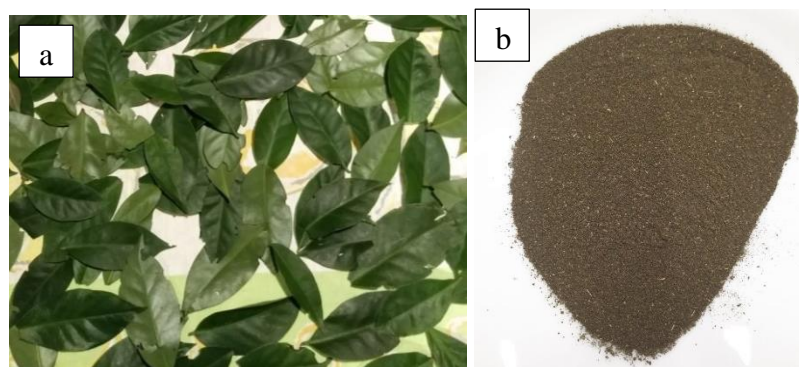
MATERIAL E MÉTODOS

Preparo da farinha de OPN e análise de proteína bruta

As folhas OPN foram coletadas na cidade de Xaxim/Santa Catarina. Para o preparo da farinha de OPN, primeiramente as folhas foram higienizadas em água corrente e dispostas em estufa (estufa microprocessadora com circulação forçada, modelo: 0314M252) a temperatura de 50 °C, até peso constante.

Após finalizado o processo de secagem, as folhas foram trituradas em um moinho martelo (marca Marconi, modelo MA-090CF) e peneiradas em peneira de 0,05 mm para a obtenção de um pó fino. A Figura 1a apresenta uma imagem dos folhas *in natura* e a Figura 1b representa a farinha pronta para a utilização.

Figura 1. Folhas de ora-pro-nobis: a) *in natura* e b) farinha.



Fonte: Autores, 2022.

O teor de proteína bruta para a amostra de farinha de OPN foi obtido segundo o método de micro-Kjeldahl, conforme metodologia descrita pela ISO 1871:2009 combinada com o Instituto Adolfo Lutz (2008). Nesta metodologia, assume-se que todo o nitrogênio do alimento é proveniente da proteína. Uma amostra da farinha de OPN foi preparada com a adição de 0,25 g da amostra, 2,5 g de mistura catalítica (preparada com 10 partes de sulfato de sódio anidro e uma parte de sulfato de cobre pentahidratado) e 7 mL de ácido sulfúrico 0,05 M em tubo de ensaio. A amostra foi acondicionada em bloco digestor, seguindo uma rampa de aquecimento, que consistiu em manter a temperatura a 50 °C por 30 min, posteriormente aumentou-se para 100 °C por 20 min, e realizando o acréscimo de 50 °C na temperatura a cada 20 min até atingir 300 °C e permanecer nesta temperatura por mais 20 min. Posteriormente, a temperatura foi aumentada para 420 °C

e a amostra permaneceu nesta condição até apresentar mudança de coloração (clarear). Após a digestão, foi adicionado à amostra 50 mL de ácido bórico 4% e do indicador misto (0,132 g de vermelho de metila e 0,06 g de verde de bromocressol dissolvidos em 200 mL de álcool etílico 70%) e esta foi acoplada ao destilador de nitrogênio contendo 20 mL de solução de hidróxido de sódio 50%. Posteriormente, a amostra foi destilada utilizando solução fatorada de ácido clorídrico 0,1 M e determinado o valor de proteína da amostra. As análises foram realizadas em triplicata.

Desenvolvimento da geleia

As uvas maduras utilizadas para preparação da geleia foram do tipo Isabel e adquiridas em comércio local da cidade de Chapecó/Santa Catarina.

Para a preparação da geleia foram utilizados 4 kg de uva. Os grãos foram retirados dos engaços, lavados em água corrente e imersos em solução de água com hipoclorito de sódio, contendo 5 litros de água e 10 mL de hipoclorito de sódio (marca Da Ilha), durante 15 minutos. Após transcorrido esse tempo, os grãos foram lavados novamente em água corrente e então esmagados com auxílio de um macerador, para facilitar o desprendimento da polpa da fruta durante a etapa de cozimento. A fruta macerada foi disposta em uma panela e levada até o fogo a uma temperatura média de 80 °C, onde foi mantida sob cocção durante 30 min e agitada constantemente.

Em seguida, a uva foi retirada da panela e com auxílio de uma peneira, foi separado o suco da fruta dos demais componentes (cascas e sementes). Foi obtido 2,85 L de suco de uva, o qual foi levado novamente para o fogo e adicionado 1,5 kg de açúcar do tipo demerara orgânico (marca Native). Após 45 min foi adicionado 27 g de pectina cítrica (marca Dinâmica) e mantido o cozimento durante mais 5 min, até a geleificação do produto. Ao finalizar a etapa de cocção, a geleia quente foi transferida para frascos de vidro de 500 mL previamente esterilizados. A farinha de OPN foi pesada em balança analítica (marca Marte, modelo A5 2000C) e adicionada na geleia pronta em uma proporção de 3 g de farinha para cada 100 g de geleia. Uma amostra controle da geleia também foi realizada sem a adição da farinha de OPN.

Análise sensorial da geleia de uva com e sem adição de farinha de OPN

O projeto foi analisado e aprovado pelo comitê de ética da universidade conforme número de aprovação CAAE: 34759020.7.0000.0116.

Os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial, em cabines individuais, com 50 provadores voluntários, não treinados, maiores de 18 anos e sem intolerância alimentar aos ingredientes utilizados na formulação do produto. As análises sensoriais seguiram as metodologias do teste de aceitação por escala hedônica de 9 pontos e teste de comparação pareada de preferência, além da avaliação de intenção de compra de 3 pontos.

Inicialmente, os provadores responderam a um questionário, conforme pode ser visualizado na Figura 2, com o intuito de analisar o perfil das pessoas que estavam realizando o teste sensorial.

Figura 2. Ficha de avaliação do perfil do provador.

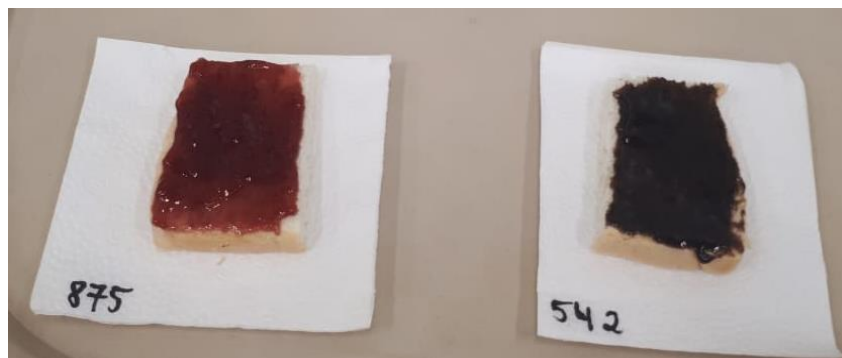
Perfil do provador		
As informações aqui prestadas serão confidenciais, não sendo repassadas para pessoas que não estejam envolvidas diretamente no referido projeto.		
Nome: _____		
Por gentileza, responda às seguintes perguntas:		
1. Idade:	() 18 a 20 anos	() 21 a 25 anos
	() 36 a 45 anos	() 46 a 50 anos
		() 26 a 35 anos
		() mais de 50 anos
2. Grau de escolaridade:	() 1º grau incompleto	() 1º grau completo
	() 2º grau incompleto	() 2º grau completo
	() superior incompleto	() superior completo
3. Atividade profissional:	_____	
4. Cidade onde reside:	_____	
5. Qual a frequência que você consome geleia:	() inferior a 1 vez por mês	() 1 a 3 vezes por mês
	() 1 a 3 vezes por semana	() todos os dias
Obrigada pela colaboração!		

Fonte: Autores, 2022.

Após, foi servida aos provadores as duas amostras de geleia, com e sem a farinha de OPN, conforme pode ser observado na Figura 3. Espalhou-se aproximadamente 30 g de geleia em ½ de fatia de pão de leite. Este procedimento foi realizado, pois geralmente a geleia é consumida desta maneira, e não é aconselhável provar a geleia pura. As geleias

foram identificadas por um conjunto de três dígitos aleatórios e distribuídas nas cabines sensoriais de forma aleatória segundo Dutcosky (2019). Junto a cada amostra servida, o avaliador recebeu um copo de água em temperatura ambiente para enxaguar a boca entre as avaliações, além de bolacha água e sal, a fim de limpar o paladar e evitar interferências na análise.

Figura 3. Amostras de geleia sem farinha de OPN (875) e com farinha de OPN (542).



Fonte: Autores, 2022.

A Figura 4 apresenta a ficha de avaliação sensorial utilizada neste estudo. Na análise sensorial por escala hedônica de 9 pontos (Figura 4) o avaliador determinou o quanto ele gostou ou desgostou de cada uma das duas amostras quanto aos atributos de aparência, odor, cor, sabor, textura e impressão global. Ainda, a ficha de avaliação contemplava o teste de comparação pareada de preferência, sendo que foi solicitado ao avaliador para circular a amostra preferida. Além disso, os avaliadores deveriam indicar a intenção de compra dos produtos avaliados (DUTCOSKY, 2019).

Os resultados dos testes de análise sensorial foram avaliados no *software* Statistica 12.0 (StatSoft®, USA) e submetidos a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$) para avaliar se houve diferença significativa entre as duas geleias.

Figura 4. Ficha de avaliação sensorial.

Ficha de avaliação sensorial

Nome: _____

1) Você está recebendo amostras de duas geleia. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita, e indique sua opinião em relação aos atributos: aparência, odor, cor, sabor, textura e impressão global, de acordo com a escala de 9 pontos.

AMOSTRA 542

Aparência: _____
Odor: _____
Cor: _____
Sabor: _____
Textura: _____
Impressão global: _____

AMOSTRA 875

Aparência: _____
Odor: _____
Cor: _____
Sabor: _____
Textura: _____
Impressão global: _____

- 9 – gostei muitíssimo
- 8 – gostei muito
- 7 – gostei moderadamente
- 6 – gostei ligeiramente
- 5 – nem gostei/ nem desgostei
- 4 – desgostei ligeiramente
- 3 – desgostei moderadamente
- 2 – desgostei muito
- 1 – desgostei muitíssimo

2) Por favor, prove as duas amostras codificadas, da esquerda para a direita, e faça um círculo na amostra correspondente à sua preferência.

542

875

3) Assinale qual seria sua atitude em relação à compra do produto:

- () eu compraria a preferida
- () eu compraria as duas
- () eu provavelmente não compraria nenhuma

Comentários: _____

Fonte: Autores, 2022.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

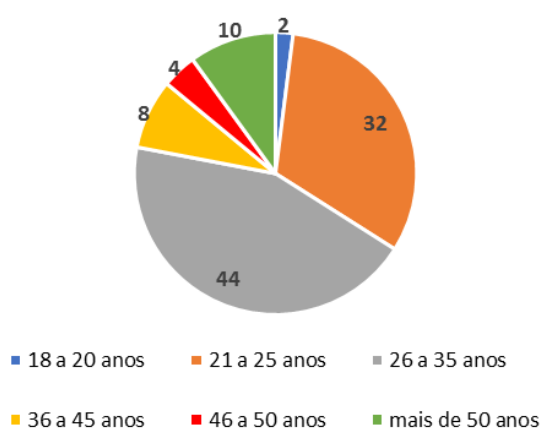
O resultado obtido neste estudo em relação a proteína da farinha de OPN foi de $17,50 \pm 0,27$ g/100g. Segundo Silva (2019) a concentração de proteínas nas folhas de OPN representa grande parte da sua composição, variando entre 14,38% e 27,79%. De acordo com Marinelli (2016) o valor de proteína na farinha de OPN encontrado no seu estudo foi de 24,17 g/100g, já Martinevski et al. (2013) ao analisar folhas de OPN determinou a quantidade de 20,10 g/100g de proteínas.

A quantidade de proteínas da ora-pro-nóbis varia em virtude dos fatores climáticos e local de cultivo da planta, sendo que a qualidade da luz que incide sobre a planta influencia na produção de proteínas (VIEIRA, 2017). Queiroz et al. (2015) avaliando plantas de OPN cultivadas em ambiente sem sombreamento, meia sombra e totalmente sombreado, identificaram que o teor de proteínas nas folhas em condição sombreada foi maior do que em relação as plantas cultivadas sem sombreamento. O que pode justificar as diferenças de proteína na farinha de OPN citadas anteriormente.

Em relação a análise de perfil do provador, avaliando primeiramente a faixa etária (Figura 5), pode-se observar que dentre os 50 provadores que participaram da análise sensorial das geleias, a maior parte deles encontrava-se na faixa entre 26 a 35 anos (44%) e entre 21 a 25 anos (32%), totalizando 76% dos provadores nestas duas faixas etárias.

Quanto ao grau de escolaridade dos provadores, 72% destes possuíam ensino superior completo, 14% superior incompleto, 10% 2º grau completo e 4% 2º grau incompleto.

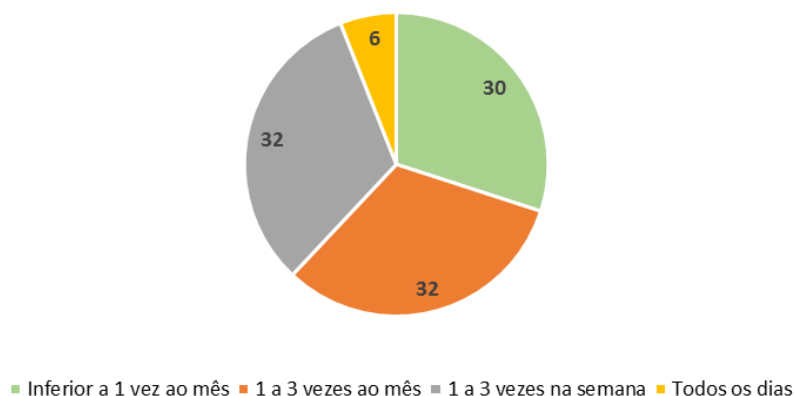
Figura 5. Perfil de idade dos provadores.



Fonte: Autores, 2022.

Pode-se ainda avaliar com que frequência estes provadores consumiam geleia em sua rotina alimentar, sendo que, 32% dos provadores consumiam geleia 1 a 3 vezes ao mês, 32% 1 a 3 vezes na semana, 30% inferior a uma vez ao mês e 6% todos os dias, conforme dados observados na Figura 6.

Figura 6. Frequência de consumo de geleia.



Fonte: Autores, 2022.

A Tabela 1 apresenta os resultados das notas (média \pm desvio padrão), além da análise estatística, obtidas no teste de aceitação sensorial por escala hedônica de 9 pontos, para os atributos de aparência, odor, cor, sabor, textura e impressão global para as duas geleias desenvolvidas neste estudo.

Tabela 1 – Valores (média \pm desvio padrão) dos atributos avaliados para as amostras de geleia sem e com farinha de OPN.

Atributos	Geleia sem OPN	Geleia com OPN
Aparência	8,30 \pm 0,79 ^a	7,56 \pm 1,23 ^b
Odor	7,80 \pm 1,07 ^a	7,22 \pm 1,40 ^b
Cor	8,32 \pm 0,79 ^a	7,44 \pm 1,44 ^b
Sabor	7,76 \pm 1,53 ^a	6,62 \pm 1,98 ^b
Textura	7,96 \pm 1,32 ^a	7,28 \pm 1,75 ^b
Impressão global	7,90 \pm 1,30 ^a	6,83 \pm 1,85 ^b

Nota: Médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$).

Fonte: Autores, 2022.

Pode-se observar na Tabela 1 que todos os atributos apresentaram diferença significativa entre as duas amostras de geleia, sendo que a geleia sem OPN apresentou as maiores médias. Para todos os atributos a geleia sem OPN apresentou notas acima de 7, ou seja, os provadores gostaram moderadamente da geleia. Os atributos melhores aceitos foram a aparência e a cor, obtendo-se notas acima de 8 - gostei muito.

Para a geleia com OPN, também os atributos melhores aceitos foram a aparência e a cor, porém com notas acima de 7. Tanto para a geleia com ou sem OPN o sabor foi o atributo com menor média. Apesar da geleia com OPN ter obtido notas inferiores a geleia

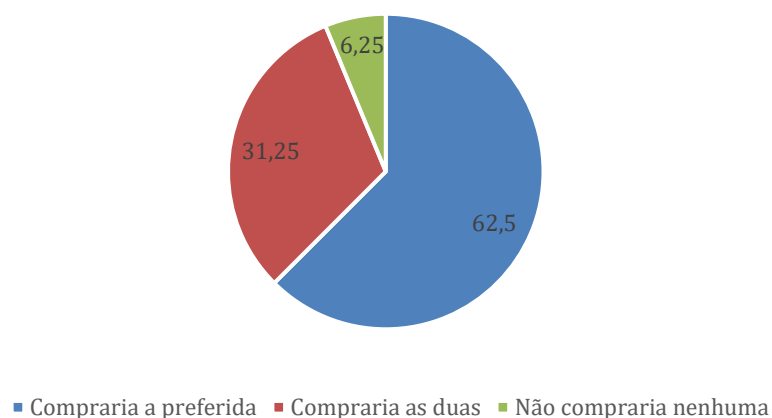
sem OPN, os resultados do teste de aceitação sensorial foram satisfatórios, já que todos os atributos obtiveram notas acima de 6 em uma escala de 9 pontos.

Um dos motivos pelas notas menores da geleia com OPN foi a coloração mais escura devido a adição da farinha. A geleia sem OPN apresentou coloração mais rosada e brilhante. Sabe-se que a cor, a aparência, ou seja, o primeiro olhar do provador em um alimento influencia os outros atributos, então pela geleia com OPN apresentar uma coloração mais escura e não usual para este tipo de alimento, isto pode ter influenciado as notas dos outros atributos.

Ao analisar o teste de comparação pareada de preferência, observou-se que houve diferença significativa entre a geleia sem farinha de OPN e a geleia com farinha de OPN (DUTCOSKY, 2019). Dentre as respostas obtidas, 73,91% dos provadores preferiram a geleia sem OPN e 26,09% preferiram a geleia com OPN.

Esses resultados refletiram na intenção de compra, sendo que 62,5% dos provadores comprariam a geleia preferida, 31,25% comprariam as duas geleias e 6,25% não compraria nenhuma, conforme demonstrado na Figura 7.

Figura 7. Intenção de compra das geleias com e sem OPN.



Fonte: Autores, 2022.

Analisando o conjunto de testes sensoriais, pode-se inferir que mesmo a amostra de geleia sem OPN ter apresentado notas maiores para os atributos analisados, maior preferência e intenção de compra, a geleia com farinha de OPN manteve os seus atributos na escala entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Com algumas adequações no percentual de adição da farinha de OPN na geleia, pode-se conseguir escalas de aceitação maiores para este produto nos atributos avaliados e

consequentemente aumentar a intenção de compra, fator este fundamental para disponibilizar esse produto no mercado consumidor. Sendo assim, a farinha de OPN pode ser considerada uma opção de grande valia quando a ideia é agregar valor nutricional em produtos de consumo diário da população.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível desenvolver uma geleia com a adição da farinha de OPN. Apesar das duas amostras de geleia apresentarem diferenças significativas entre si na análise sensorial, ainda assim, pôde-se verificar que a amostra contendo a farinha de OPN apresentou valores maiores do que 6, caracterizado como “gostei ligeiramente” na escala hedônica de 9 pontos, em todos os atributos avaliados. A farinha de OPN pode ser uma boa opção de adição em produtos alimentícios já existentes, sendo coadjuvante na ingestão diária de proteínas para a dieta. Ajustes se fazem necessários na geleia desenvolvida neste estudo para que o nível de aceitação sensorial seja maior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M.E.F. *et al.* Caracterização química das hortaliças não-convencionais conhecidas como ora-pro-nobis. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 30, p. 431-439, 2014.
- CONCEIÇÃO, M.C. *et al.* Thermal and microstructural stability of a powdered gum derived from *Pereskia aculeata* Miller leaves. *Food Hydrocolloids*, v. 40, p. 104-114, 2014.
- DUARTE, M.R. & HAYASHI, S.S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 15, n. 2, p.103-109, 2005.
- DUTCOSKY, S.D. *Análise sensorial de alimentos*. Curitiba: Champagnat, 2019.
- EMBRAPA. *Preparo artesanal de geléias e geleiadas*. ISSN 1806-9193, Pelotas, 2005.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. Edição IV. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- KROLOW A.C. *Preparo artesanal de geleias e geleiadas*. Embrapa, Pelotas, 2005.

- MARINELLI, P.S. Farinhas de Moringa (*Moringa Oleifera* Lam.) e Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.): Biomateriais Funcionais [dissertação]. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2016.
- MARTINEVSKI, C.S. Caracterização de bertalha (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) e ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.) e sua utilização no preparo de pães de forma [dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
- MARTINEVSKI, C.S. *et al.* PANCs na elaboração de pães. *Brazilian Journal of Food & Nutrition*, Araraquara, v.24, n.3, jul./set. 2013.
- MELO, *et al.* Formulação e avaliação físico-química e sensorial de geléia mista de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e acerola (*Malpighia* sp.). *Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos.*, v.17, n.1, p.33-44, 1999.
- MERCÊ, A.L.R. *et al.* Complexes of arabinogalactan of *Pereskia aculeata* and Co²⁺, Cu²⁺, Mn²⁺, and Ni²⁺. *Bioresource Technology*, v. 76, n. 1, p.29-37, 2001.
- NASCIMENTO, A. L. Desenvolvimento e análise sensorial de geleia de polpa e casca de abacaxi com gengibre [monografia]. Luz: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras do Alto São Francisco, 2017.
- OLIVEIRA, D.C.S. *et al.* Composição mineral e teor de ácido ascórbico nas folhas de quatro espécies olerícolas não-convencionais. *Horticultura Brasileira*, v. 31, n. 3, p.472-475, 2013.
- ORAK, H.H. Total antioxidant activities, phenolics, anthocyanins, polyphenoloxidase activities of selected red grape cultivars and their correlations. *Scientia Horticulturae*, v. 111, p. 235 - 241, 2007.
- QUEIROZ, C.R.A. *et al.* Crescimento inicial e composição química de *Pereskia aculeata* Miller cultivada em diferentes luminosidades. *Revista Agrogeoambiental*, Pouso Alegre, v. 7, n. 4, p. 93-104, dez. 2015.
- RABELO, D.M. & NASCIMENTO, A. L. Desenvolvimento e Análise Sensorial da Geleia de Polpa e Casca de Abacaxi com Gengibre. *Revista Acadêmica Conecta FASF*, v. 3 n. 1, 2018.
- SANTOS, P.R.G. *et al.* Geleia de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.): desenvolvimento, caracterização microbiológica, sensorial, química e estudo da estabilidade. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v. 71 n.2 São Paulo, 2012.
- SILVA, L. W. Potencial tecnológico da folha da *Pereskia aculeata* Miller (ora-pronóbis): Uma Revisão [dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

SOUSA, R.M.F. *et al.* Atividade antioxidante de extratos de folhas de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.) usando métodos espectrofotométricos e voltamétricos in vitro. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 30, p. 448-457, 2014.

SOUZA, F.G. *et al.* Avaliação de geleia de tamarindo sem pectina e com pectina proveniente do albedo do maracujá amarelo. *Journal of Bioenergy and Food Science*, v.3, n.2, p.78-88, 2016.

TAKEITI, C.Y. *et al.* Nutritive evaluation of a non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v. 60, n. 1, p.148-160, 2009.

TOFANELLI, M.B.D. & RESENDE, S.G. Sistemas de condução na produção de folhas de Ora-pro-nobis. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 41, n. 3, p.466-469, 2011.

VEDANA, M.I.S. *et al.* Efeito do processamento na atividade antioxidante da uva. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara v.19, n.2, p. 159-165, 2008.

VIEIRA, J. S. Propagação vegetativa, crescimento e teor de proteína em ora-pro-nóbis (*pereskia aculeata miller*) cultivado sob telas fotosseletivas [dissertação]. Morrinhos: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2017.

O USO DE SOFTWARES BIM NO AUXÍLIO À ETIQUETAGEM ENCE EM ESCOLAS PÚBLICAS

Willian Zimi Ortega Padilha, Andrea Teresa R. Barbosa

RESUMO: As escolas públicas possuem grande importância na formação educacional e cultural do país. Além de possuírem um caráter fundamental na formação do cidadão, também são responsáveis pela inserção cultural, política e científica do cidadão brasileiro em todas as suas etapas do desenvolvimento humano. Diante dessa importância, é fundamental que os prédios escolares estejam aptos ao seu funcionamento com eficiência e conforto adequados, a fim de que o objetivo final do ensino/aprendizagem seja atingido. Sob essa ótica, efetuamos realizou-se uma discussão preliminar da implementação dos RTQs – Requisitos Técnicos de Qualidade, aplicados a prédios públicos, em particular a sua aplicação em escolas públicas, tendo como ferramentas de análise e implementação, àquelas denominadas ferramentas/softwarees BIM-Building Information Modeling. A medida que o BIM vem sendo disseminado em seu uso, verifica-se a evolução de softwares BIM no que tange a simulações para fins de etiquetagem, assim como auxiliam em estudo mais específicos de envoltória. Destarte o artigo mostra essas potencialidades de Softwares BIM.

Palavras-chave: BIM, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, ETIQUETAGEM

INTRODUÇÃO

A Escola, para que alcance seu objetivo final, como matriz propulsora que é da sociedade em suas características sociológicas, culturais e históricas, deve ser ambientalmente confortável. O espaço escolar necessita ser um ambiente que ofereça índices adequados de conforto para execução de atividades humanas voltadas à aquisição de conhecimento e cultura, seja referente ao ensino infantil, de nível médio ou superior.

Sob essa ótica torna-se fundamental que as edificações voltadas ao ensino público, atendam condições de conforto e que seus projetos e construções se fundamentem em estudos de eficiência e desempenho que possibilitem, além do conforto ambiental, reduzidos custos com insumos energéticos.

As técnicas projetuais em suas variadas modalidades são fundamentais para a concepção de um produto eficiente.

“A discussão sobre arquitetura escolar exige reflexões sobre a história e a evolução da sua linguagem formal e das avaliações do ambiente, que incluem o conforto dos aspectos térmico, acústico, de iluminação e funcionalidade, sem deixar de lado as questões educacionais e culturais da sociedade.” (KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. Oficina de Textos. Fapesp. 2011)

Muitos estudos referenciam a arquitetura escolar com foco no ensino público, e desta forma indicam a preocupação do profissional de AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) brasileiro com a qualidade das edificações escolares.

“E, nesse quadro, posso afirmar com bastante tranquilidade que a maioria dos trabalhos esteve preocupada com o universo escolar público, onde é perceptível a quantidade de pesquisas concluídas sobre a arquitetura voltada para as instituições de ensino primário.” (BENCOSTTA, Marcus Levy. A escrita da Arquitetura Escolar na historiografia da Educação Brasileira 1999-2018. Revista Brasileira de História da Educação).

Mesmo com toda a rica fundamentação teórica sobre a concepção de projetos, discussões e técnicas construtivas, nem sempre a realidade brasileira das edificações escolares públicas, nos rincões do Brasil, se ergue sob tais conceitos, comprometendo não somente o ensino/aprendizagem, como gerando altas despesas com insumos energéticos.

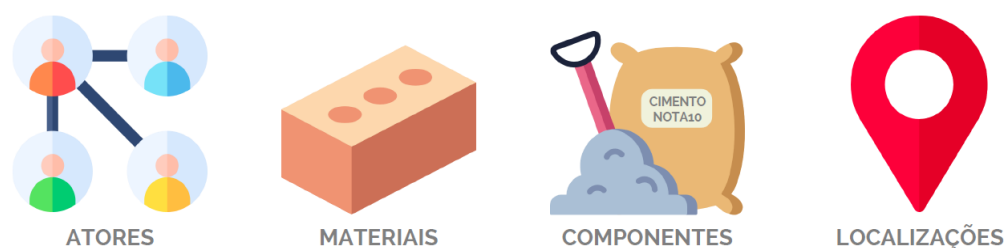
São então dois os aspectos que motivam este breve trabalho (1) a qualidade das

construções e (2) a eficiência energética de edificações públicas voltadas ao ensino.

No Brasil, frente a esse panorama, a preocupação com a qualidade de edificações e a eficiência e sustentabilidade construtivas, motivou o governo federal a criação de programas que fomentam a qualidade das construções. Surge então, através da Portaria Inmetro nº 372, de 17 de setembro de 2010, o RTQ-C, Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas que tem por objetivo a etiquetagem do Programa Brasileiro de Etiquetagem, PBE Edifica, para edificações públicas.

Por outro lado, em função da necessidade de melhoria nos processos de projetos, documentação técnica, execução e fiscalização de obras e serviços de AECO no setor público, o governo federal instituiu a estratégia nacional BIM-Building Information Modelling, através do Decreto nº 9.377/18 e seus desdobramentos: Decreto nº 9.983/19 recria o Comitê Gestor da Estratégia BIM BR, Decreto nº 10.306/20 que formaliza legalmente as intenções do roadmap da Estratégia BIM BR, Portaria nº 1014 que institui o Comitê BIM do MINFRA-Ministério da Infraestrutura.

Figura 1 - Classificação da Informação no BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC, 2017



METODOLOGIA

“As edificações das classes residencial, comercial e poder público representam grande parte da parcela do consumo de energia elétrica no Brasil, atualmente cerca de 50%. Grande parte dessa energia é consumida para prover conforto ambiental aos usuários. Estima-se o potencial técnico de economia em edificações em torno de 35%, quando se considera a eficiência energética nas edificações desde a fase de projeto.” (Melo, Sorgato e Lamberts, 2014 e Scalco et al, 2014).

Os benefícios que a etiquetagem de edificações proporciona vão da economia de energia, melhoria do conforto do ambiente construído e, estruturalmente, sob a ótica da gestão pública de próprios do estado, possibilita a criação de mecanismos para a gestão de políticas públicas no que se refere à contratação de projetos/serviços de AECO, pois o governo passa a conhecer o desempenho energético de seu parque edilício.

De tal forma, o RTQ-C proposto pelo PBE Edifica, para edificações comerciais e de uso público se fundamenta em três pilares de análise:

* **Envoltória:** Superfícies que separam o ambiente interno do ambiente externo de uma edificação, sejam estas horizontais e/ou verticais, consideradas acima do nível do solo.

* **Sistema de Iluminação:** Densidade de potência instalada (w/m^2) para sistemas de iluminação artificial, combinada com iluminação natural, além de fatores relacionados à topologia da instalação elétrica como: separação de circuitos e automatismo de sistemas de iluminação.

* **Sistema de Condicionamento de Ar:** Avaliação da capacidade dos equipamentos de ar condicionado, relacionado aos fatores de isolamento de dutos e eficiência de equipamentos.

Além das três premissas do RTQ-C, este apresenta também modulo relacionado a Bonificações, referente a iniciativas, tecnicamente justificadas, que comprovem o aumento da eficiência energética da edificação, como por exemplo, aproveitamento solar para geração de energia elétrica e aquecimento, uso racional de águas, tal como o aproveitamento de águas de condensação e coleta de águas pluviais, inovações técnicas e/ou de processos que indiquem ganho real de eficiência energética.

A avaliação de edificações concorrentes a ENCE, Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, ocorre em duas etapas, quais sejam a de Inspeção de Projeto e Inspeção de Edificação. Neste artigo abordamos as técnicas projetais para etiquetagem, delimitando-nos ao aspecto de projeto.

A inspeção de projeto pode ser feita através de dois métodos, sejam estes o:

* **Método Prescritivo:** Avalia os sistemas através de parâmetros pré-definidos ou que necessitam de cálculo para uma avaliação final da eficiência energética da edificação. Ele foi estabelecido a partir de um conjunto de regras gerais que se enquadram algumas tipologias mais

usuais construídas no país. O cálculo é feito através de equações e tabelas que limitam parâmetros da edificação de acordo com a classe de eficiência energética. Como segue essa tipologia padrão, este método passa a ser mais generalista, e acaba tendo algumas limitações, principalmente referentes à volumetria. (Manual para etiquetagem de edificações públicas)

* Método de Simulação: Simulação termoenergética de dois modelos computacionais representando duas edificações: um modelo da edificação real proposto e um modelo de referência, prescritivo, para fins de comparação, sendo que o consumo do modelo do edifício real deve ser menor que do modelo de referência para a classe de eficiência pretendida.

Tabela 1. Métodos de Avaliação do RTQ-C

Envoltória	Sistema de Iluminação	Sistema de Condicionamento de Ar	Ventilação Natural
Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação
Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação
Método Simulação	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação

Fonte: Tabela 2.1 Combinações de métodos de avaliação para obtenção da classificação Geral, 2010

Todo o trabalho desenvolvido na etapa de projeto para submissão ao RTQ-C é multidisciplinar, e seus impactos possuem forte aderência aos conceitos de sustentabilidade fundamentados nos ODS: (4) Educação de Qualidade, uma vez que o enfoque deste trabalho é a aplicação em escolas públicas, (7) Energia acessível e limpa, (8) Emprego digno e crescimento econômico, (9) Indústria, inovação e infraestrutura, (11) Cidades e comunidades sustentáveis, (12) Consumo e produção responsáveis, (13) Combate às alterações climáticas, (17) Parceiras em prol das metas.

Figura 2 –RTQ-C Fluxograma de Equipes multidisciplinares, 2010

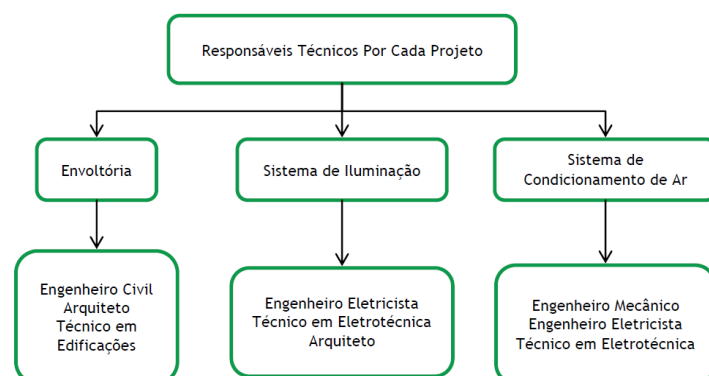


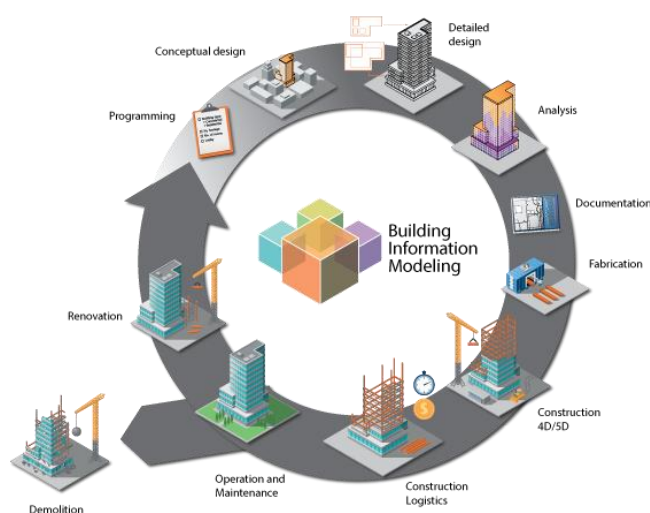
Figura 3 – Agenda 21, 17 ODS, ONU/2015



E quais as contribuições do BIM no processo de etiquetagem ENCE, conforme a RTQ-C?

O BIM, Building Information Modeling, é um conceito que promove a integração da informação de elementos construtivos com as formas modeladas em um único ambiente virtual de concepção/projeto/obra. É em suma um processo que possibilita a integração de informações da construção, através do compartilhamento de conhecimentos sobre um dado empreendimento de AECO.

Figura 4 – Ciclo do BIM nas Edificações. Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC, 2017



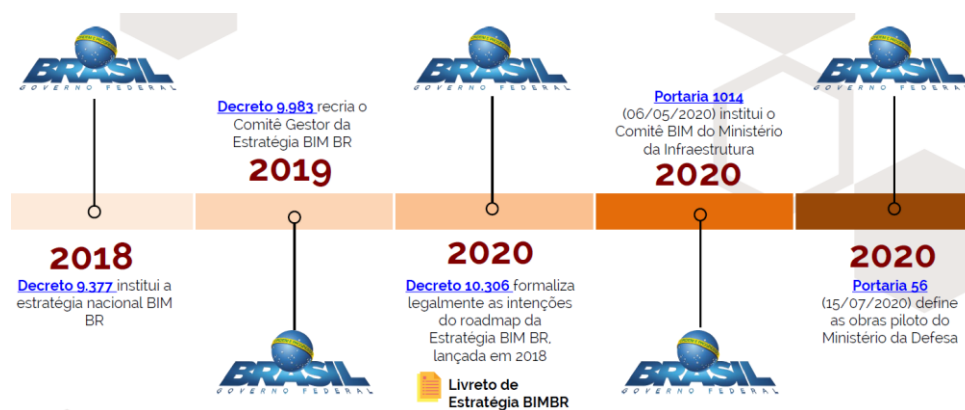
Para que esta integração seja possível, softwares de AECO devem conversar entre si, ao que se dá o nome de interoperabilidade, permitindo de tal maneira, construir virtualmente um

empreendimento.

O BIM como política pública de estado teve seu início a partir do Decreto nº 9.377/2018, quando foi instituída a Estratégia Nacional BIM BR, que possuía a meta de disseminar o uso do BIM no setor público brasileiro até 2021.

Em 2020, através da Portaria nº 56/2020, dá-se efetivamente a implementação do BIM em projetos e obras públicas, quando são definidos os programas e iniciativas de média e grande relevância para a disseminação do BIM, no âmbito do Ministério da Defesa.

Figura 5 – Evolução do BIM BR. (Thiago Ricotta e Marcelo Holsbach. REPBBRA, Ipog, 2020)



No que tange ao uso de ferramentas BIM, e seu potencial de informação e seu uso em simulações virtuais tem forte aderência às soluções construtivas requeridas pelo RTQ, PBE Edifica.

Segundo o RTQ-C, os níveis que podem ser atingidos tanto na etapa de projeto quanto na etapa de edificação, variam dos níveis E para A, sendo este ultimo o de maior score para eficiência da edificação.

Figura 6 – Níveis de Classificação segundo o RTQ-C (Port. nº 372/2020)



A classificação vai da classe A (mais eficiente) até a classe E (menos eficiente).

Análise de Envoltória

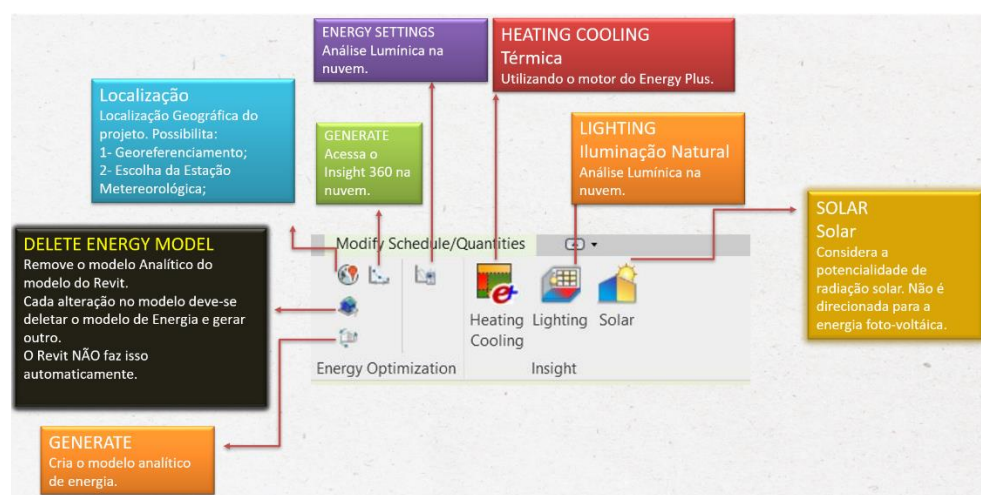
- Para análise de envoltória aos variados níveis, são analisados os índices de:
- Transmitância Térmica para coberturas, e paredes externas, consideradas as

zonas bioclimáticas de análise baseada no georeferenciamento da edificação.

- Cores e absorvância de superfícies, relativos aos materiais aplicados no revestimento de paredes e coberturas.
- Iluminação zenital, considerando as aberturas e uso de vidros para fins e aproveitamento de raios solares para aquecimento e luz.

Atualmente o Revit, software da Autodesk, possui interface com o EnergyPlus, para análise térmica, além de interoperabilidade com o Insight360, também da Autodesk, que efetua análises energéticas e estudos de viabilidade.

Figura 7 – IHM Revit para análise energética com Plug-in EnergyPlus. Reprodução do autor



Para um dado modelo georeferenciado, é possível criar cenários de simulação e efetuar as análises necessárias para atendimento às premissas de envoltória do RTQ-C.

Sistemas de Iluminação

Pré-requisitos básicos para etiquetagem ENCE de sistemas de iluminação refereM-se, além da capacidade instalada:

- Sistemas de cionamento e controle de iluminação
- Topologia da divisão de circuitos de iluminação
- Contribuição de luz natural conjugado à operação de fileiras de iluminação proxima a aberturas para luz natural/zenital.

- Desligamento automático de sistemas de iluminação (presença, horário, temporizado)
- Eficiência por densidade de potência instalada (W/m²).

Tabela 2. Materiais usados nos parafusos.

Função do Edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível D)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Armazém	7,1	8,2	9,2	10,3
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Bombeiros	7,6	8,7	9,9	11,0
Centro de Convenções	11,6	13,3	15,1	16,8
Cinema	8,9	10,2	11,6	12,9
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Venda e Locação de Veículos	8,8	10,1	11,4	12,8
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Estádio de esportes	8,4	9,7	10,9	12,2
Garagem – Ed. Garagem	2,7	3,1	3,5	3,9
Ginásio	10,8	12,4	14,0	15,7
Hospedagem, Dormitório	6,6	7,6	8,6	9,6
Hospital	13,0	15,0	16,9	18,9
Hotel	10,8	12,4	14,0	15,7
Igreja/Templo	11,3	13,0	14,7	16,4
Restaurante	9,6	11,0	12,5	13,9
Restaurante: Bar/Lazer	10,7	12,3	13,9	15,5
Restaurante: Fast-food	9,7	11,2	12,6	14,1
Museu	11,4	13,1	14,8	16,5
Oficina	12,9	14,8	16,8	18,7
Penitenciária	10,4	12,0	13,5	15,1
Posto de Saúde/Clinica	9,4	10,8	12,2	13,6
Posto Policial	10,3	11,8	13,4	14,9
Prefeitura – Inst. Gov.	9,9	11,4	12,9	14,4
Teatro	15,0	17,3	19,5	21,8
Transportes	8,3	9,5	10,8	12,0
Tribunal	11,3	13,0	14,7	16,4

Fonte: Tabela 4.1 limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área do edifício. 2010

Para análise de sistemas de iluminação, sendo necessária a contribuição da luz natural, é fundamental o geo-referenciamento da edificação, o que é possível através do Revit, que através em interoperabilidade com Insight360, apresenta resultados de iluminação solar para fins de análise e comparação com o RTQ-C.

Para dimensionamento e projeto de circuitos, acionamentos e automatismo, é possível utilizar o QiBuilder, QiElétrica, softwares de engenharia da empresa brasileira AltoQi. Além destes, o uso combinado com o Dialux, possibilita a otimização de sistemas luminotécnicos

através da aplicação computacional de simulação de características fotométricas reais de aparelhos de iluminação comerciais.

Figura 8 – Simulação Luminotecnica de Sala de aula com DPIL= 5,64W/m². Reprodução do autor

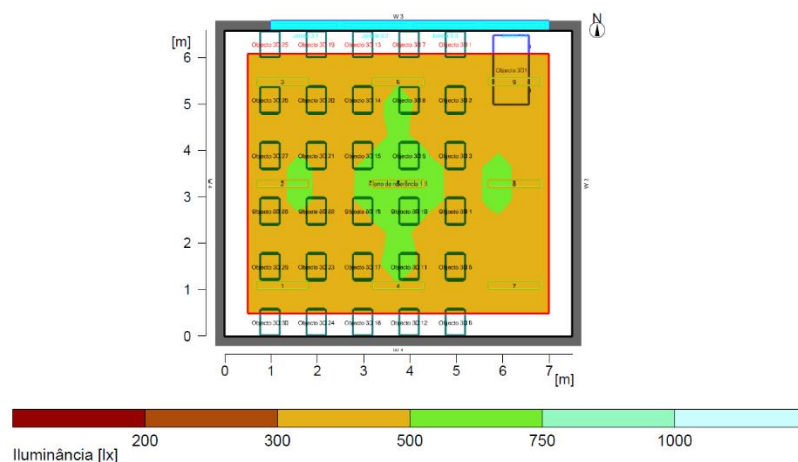
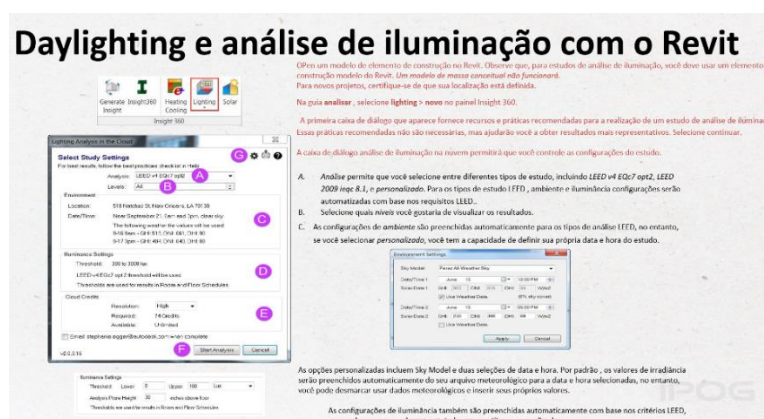


Figura 9 – Simulação Luminotecnica de Sala de aula com DPIL= 5,64W/m². IPOG 2020



Sistema de Condicionamento de Ar

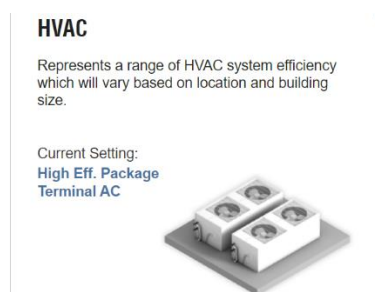
A premissa que se refere ao condicionamento de ar, segundo a RTQ-C, se fundamenta na avaliação da capacidade de funcionamento dos equipamentos e características de operação, tais como:

- Capacidade e dimensionamento dos sistemas de condicionamento de ar;
- Isolamento dos dutos de resfriamento;
- Nível de eficiência dos equipamentos/conjuntos de condicionamento de ar

Softwares BIM que possibilitam a análise de desempenho de sistemas de

condicionamento de ar, são o Revit e o Insight360.

Figura 10 – Interface Insight360 para análise de Sistemas Ar Condicionado. www.autodesk.com



Bonificação

Para fins de bonificação, com o objetivo de melhorar o score de avaliação ENCE, é possível o aproveitamento energético do sol a fim de geração de energia solar fotovoltaica.

Dentre as ferramentas computacionais que possibilitam análise de desempenho para geração solar está o Solarius PV, software BIM da ACCA, para projetos de geração Solar Fotovoltaica.

Figura 12 – Carta Solar em edificação georeferenciada. Solarius PV. <https://www.acca.it/>

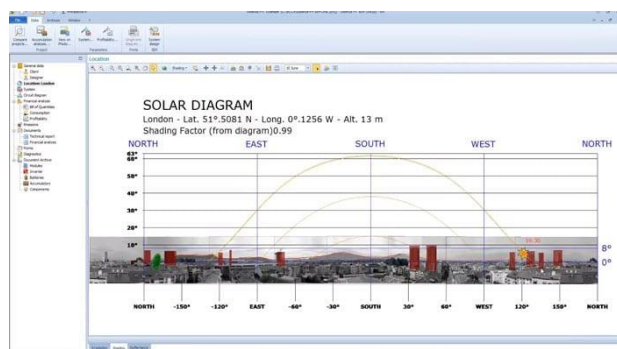
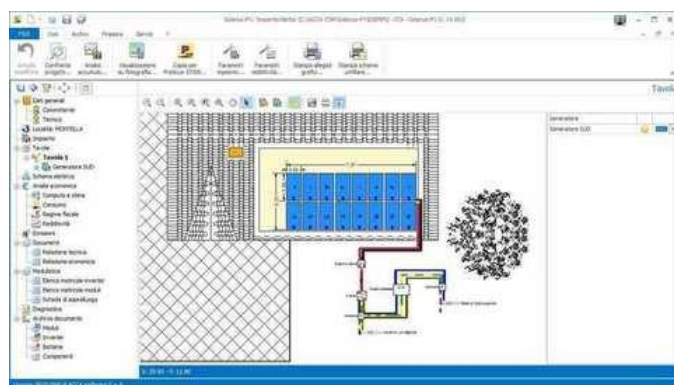


Figura 13 – Vista usina solar. Solarius PV. <https://www.acca.it/>



CONCLUSÃO

Através do artigo pudemos perceber que a evolução das ferramentas computacionais, auxiliam no atendimento às necessidades projetuais e de análise de desempenho das edificações.

Concomitantemente à evolução das ferramentas de projeto, as novas exigências para o setor de AECO, em particular para aquelas voltadas ao uso do BIM, vão ao encontro dos requisitos de qualidade, sustentabilidade e eficiência em edificações.

A interferência governamental, no sentido de regulamentar o uso do BIM em todas as etapas de AEC, é visto de forma positiva, uma vez que a eficiência em projetos atingida desde a os estudos de viabilidade e concepção de projetos, sinalizam um futuro mais eficientes, inicialmente, para as construções públicas.

Os benefícios a serem atingidos vão desde a economia construtiva até a manutenção de baixo custo para sistemas mais eficientes.

Assim como as ferramentas computacionais tem evoluído, as exigências legais também caminham nesse sentido, quando em fevereiro de 2021, passa a vigorar o INI-C (Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas), em substituição ao RTQ-C, iniciando assim uma nova etapa no modelo de etiquetagem brasileiro e avaliação de desempenho energético em edificações comerciais e públicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENCOSTTA, Marcus Levy. A escrita da Arquitetura Escolar na historiografia da Educação Brasileira 1999-2018. Revista Brasileira de História da Educação.

DECRETO nº 9.377, de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling.

DECRETO nº 9.983, de 22 de agosto 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling,

DECRETO nº 10.306, de 2 de abril 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. Oficina de Textos. Fapesp. 2011.

MANUAL PARA ETIQUETAGEM DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS. Procel/Eletronbras/Inmetro /CB3E. 2014.

OLIVEIRA, F.; BITTENCOURT, L.; DÓRIA, D. Uma ferramenta BIM de projeto para avaliação de desempenho energético. In: VI SBQP, 2019, Uberlândia. Anais. Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. p. 821-831. DOI <https://doi.org/10.14393/sbqp19076>

PIMENTEL, B.R.; BARBOSA, A.T.R.; SOUZA, M.D. Análise de métodos de intergração entre BIM e simulação termo energética de edificações militares. RG&SA, Florianópolis, v.9, n.esp,p.125-146, fev;2020.

PORTARIA nº 1.014, de 6 de maio de 2020. Constitui o Comitê BIM Infraestrutura (Building Information Modelling) no âmbito do Ministério da Infraestrutura e de suas vinculadas.

PORTARIA NORMATIVA Nº 56/GM-MD, de 6 de julho de 2020. Define os empreendimentos, programas e as iniciativas de média e grande relevância para a disseminação do Building Information Modelling - BIM, no âmbito do Ministério da Defesa.

RAC, REQUISITOS DE AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES. Procel/Eletronbra/Inmetro/CB3E. Portaria nº 50/2013.

RTQ-C, REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICAS. Procel/Eletronbra/Inmetro/CB3E. Portaria nº 372/2013.

TAMANINI JR, TIAGO. Modelagem paramétrica para análise termoenergéticas de edificações nas fases iniciais de projeto. Poli/USP. São Paulo, 2019.

VIGGIANO, MÁRIO HERMES STANZIONA. Projeto de edifícios públicos sustentáveis: uma abordagem cultural, econômica, ambiental e arquitetônica. Brasília; Rede Legislativo Sustentável, 2019.

Capítulo 3 - DOI:10.55232/10830014.3

**ANÁLISE DE PENICILINAS EM AMOSTRAS DE LEITE
POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA**

Thaynara Ramalho Santos, Bruno de Araújo Gomes

RESUMO: Uma abordagem sobre análise de penicilinas em amostras de leite por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), realizado a partir de um levantamento bibliográfico para analisar antibióticos penicilinas encontrados em leite in natura. Para tanto, aponta – se os riscos à saúde humana devido a exposição frente aos antimicrobianos, bem como danos aos produtores além de evidenciar a eficiência do método analítico CLAE. Realiza-se, uma organização por procedência, divididas em quinze artigos, cinco monografias, seis dissertações e seis teses de doutorado. Quanto ao tipo de publicação, optou-se por materiais disponíveis no período de 2004 a 2021. As plataformas de acesso aos materiais foram o google acadêmico, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Scientific Electronic Library Online (SciELO). Verificando a presença de antimicrobianos, portanto, assumindo um limite maior do que está descrito no limite máximo de resíduo (LMR) na maioria das pesquisas analisadas.

Palavras-chave: mastite bovina, antimicrobianos, β -lactâmicos, CLAE.

1. INTRODUÇÃO

Sendo um dos produtos mais valorizado, o leite está entre as cinco mercadorias mais comercializadas no mundo e por isso tem um impacto econômico significativo para aqueles que dependem da produção leiteira. Além de ser fonte de renda, o leite tem em sua essência, micronutrientes, proteínas, carboidratos, lipídios, bem como minerais e variadas vitaminas, por isso se torna indispensável para o consumo e desenvolvimento humano (SIQUEIRA, 2019).

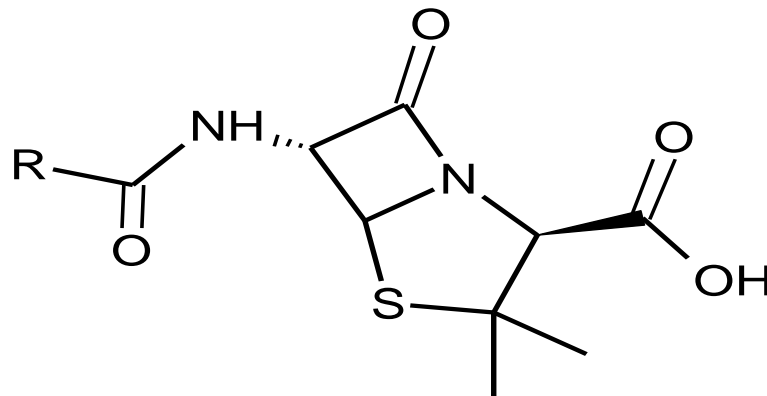
Por outro lado, a falta do controle de qualidade na produção do leite gera preocupação pois é muito comum a presença de grupos antimicrobianos oriundo do tratamento de um processo inflamatório no gado leiteiro, nomeado mastite responsável por prejuízos econômicos interferência na produção de derivados lácteos além de representar risco em potencial à saúde do consumidor, podendo predispor entre outras, reações alérgicas (CARVALHO *et al.*,2020).

A mastite trata-se de uma entidade patológica caracterizada pela resposta inflamatória localizada nas glândulas exócrina do tecido mamário comprometendo o estado de saúde do animal de forma severa (MASSOTE, 2019). E embora ela atinja o rebanho em vários graus de intensidade, quase sempre ela traz prejuízos para a pecuária, seja por gastos com o tratamento ou por redução na produtividade. Segundo Nascimento (2001) A maioria das infecções tem origem bacteriana, predominando o *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus agalactiae*. Em função dessas infecções os β -lactâmicos, sulfonamidas, tetraciclina, aminoglicosídeos, macrolídeos, quinolonas e anfenicóis estão em relevância no tratamento e prevenção as doenças causados por microrganismos, assim favorecendo benefícios para o índice de crescimento em especial na aquicultura e bovinocultura (SANTOS, 2011).

Uma inúmera classe de antibióticos tem sido usada na medicina veterinária para o trato de infecções de influência econômica, beneficiando altas possibilidades à produção animal. Antibióticos são fármacos que destroem ou impedem o desenvolvimento de microrganismos. São considerados eficazes e mais importante para o tratamento de infecções, segundo Guimarães (2010) “Podem ser classificados como bactericidas, quando causam a morte da bactéria, ou bacteriostáticos, quando promovem a inibição do crescimento microbiano”.

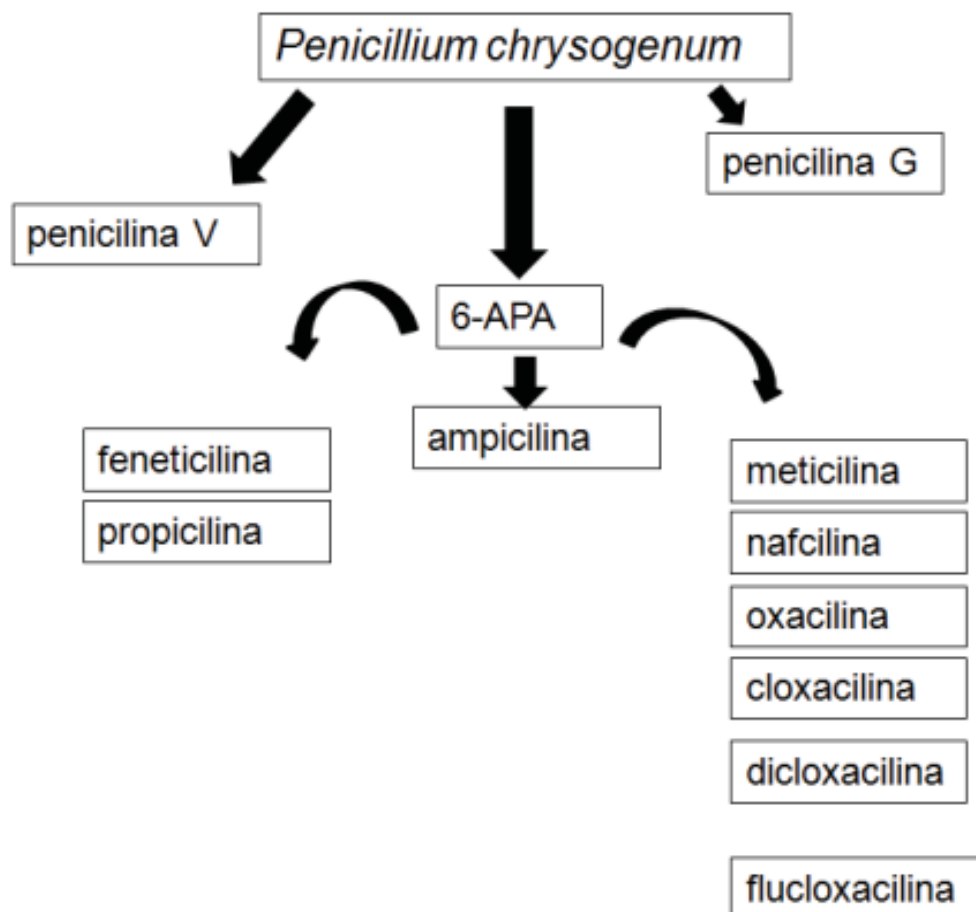
Dentre os antimicrobianos, a penicilina, demonstrada na figura 1, pertence ao grupo dos β -lactâmicos e são um importante grupo que tem sido usado efetivamente no combate às infecções de bactérias Gram Positivo e Gram Negativo. As penicilinas se dividem em dois macros grupos: as penicilinas naturais e as penicilinas semi sintéticas. A ação das penicilinas naturais acontece por inibição da β -lactamase. A este grupo faz parte penicilina G (penicilina cristalina, procaína e benzatina) e a penicilina V. enquanto o grupo das semi sintéticas pertencem às amoxilina, ampicilinas, nafcilina, cloxacilina, flucloxacilina, propicilina, oxacilina por possuírem um amplo espectro de ação e estruturalmente apresentam um composto na cadeia lateral conhecido como núcleo penicilânico (ANDRADE, 2018).

Figura 1: Fórmula estrutural geral da penicilina.



Fonte: Autor

Figura 2: Esquema do grupo das penicilinas naturais e semi sintéticas.



Fonte: FIORENTINO, 2012

A presença do antimicrobiano no leite assume uma preocupação devido à alta taxa de consumo, destacada pelo grupo de risco da sociedade, crianças e idosos, pois propiciam a estes o crescimento de microrganismos resistentes no organismo humano (JUNIOR,2018). Por serem os mais utilizados no tratamento com gado leiteiro a penicilina é o fármaco encontrado com mais frequência na identificação de resíduos. Esse medicamento resiste a pasteurização e não se torna inativo quando expostos a altas temperaturas. Um dos problemas à indústria se encontra na inibição de culturas lácteas, indispensável para a produção de alimentos, derivados do leite, que passam pelo processo de fermentação decorrendo a má qualidade do produto (SILVIA; RIBEIRO 2012; LOBATO, 2019).

Quanto aos problemas da a saúde pública Souza cita que 5% a 10% da sociedade brasileira apresenta uma sensibilidade alérgica a 1 parte por milhão da penicilina, e que podem evoluir para asma brônquica, urticárias, dermatites ou rinites além do desenvolvimento de cepas resistentes que acontece a longo prazo, com o oferecimento de subdoses de antimicrobianos a microbiota intestinal. A penicilina pode ter um efeito toxico nas situações eventuais, em mulheres gravidas as alterações teratogênicas podem vir a acontecer (LOBATO,2019; SOUZA, 2013; JUNIOR, 2018).

As organizações internacionais responsáveis pela saúde pública determinam as diretrizes para o Limite Máximo de Resíduo (LMR) dos antibióticos, por isso é considerada o principal parâmetro para validação dos testes de detecção de resíduos de drogas em alimentos. No Brasil o monitoramento de resíduos de medicamentos veterinários em produtos de origem animal é regulamentado pelo programa Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC), coordenado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e pelo Programa de Análise de Resíduos de Medicamentos Veterinários em Alimentos (PAMVet), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que fazem o controle no estabelecimento dos limites máximos resíduos oriundos de medicamentos veterinários ou agrotóxicos, contaminantes ou aditivos (PACHECO et al, 2014).

O LMR, por definição legal é a quantidade máxima de miligramas presente em 1kg de alimento, representado por parte por milhão (ppm) ou parte por bilhão (ppb), é um limite que se utiliza para garantir a segurança dos consumidores (JUNIOR, 2018). Além disso, os valores estão relacionados com a taxa de Ingestão Diária Aceitável (IDA) bem como, mostram o reflexo das práticas veterinárias adotadas (JUNIOR, 2018).

Tabela 1: Limite máximo de resíduos para os antimicrobianos β -lactâmicos pertencentes ao grupo penicilinas na matriz leite – PNCR 2017.

Grupo de antimicrobianos	Substância farmacologicamente ativa	LMR ($\mu\text{g/L}$)
B-lactâmicos Penicilinas	Benzilpenicilina/penicilina G	4
	Ampicilina	4
	Amoxiciclina	4
	Cloxacilina	30
	Oxacilina	30
	Dicloxacilina	30

Fonte: Autor

A cromatografia líquida é um método de separação de misturas que acontece pela consequência da distribuição dos componentes da amostra entre uma fase móvel (FM) líquida e uma fase estacionária (FE) líquida ou sólida dentro de uma coluna. A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) se destaca pela versatilidade, análise em menor tempo e com alta resolução além de apresentar sensibilidade, porém apresenta alto custo na instrumentação bem como nos solventes utilizados (FIORENTINO, 2012).

Este método se define pelo mecanismo de separação entre o soluto e a fase estacionária e por isso pode acontecer por partição ou cromatografia líquido – líquido e se caracteriza pela FM ser uma mistura de solventes orgânicos e a FE ser partículas de sílica. Adsorção ou cromatografia sólido – líquido, neste método a fase móvel e fase estacionária não apresentam distinção quanto a polaridade. Troca iônica ou cromatografia de íons, cromatografia por exclusão quando a separação acontece de acordo com o tamanho de partículas no soluto ou cromatografia afinidade, interação eletrostática ou iônica dos analitos, usada para substratos, enzimas, amostras biológicas, entre outros. (SILVA, 2019).

A metodologia analítica consiste em etapas como a extração, limpeza, identificação, quantificação e confirmação. O leite apresenta em sua matriz um elevado teor de proteína e lipídio, por isso é necessária uma preparação da amostra com a adição de acetonitrila seguindo de centrifugação e um processo no qual resfria a amostra a baixa temperatura e descongela logo em seguida. Técnica mais empregada para a limpeza do leite se dá pela extração líquido – líquido (ELL) e extração e fase sólida (EFS). Para identificar e quantificar se usa um método cromatográfico com sistema de detecção por absorção ultravioleta (UV), a confirmação dos antimicrobianos da análise acontece com o uso do espectrômetro de massas acoplada ao HPLC uma técnica altamente seletiva, precisa e específica (SILVEIRA, 2016).

O uso das técnicas cromatográficas, facilitou as análises para detecção de contaminantes em baixas concentrações pois a sensibilidade dos equipamentos permite a injeção de quantidades mínimas da amostra, além de poder fazer a análise de compostos orgânicos e inorgânicos no estado líquido ou gasoso. Na maioria da literatura disponível sobre os β -lactâmicos, se encontra uma comparação do tempo de detenção do composto com o tempo fornecido pelo seu padrão, para análises quantitativas residuais de antimicrobianos utilizando métodos cromatográficos, se encontra também colunas no modo reverso de eluição, utilização de solução tampão com diferentes valores de pH. O

autor ainda cita a cromatografia líquida de alta eficiência acoplada ao espectrômetro de massas como um mais método analítico sofisticado (CUNHA, 2009; JUNIOR, 2018; MOURA, 2011).

Em função do seu uso extensivo, estes compostos têm se distribuídos no meio ambiente, oriundos dos efluente domésticos e resíduos da produção bovina. Por esta razão, considerando a importância em saúde pública e para a indústria, o objetivo do trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico de verificação de resíduos de antibióticos especificamente de penicilinas no leite in natura bem como os malefícios deixados à saúde humana e as fazendas leiteiras pela presença desses antimicrobianos.

2. METODOLOGIA

Foi realizado a construção de uma contextualização para o problema e análise das possibilidades presentes na literatura consultada para a concepção do referencial teórico da pesquisa acerca da identificação quantitativa de resíduos de penicilinas em leite. Sendo assim o material coletado para o levantamento bibliográfico, foi organizado por procedência, ou seja, fontes científicas divididas em quinze artigos, cinco monografias, seis dissertações e seis teses de doutorado e, a partir de suas análises permitiu a elaboração de ideias que favoreceram a contextualização, permitindo estabelecer uma relação com as produções anteriores e por isso é classificado como um estudo de revisão bibliográfica do tipo integrativa.

Quanto ao tipo de publicação, optou-se por materiais disponíveis no período de 2004 a 2021. A análise do acervo ocorreu em dois movimentos analíticos. Inicialmente realizou-se uma descrição do conjunto dos artigos, caracterizando-os quanto ano de publicação, país, tipo de estudo, antimicrobiano em foco, matriz e método analítico.

Em seguida, empreendeu-se uma análise de conteúdo temática percorrendo as seguintes etapas: leitura exaustiva do conjunto dos artigos, identificação de núcleos de sentidos nos diferentes textos e agrupamento de núcleos em temáticas que sintetizasse a produção.

A pesquisa foi realizada em janeiro de 2021 e como critério e inclusão foram utilizadas publicações envolvendo a identificação de resíduos β -lactâmicos em alimentos de origem animal, cuja os descritores utilizados foram leite, penicilinas e cromatografia líquida de alta eficiência. As plataformas de acesso aos materiais foram o google

acadêmico, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Scientific Electronic Library Online (SciELO). A normatização técnica, se deu com a formatação obedecendo os padrões técnicos estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3. RESULTADOS

No Brasil ainda é carente a disponibilidade de trabalho que dispõe da identificação das penicilinas em leite bovino utilizando técnicas cromatográficas, como o método analítico, CLAE. Porém este trabalho trouxe um levantamento de dados disponíveis nos anos entre 2004 – 2021 que contribuem para o fornecimento de uma visão geral da atual situação quanto aos resíduos de antimicrobianos em leite bem como a eficácia do controle de qualidade das indústrias.

Cabral (2015), realizou pesquisa de resíduos de penicilina G e penicilina V pelo método CLAE-MS com coluna reversa 250mm x 4,6mm x 3,5mm em oito amostras de leite bovino. As amostras que foram utilizadas no desenvolvimento do trabalho, foram analisadas na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, no Instituto de Química em Laboratórios da Central Analítica. Como resultado obteve em 12% a não conformidade com o limite de tolerância da penicilina G, uma quantidade muito acima do que é permitido no leite pelas legislações. Nessa pesquisa o autor declarou que obteve resultados apropriados além de evidenciar que o método de análise está apto para a identificação de resíduos destes antimicrobianos.

Em estudo realizado por Brito & Junqueira (2004), analisaram o leite in natura oriundo da fazenda modelo do ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Nos resultados descritos por eles, o método CLAE foi otimizado e mostrou resultados satisfatórios na seleção para a ampicilina, penicilina G e penicilina V resultante da separação dos analitos. O limite de detecção encontrado na análise foi de 3µg/L para penicilina e 4µg/L para a ampicilina no leite e, portanto, está de acordo com a LMRs permitido pela legislação.

Cunha (2009), usou um leite oriundos de vários estados, fornecido pela fazenda do laboratório de referência animal do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Pedro Leopoldo-MG, que foram identificados e armazenados a -18°C em um freezer. O método escolhido pelo autor se desenvolveu por precipitação total das proteínas, purificação com o solvente acetonitrila e a extração líquido- líquido antes de

ser injetado no cromatógrafo de alta eficiência com detector de massas. Como resultado, Cunha, obteve como LDM, 1,5µg/L para oxalina, cloxacilina, penicilina V, cefapirina, 400µg/L para penicilina G e 10µg/L para amoxicilina e ampicilina. Durante a análise foi possível identificar o estado de origem da amostra, sendo possível concluir sobre a efetividade nos processos quanto as boas condutas veterinárias. O autor finaliza o seu trabalho concluindo que o método analítico desenvolvido é satisfatório para confirmação e quantificação de analitos como os β-lactâmicos.

Moura (2011), utilizou como técnica a microextração com gota suspensa (SDME), que se desenvolve com uma microgota de um solvente orgânico em água, suspensa na agulha do dispositivo, sendo imersa na solução contendo amostra. Após a extração do analito. O dispositivo é retraído e a fase orgânica submetida ao cromatógrafo. Em seu trabalho, o método analítico escolhido estava de acordo com o guia proposto pela ANVISA e pelo MAPA, revelando eficiência na quantificação da ampicilina com o limite de 1,8ng/ml.

4. CONCLUSÃO

O leite bovino é um alimento com alto teor nutritivo e amplamente consumido pela população brasileira, principalmente pelas crianças e idosos por ser uma importante fonte de cálcio. Portanto a identificação de antimicrobianos no leite desempenha um fator importante na exposição da população e do ambiente a esses medicamentos. Uma vez que a contaminação de alimentos como o leite gera risco a saúde humana nota-se que é indispensável o monitoramento e legislações que possam garantir o controle de qualidade do leite comercializado. Esta revisão confirma a falta de monitoramento e controle dos resíduos veterinários, evidenciando a necessidade de trabalhos que tenham como objetivo compreender a contaminação por fármacos veterinários do leite produzido. O método se mostrou adequado em todos os resultados obtidos na análise de resíduos de medicamentos veterinários em leite cru, pois foi possível quantificar a penicilina e relacionar com as concentrações ditadas pelo LMR.

Um fator que chama a atenção para a temática é a limitação de pesquisas quanto a validação de métodos analíticos por cromatografia líquida de alta eficiência, uma vez que a matriz é um produto exportado a nível mundial e consumido por todas as faixas

etárias. Alguns autores relatam a dificuldade no uso do CLAE no processo de extração, devido a presença de macromoléculas de proteínas e lipídios, afirmando que para 100g de leite, no mínimo 3g deverão ser lipídios e outros 2,9g no mínimo deverão ser proteínas, o que dificulta a validação de técnicas cromatográficas. Diante disso, métodos biológicos são utilizados com mais frequência, principalmente pela simplicidade na execução, rapidez no tempo de análise e ter de forma geral baixo custo. Porém, a eficiência na separação e identificação de analitos em matrizes complexas, além da sensibilidade e versatilidade ganha destaque com os métodos cromatográficos e se torna imprescindível para o monitoramento de resíduos em produtos de origem animal, como o leite.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Felipe Mendonça. **Resistência antimicrobiana de *Staphylococcus spp.* em mastite bovina: revisão de literatura.** 2018. Trabalho de conclusão de curso (Medicina Veterinária) - Centro Universitário de Formiga - UNIFOR Centro Universitário de Formiga – UNIFOR Acesso: 01/02/2022

CABRAL, Alessandra Miranda. **Desenvolvimento de métodos para quantificação de Benzilpenicilina em medicamentos veterinários e seus resíduos em leite bovino e caprino por UFLC-DAD.** 2015. 237f. Tese (Doutorado em Química) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/20855> acesso: 20/05/2022

CARVALHO, Rafael Nascimento Garcez et al. Detecção de resíduos de antibióticos em leite cru em fazendas de Aquidabã–Sergipe. **PUBVET**, v. 14, p. 138, 2020. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/artigo/6887/deteccedilatildeo-de-resiacuteduos-de-antibioacuteticos-em-leite-cru-em-fazendas-de-aquidabatilde-ndash-sergipe>. Acesso em: 11 fev. 2021

DA CUNHA, M.R.R. **Análise de multirresíduos de antibióticos anfenicóis e β -lactâmicos em leite por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada ao detector de massas.** 2009. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Campinas, SP. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/254284> acesso: 30/05/2021

DA SILVA, Thaís Michelle Liziere et al. Desenvolvimento e validação de metodologia por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) para pesquisa de enrofloxacina e ciprofloxacina em dejetos de poedeiras. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/31554> acesso: 25/05/2021

FIORENTINO, Flávia Angélica Másquio. **Análise químico-farmacêutica e estudo de estabilidade e de dissolução de cápsulas de flucloxacilina sódica.** 2012. 272 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/106687> acesso: 20/05/2021

GUIMARAES, Denise Oliveira; MOMESSO, Luciano da Silva; PUPO, Mônica Tallarico. Antibióticos: importância terapêutica e perspectivas para a descoberta e

desenvolvimento de novos agentes. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 667-679, 2010. disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000300035&lng=en&nrm=iso>. Acesso 25 Mar. 2021.

JÚNIOR, N.L. **Resíduos de antimicrobianos no leite e sua importância para a saúde pública**. Trabalho de Conclusão de Curso medicina veterinária). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Brasil, 2018. Disponível em: https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/1679/1/tcc_nitalmoleitejunior.pdf acesso: 09/05/2021

LOBATO, Cláudio Luiz Damé Sayão; DE LOS SANTOS, João Rodrigo Gil. RESÍDUOS DE ANTIBIÓTICOS NO LEITE: CAUSAS E IMPACTOS PARA A INDÚSTRIA E SAÚDE PÚBLICA. **Science And Animal Health**, v. 7, n. 3, p. 232-250, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/veterinaria/article/view/17501/11906> acesso: 09/05/2021

MOURA, Franciane. **Quantificação de resíduos de amoxicilina e ampicilina por injeção direta de amostras de leite de bovino**. 2011. Dissertação (mestrado em química). Universidade Federal de São Carlos – SP. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/6543> acesso: 20/05/2021

PACHECO, Érica silvia; SOUZA, Jurandir Rodrigues de; CALDAS, Eloisa Dutra. Resíduos de medicamentos veterinários em leite e ovos. **Química nova**, v. 37, p. 111-122, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/C4KBF9kRWBFLpQtdvsFJGgc/?lang=pt> acesso em: 20/06/2022

SILVEIRA, Ana Virginia Marinho. Pesquisa de Multirresíduos de Antimicrobianos em Leite Produzidos no estado de Pernambuco, Brasil, 2016. Tese (Doutorado em Química). Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-203315> acesso em: 16/06/2022

SIQUEIRA, Kennya Beatriz. O mercado consumidor de leite e derivados. **Circular Técnica Embrapa**, v. 120, 17 p. 2019. *E-book*. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199791/1/CT-120-MercadoConsumidorKennya.pdf> acesso: 12/02/2021

SOUZA, Elson Elias. **Resíduos de antimicrobianos no leite: revisão de literatura**. Trabalho de conclusão de curso (medicina veterinária). Centro universitário de formiga – MG. 2013. Disponível em: <https://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/xmlui/bitstream/handle/123456789/166/Elson-Elias-Vet.pdf?sequence=1&isAllowed=y> acesso: 02/05/2021

Capítulo 4 - DOI:10.55232/10830014.4

**A ADOÇÃO DE SOLUÇÕES COMPUTACIONAIS NO
PROCESSO DE MANUFATURA ADITIVA DE METAIS.**

**Daysianne Kessy Mendes Isidorio, Matheus Emerick de Magalhães,
Antonio Augusto Martins Pereira Junior, Arquimedes Lopes Nunes Filho**

RESUMO: A manufatura aditiva metálica (MAM) é uma técnica de fabricação camada por camada de uma peça a partir de um modelo CAD. Os processos de MAM são bastante complexos por serem multifísicos. O uso de modelagens e simulações computacionais mostram-se como ferramentas interessantes para entendimento do processo. Em MAM são utilizados softwares computacionais baseados em modelos matemáticos para simulações térmicas, mecânicas e metalúrgicas. No presente trabalho, descrevemos os métodos e soluções computacionais mais utilizadas em MAM.

Palavras-chave: manufatura aditiva; simulação; phase-field; CALPHAD; método dos elementos finitos.

1. INTRODUÇÃO

A impressão 3D de peças metálicas, denominada manufatura aditiva, (do inglês Additive Manufacturing - AM), é uma técnica escalável de fabricação de componentes que utiliza uma fonte de calor para fundir o material metálico, que a partir de um modelo CAD, a impressão camada por camada do objeto é realizada.

Essa tecnologia apresenta várias vantagens quando comparada a métodos convencionais de fabricação de peças metálicas, como fundição e forjamento, tais benefícios são baixo desperdício de matéria prima, alta flexibilidade do equipamento e curto ciclo de produção.

Apesar de tais benefícios, fabricação de peças por AM é complexa e envolve diferentes ciclos térmicos, tensões residuais e cinéticas microestruturais, tornando uma necessidade o domínio de conhecimento físico, mecânico e metalúrgico avançado do processo.

A fim, de estudar, simular e otimizar os processos de AM, vários programas computacionais tem sido desenvolvidos com base em banco de dados termomecânicos e metalúrgicos e modelagens matemáticas.

O presente trabalho irá apresentar brevemente definições e classificações dos processos de AM, além de exemplificar os principais métodos e softwares utilizados para estudos termodinâmicos, microestruturais e mecânicos dos processos de AM.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

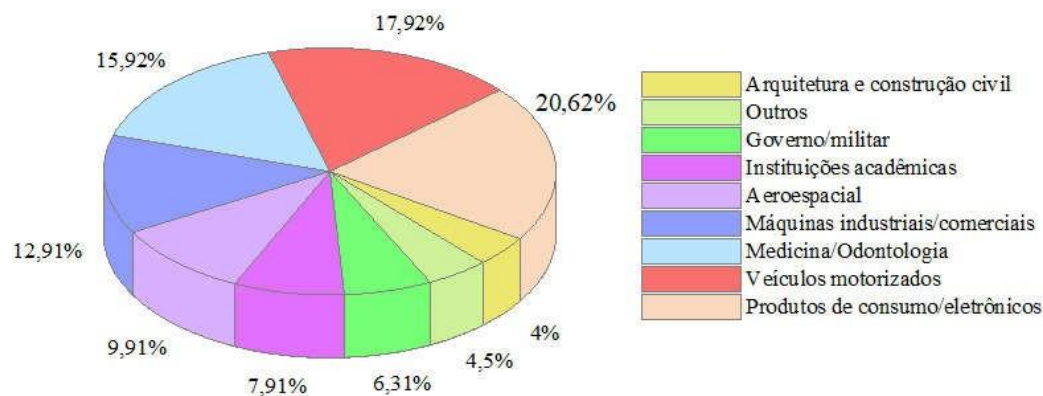
2.1 Manufatura Aditiva

A AM é definida segundo a ASTM como um processo de união de materiais para fazer objetos a partir de dados de modelos 3D, geralmente camada sobre camada, em oposição às metodologias de fabricação subtrativas (FRAZIER, 2014).

A manufatura aditiva permite a criação de peças e produtos com características complexas, que não poderiam ser facilmente produzidos por meio de processos de fabricação subtrativos ou outros processos tradicionais (DIEGE, 2014). Isso fez com que

nos últimos 30 anos, o uso de AM crescesse bastante em diversos setores industriais. A Figura 1 apresenta um gráfico das áreas que utilizam AM (XIN *et al.*, 2021).

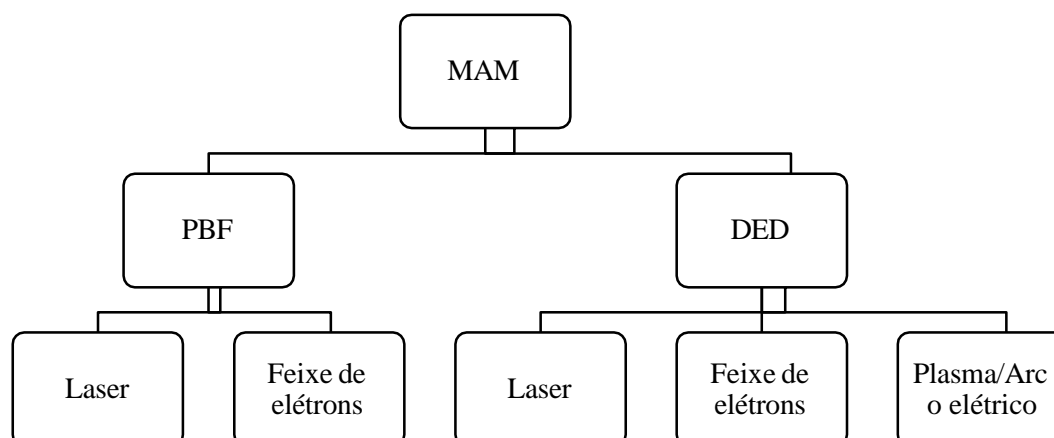
Figura 1 – Áreas que utilizam AM (adaptada de DIEGE (2014)).



Inicialmente a AM foi mais utilizada com materiais poliméricos, mas com o aperfeiçoamento da técnica para a produção de peças metálicas despertou grande interesse nos últimos anos (ÇAM, 2022). Os principais processos de manufatura aditiva de metais (do inglês Metal Additive Manufacturing – MAM) são fusão em leito de pó (do inglês Powder Bed Fusion -PBF) e deposição de energia direcionada (do inglês Directed Energy Deposition - DED) (SVETLIZKY *et al.*, 2021).

No processo de PBF, a criação da peça utiliza um laser ou um feixe de elétrons para fundir um leito de pó metálico segundo um modelo CAD que será construído camada sobre camada (SELEMA; IBRAHIM; SERGEANT, 2022). Enquanto no processo DED, a matéria-prima na forma de pó ou arame e a fonte de energia para fusão (laser, feixe de elétrons ou plasma/arco elétrico) são focados simultaneamente em direção a um substrato, formando uma pequena poça de fusão e depositando material continuamente, camada por camada, segundo um modelo de CAD (SVETLIZKY *et al.*, 2021). A Figura 2 apresenta de um diagrama esquemático dos processos principais de MAM e suas subdivisões.

Figura 2 – Diagrama esquemático dos processos principais de MAM e suas subdivisões.



Para ter um bom controle da tecnologia de MAM é preciso conhecer profundamente sobre fenômenos térmicos, metalúrgicos e mecânicos que estão acontecendo simultaneamente durante a fabricação da peça. Dessa forma, a fim de reduzir custos operacionais, otimizar as propriedades dos materiais utilizados e ter controle operacional muitos softwares computacionais são utilizados para modelagem e simulação de peças fabricadas por WAAM (PARK *et al.*, 2018). Na seção a seguir, citaremos os softwares computacionais mais utilizados em MAM, suas funcionalidades e algumas pesquisas que os utilizaram.

2.2 Soluções Computacionais Utilizadas em MAM

Reduzir o número de experimentos leva a diminuição de custos para projetar e otimizar materiais, assim o uso de modelagens e simulações computacionais mostram-se como ferramentas interessantes para entendimento do processo, materiais e tratamentos térmicos que resultam nas propriedades finais do produto acabado.

Com o avanço da computação e da capacidade de processamento, o uso de soluções numéricas como simulações que utilizam o Método de Elementos Finitos (MEF) têm sido bastante utilizadas para investigações na Indústria 4.0, especificamente nos processos de MAM. Em MAM são utilizados softwares computacionais baseados em modelos matemáticos para simulações térmicas, mecânicas e metalúrgicas: para análises

térmicas e mecânicas o MEF tem sido o mais utilizado, enquanto para análises metalúrgicas tem-se o método CALPHAD e phase-field.

O método dos elementos finitos (MEF) é um método numérico aproximado para análise de diversos fenômenos físicos que ocorrem em meios contínuos e que são descritos por meio de equações diferenciais parciais, com determinadas condições de contorno que são resolvidas por meio de equações matriciais (MELCONIAN, 2014). Kurian, Arivazhagan e Senthikumar (2014) a partir do uso de MEF determinaram a distribuição de temperatura no processo de fusão à laser de pó de aço 316L. Como o processo de WAM envolve um grande ciclo térmico há então a geração de muitas tensões residuais, BARLETT *et al.* (2018) estudaram a variação sistemática de tensões residuais de uma peça de aço inoxidável fabricada por fusão seletiva à laser.

O modelamento matemático da estabilidade de fases e das transformações de fase em materiais de engenharia é uma importante ferramenta para o desenvolvimento ou otimização do seu processamento (GARZÓN; TSCHIPTSCHIN, 2006). Kaufman e Bernstein foram os primeiros a desenvolver um modelamento termodinâmico, fundando o grupo CALPHAD (Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry).

O objetivo do grupo CALPHAD é desenvolver programas computacionais usando a termodinâmica computacional para: (i) representar as propriedades termodinâmicas de sistemas multicomponentes; (ii) avaliar e validar dados experimentais (e teóricos) para incorporá-los às bases de dados auto-consistentes, (iii) modelar processos tecnológicos (THERMO-CALC, 2022). Os principais softwares comerciais baseados no método CALPHAD utilizados em MAM estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais softwares comerciais baseados no método CALPHAD utilizados em MAM (adaptada de GARZÓN; TSCHIPTSCHIN, 2006).

Software	Funcionalidades	Alguns trabalhos que utilizaram o software
ThermoCalc®	Cálculo de diagramas de fase e cálculo do equilíbrio termodinâmico.	SRIDHARAM <i>et al.</i> (2019) SCAGLIONE <i>et al.</i> (2022)

	Tem 22 bases de dados e 30 modelos de solução diferentes.	WANG <i>et al.</i> (2021)
JmatPro®	Calcula equilíbrio de fases, cinética de solidificação, transformações de fases, propriedades mecânicas e físicas.	GRAF <i>et al.</i> (2018) QI <i>et al.</i> (2021) OLOVSJO <i>et al.</i> (2012)
DICTRA®	Acrônimo do inglês para Diffusion Controlled Transformations. Usado para simulação de reações cinéticas de transformações difusionais.	KELLER <i>et al.</i> (2017) SRIDHARAM N. <i>et al.</i> (2019) GALICKI <i>et al.</i> (2019)
FactSage®	É uma fusão do FACT e ChemSage. É usado para cálculo do equilíbrio termodinâmico. Tem 11 modelos de solução diferentes, 4400 compostos e 3400 substâncias puras (SGTE).	ROSHAN <i>et al.</i> (2019) YANG <i>et al.</i> (2021) YALCIN; DERIN; AYDOGAN, (2022)

Outro método bastante utilizado para simulações computacionais em WAAM é método de phase-field. O método de phase-field é utilizado para modelagem de transformação de fase e evolução microestrutural em sólidos (ZHU *et al.*, 2002). Esse método envolve reações eletroquímicas, deformações mecânicas e mecânica da fratura, além disso evolução de domínios ferro-elétrico e magnético (CHOUDHURY, 2017).

Um dos softwares utilizados em WAAM baseados no método de phase-field é o MICRESS®. O MICRESS® é um software que permite o tratamento de problemas multifásicos, multigrãos e multicomponentes nas áreas de solidificação, crescimento de grãos, recristalização e transformações de fase de estado sólido (MICRESS, 2022). Kumara *et al.* (2019), utilizando o software MICRESS®, investigaram a formação da microestrutura (crescimento dendrítico, segregação de elementos e formação de fase) no processo DED à pó de metal a laser da liga de níquel (718) (KUMARA *et al.*, 2019). YANG *et al.* (2021) estudaram o efeito da superfície oxidada na fusão e solidificação de

pós de aço inoxidáveis 316L utilizado em AM (YANG *et al.*, 2014). Pelo uso do MICRESS®, OKUGAWA *et al.* (2022), ao estudar o refino de grão da liga hipoeutética alumínio-silício, viram que partículas cristalinas de Si permanecem próximas à linha de fusão mesmo após o rápido processo de refusão, servindo como sítios de nucleação heterogêneos no processo de resolidificação (OKUGAWA *et al.* 2022).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Torna-se evidente que o advento da AM proporcionou ao mercado de diversos segmentos industriais uma revolução nas áreas de estudo envolvendo metalurgia, computação e automação. Além de que a concentração de pesquisas e investimentos na área AM com metais possibilitou o desenvolvimento de peças que antes não eram possíveis pelos métodos de fabricação tradicionais. Esse e outros fatores colaboraram para o avanço na criação de softwares para modelagem de parâmetros e etapas do processo de MAM, como o ThermoCalc, o JmatPro, o DICTRA e o FactSage. Também impulsionou a criação do MICRESST baseado no método phase-field, tendo como objetivo sanar problemas relacionados à parâmetros microestruturais e de composição. Desse modo, ver-se a interdependência de diversas áreas para o avanço de MAM.

REFERÊNCIAS

BARLET *et al.* Revealing mechanisms of residual stress development in additive manufacturing via digital image correlation. *Additive Manufacturing*, v. 22, p.1-12, 2018.

ÇAM, G. Prospects of producing aluminum parts by wire arc additive manufacturing (WAAM). *Materials Today: Proceedings*, v. 62, p.77-85, 2022.

CHOUDHURY, A. Phase-Field Modeling as a Method Relevant for Modeling Phase Transformation During Interdiffusion. In *Handbook of Solid State Diffusion*. Elsevier, 2017. v.1, p. 363-389.

DIEGE, O. Advances in Additive Manufacturing and Tooling. In *Comprehensive Materials Processing*. Elsevier; 2014. p.3-18.

FRAZIER, W. E. Metal Additive Manufacturing: A Review. *Journal of Materials Engineering and Performance*, v. 23, p. 1917–1928, 2014.

GALICKI, D. et al. Localized Changes of Stainless Steel Powder Characteristics During Selective Laser Melting Additive Manufacturing. *Metallurgical and Materials Transactions A*, v. 50, p. 1582-1605, 2019.

GARZÓN, C. M.; TSCHIPTSCHIN, A. P. Modelamento termodinâmico e cinético por meio do método Calphad do processamento térmico e termoquímico de aços. *Matéria*, v. 11, 2006.

GRAF et al. Thermo-Mechanical Modelling of Wire-Arc Additive Manufacturing (WAAM) of Semi-Finished Products. *Metals*, v.12, p. 1009-1019, 2018.

KELLER, T. et al. Application of finite element, phase-field, and CALPHAD-based methods to additive manufacturing of Ni-based superalloys. *Acta Materialia*, v. 139, p. 244-253, 2017.

KUMARA, C. et al. Microstructure modelling of laser metal powder directed energy deposition of alloy 718. *Additive Manufacturing*, v. 25, p. 357-364, 2019.

MELCONIAN, M. V. Modelagem numérica e computacional com similitude e elementos finitos. São Paulo: Editora Edgard Blücher, p. 25-64, 2014.

MICRESS. The Microstructure Evolution Simulation Software. 2022. Disponível em: <https://micress.rwth-aachen.de/index_extra.html#micress-info>. Acessado em: 17 de ago. 2022.

OKUGAWA, M. et al. Equiaxed grain formation by intrinsic heterogeneous nucleation via rapid heating and cooling in additive manufacturing of aluminum-silicon hypoeutectic alloy. *Journal of Alloys and Compounds*, v. 919, p. 165812-165818, 2022.

OLOVSJO et al. Methodology for evaluating effects of material characteristics on machinability—theory and statistics-based modelling applied on Alloy 718. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. v. 59, p. 55–66, 2012.

PARK, S. et al. Performance evaluation of open-source structural Analysis Solver, Calculix and Code-Aster, for linear static and contact problems. *ICIC Express Letters*, v. 12, 2018.

QI et al. High strength Al–Li alloy development for laser powder bed fusion. *Additive Manufacturing*, v.47, p. 102249-102262, 2021.

ROSHAN, S. et al. Investigation of the interface between SLM processed nickel alloy on a cast iron substrate. *Progress in Additive Manufacturing*, v. 4, p. 131 – 1421, 2019.

SCAGLIONE, F. et al. Solidification Calculations of Precious Alloys and Al-Base Alloys for Additive Manufacturing. *Metals*, v.12, p. 322- 335, 2022.

SELEMA, A.; IBRAHIM, M. N.; SERGEANT, P. Metal Additive Manufacturing for Electrical Machines: Technology Review and Latest Advancements. *Energies*, v.15, p.1076-1086, 2022.

SRIDHARAM, N. et al. On the potential mechanisms of β to $\alpha' + \beta$ decomposition in two phase titanium alloys during additive manufacturing: a combined transmission Kikuchi diffraction and 3D atom probe study. *Metals & Corrosion*, v. 55, p. 1715-1726, 2020.

SVETLIZKY, D. et al. Directed energy deposition (DED) additive manufacturing: Physical characteristics, defects, challenges and applications. *Materials Today*, v. 49, p. 271-295, 2021.

THERMO-CALC. Why Choose Thermo-Calc?2022. Disponível em: <<https://thermocalc.com/about-us/why-choose-thermo-calc/>>. Acessado em: 17 de ago. 2022.

WANG, Z. et al. Microstructure evolution and mechanical properties of the Wire + Arc Additive Manufacturing Al-Cu alloy. *Additive Manufacturing*, v. 47, p. 102298-102301 2021.

XIN, H. *et al.* Experiments and numerical simulation of wire and arc additive manufactured steel materials. *Structure*, v. 24, p. 1393-1402, 2021.

YALCIN, M. Y.; DERIN, B.; AYDOGAN, E. Development and additive manufacturing of oxide dispersion strengthened inconel 718: Thermochemical and experimental studies. *Journal of Alloys and Compounds*, v. 914, p. 165193-165207, 2022.

YANG, X. et al. Effect of Surface Oxides on the Melting and Solidification of 316L Stainless Steel Powder for Additive Manufacturing. *Metallurgical and Materials Transactions A*, v. 52, p. 4518–4532, 2021.

YANG, X. et al. Oxide Evolution During the Solidification of 316L Stainless Steel from Additive Manufacturing Powders with Different Oxygen Contents. *Metallurgical and Materials Transactions*, v.52, p. 2253–2262, 2021.

ZHU, J. et al. Linking phase-field model to CALPHAD: application to precipitate shape evolution in Ni-base alloys. *Scripta Materialia*, v. 46, p. 401–406, 2002.

COMPORTAMENTO MECÂNICO DE ARGAMASSA COM RESÍDUOS DE BORRACHA DE PNEUS INSERVÍVEIS

Bruno Mozan Santos Vale, Ellen Kellen Bellucio

RESUMO: Esta pesquisa visa analisar o comportamento mecânico de uma argamassa modificada por meio do ensaio de compressão axial, tração por compressão diametral. A argamassa foi modificada com adição de fibras de borracha de pneus inservíveis. As fibras têm como objetivo reduzir o módulo de elasticidade do compósito cimentício, tornando-o mais suscetível à deformação, sem reduzir a resistência à compressão de forma drástica, uma vez que sua utilização é estrutural. Além disso, apresenta-se como uma alternativa de destinação a pneus inservíveis, reduzindo o descarte inadequado e gerando valor à sociedade. Como etapa inicial, foi realizada a caracterização dos materiais componentes do compósito e posteriormente estes foram moldados. O parâmetro variado nos corpos-de-prova foi somente a quantidade de borracha nas misturas, sendo feitas substituições em volume de areia na ordem de 17% (R17), 20% (R20) e 23,1% (R23), além da mistura de referência (REF), sem substituição do agregado miúdo. Foi possível constatar que 20% de substituição em volume de agregado miúdo pela fibra de borracha garantiu à mistura a melhor trabalhabilidade em função das particularidades dos materiais usados na argamassa. Por meio dos ensaios mecânicos, foi observado, em relação ao REF uma perda de resistência à compressão de até 24% para R17, 52% para R20 e 55% para R23, ou seja, houve uma perda abrupta, seguida de uma possível estabilização. Já em relação a resistência à tração, em relação ao REF, teve uma queda de 30% para R17, e 36% para R20 e R23, ou seja, apesar da perda abrupta, houve um certo equilíbrio, independentemente da porcentagem de substituição.

Palavras-chave: Pneus inservíveis; Almofada de argamassa; Argamassa modificada.

INTRODUÇÃO

O uso de elementos pré-moldados na construção civil tende a crescer cada vez mais devido a sua capacidade de racionalizar custos associados a produtividade na obra, como o tempo de trabalho e desperdícios de materiais. No entanto, ao abordarmos os elementos pré-moldados, nos deparamos com uma área de estudo, a ligação entre elementos pré-moldados. Essa é uma região que devido a não naturalidade da confluência e as possíveis imperfeições entre as peças, é propensa a falha, sendo considerada um ponto crítico. Tendo isso em vista, uma possibilidade de atenuar esse problema em ligações viga-pilar é o uso de almofadas de apoio entre as peças com o objetivo de distribuir uniformemente as tensões de compressão e proporcionar uma maior liberdade para movimentação estrutural. O Policloropreno é o material mais comumente utilizado para esse intuito, sendo resistente e proporcionando proteção mecânica à movimentação entre as peças. Dessa forma, há alguns anos, há o estudo para o uso, nesta aplicação, de argamassas modificadas, que visa a introdução de diferentes materiais no compósito cimentício em busca de alguma melhora direcionada, sendo no caso desta pesquisa, resíduos de borracha de pneus inservíveis. Com a inserção, se busca algumas características inerentes a borracha que podem ser úteis para essa aplicação, como diminuição da rigidez e consequente aumento na elasticidade da mistura.

Neste capítulo apresenta-se: a) uma abordagem sobre os pneus inservíveis; b) uma breve exposição sobre pré-moldados; c) uma abordagem sucinta sobre ligações entre elementos pré-moldados e almofadas de argamassa; d) relatos da literatura acerca da adição de borracha em concretos e argamassas e e) justificativas para realização desta pesquisa.

Pneu (borracha)

Com um número cada vez maior e crescente de automóveis no mundo, o descarte de pneus usados tem sido um problema significativo nos últimos anos, o que tem implicado em esforços da comunidade científica para fornecer soluções para sua recuperação e reutilização.

Visando o controle e descarte adequado desses pneus, surgiu em meados de 2007, a Reciclanip, que é uma entidade nacional voltada exclusivamente para a coleta e destinação correta de pneus inservíveis. Em 2019, cerca de 471 mil toneladas de pneus inservíveis foram coletadas e destinadas pela Reciclanip. Em 2000 haviam sido 33 mil toneladas, um aumento de 1330%, aproximadamente. No estado do Amazonas, de acordo com dados do IBAMA (2017),

havia 8 pontos de coleta no ano de 2016. A quantidade de pneus destinados corretamente nesse mesmo ano foi de 9.270,45 toneladas, o que representa 1,88% da destinação nacional, cerca de 494 mil toneladas.

O uso de pneus na construção civil é uma das alternativas para uma nova finalidade desses materiais em suposto fim de ciclo. Como exemplos nesse sentido, tem-se o uso em fornos de fábrica de cimento, na contenção de encostas e na canalização de córregos, e na drenagem de gases em aterros sanitários (FROTA *et al.*, 2008). Outra aplicação relativamente recente, é o uso de partículas de borracha como agregado em compósitos à base de cimento, como argamassa e concreto. Um concreto sustentável permite que, materiais que causam impactos negativos no ambiente quando descartados de forma incorreta, sejam reinseridos no ciclo produtivo. Além disso, a obtenção de agregados em jazidas está cada vez mais difícil em relação aos grandes centros de consumo, e a atividade de exploração causa impacto negativo ao ambiente.

Elementos de concreto pré-moldado

A NBR 9062 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017) define como elemento pré-moldado aquele que é moldado previamente e fora do local de utilização definitiva da estrutura. O pré-fabricado se refere a um elemento pré-moldado executado de forma industrial, em instalações permanentes de empresas destinadas para esse fim, e desde que a mão de obra seja treinada e especializada e o processo de cura seja realizado com temperatura controlada. Quando comparado a outros ramos industriais, a indústria da construção civil é considerada atrasada, o que é evidenciado em um desperdício elevado de materiais, uma baixa produtividade e um controle de qualidade abaixo do ideal. O uso de elementos pré-moldados vem para reduzir os custos associados ao tempo, processos e desperdício da construção civil habitual. O uso de técnicas associadas a elementos pré-moldados de concreto recebe a denominação de Concreto Pré-Moldado (EL DEBS, 2017).

Ligações entre elementos pré-moldados e almofadas de argamassa

As ligações entre elementos pré-moldados são pontos críticos em razão das imperfeições existentes nos elementos pré-fabricados, que podem gerar concentração de tensões, afetando negativamente a vida útil da estrutura. Dessa forma, o êxito de uma estrutura de concreto pré-moldado está diretamente relacionado com a eficiência de suas ligações.

Segundo o CEB¹ (1990 *apud* Ditz, 2015, p. 31), no dimensionamento das ligações, devem ser garantidos alguns princípios, como:

- a) Garantir, pelas articulações, a acomodação de pequenos deslocamentos relativos;
- b) Resistir a carregamentos globais e locais da estrutura;
- c) Apresentar robustez e estabilidade perante as tensões e deformações nas articulações;
- d) Prever tolerâncias dimensionais de fabricação e montagem.

Dessa forma, são usadas almofadas de apoio entre as peças ligadas de modo a distribuir uniformemente as tensões de compressão e proporcionar uma maior liberdade para rotação e deslocamentos, evitando o contato direto entre as peças de concreto. Alguns elementos podem ser usados como almofada de apoio, sendo eles: Chapas chumbadas nas peças de concreto, argamassa moldada *in loco* e as almofadas de elastômeros, sendo o mais comum o Policloropreno que é mais conhecido como Neoprene (DITZ, 2015).

Ditz (2015) destaca que a consideração na escolha do tipo de almofada se dá pelo custo, disponibilidade, facilidade de instalação, intensidade de carregamento, dimensões e resistências mecânicas dos elementos. Miotto (2002) relata que a função do Policloropreno é promover uma distribuição uniforme de tensões de contato entre os elementos pré-moldado, além de permitir deslocamentos e rotações no mesmo.

O desenvolvimento de uma argamassa modificada para ser usada como almofada de apoio vem sendo abordado em pesquisas desde o final da década de 90, com concentração na Escola de Engenharia de São Carlos com o objetivo de encontrar um material mais resistente e durável e que possua um custo menor.

Trabalhos realizados adicionando borracha em compósitos de cimento

O principal ponto levantado em unanimidade na literatura, é que, quanto maior for a quantidade de borracha no compósito cimentício, menor a sua resistência à compressão. De acordo com Xue e Shinozuka (2013), isso se deve principalmente ao fato da baixa ligação entre a borracha moída e o cimento. Boukour e Benmalek (2016) indicam que a borracha é um

¹COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. **CEB-PIP Model Code 90**. London: Thomas Telford, 1993.

material tipicamente elástico e o cimento um material tipicamente frágil, dessa forma, quando há a mistura, é apresentada uma incompatibilidade, acarretando num decréscimo na resistência e rigidez do compósito. Hsing Chou Chun-Ku Lu, Chang e Tien Lee (2007) nos indicam que quando há materiais hidrofóbicos, como partículas de borracha, a hidratação de cimento é insuficiente e imperfeita em algumas regiões e, portanto, algumas propriedades inerentes ao concreto são reduzidas. De acordo com Bravo e De Brito (2012), apesar das perdas, considera-se algumas vantagens presentes nessa substituição. Propriedades acústicas e térmicas apresentam melhora, além da vantagem ambiental com o uso dessa borracha que possivelmente estaria sendo descartada indevidamente. Além disso, Turatsinze, Bonnet e Granju (2005) relatam que as partículas de borrachas atuam como uma proteção contra fissuras, dando origem a uma argamassa com maior capacidade de deformação antes da ruptura total.

Seguindo esse raciocínio, Xue e Shinozuka (2013), concluíram que o concreto com presença de borracha apresenta maiores índices de amortecimento do que aqueles somente a base de cimento. A taxa média de amortecimento passou de 4,75% de concreto normal para 7,70% dos corpos de concreto emborrachado, representando um aumento de 62%. Isso implica que as colunas de concreto emborrachadas são mais capazes de dissipar energia cinética.

A falta de compatibilidade entre o cimento e a borracha gerou algumas pesquisas no intuito de melhorar essa ligação com tratamentos feitos neste último. Segre e Joekes (2000) fizeram o tratamento inicial com NaOH, e concluíram que pode ser promissor para obter um material adequado para fins de engenharia onde a alta resistência não é necessária, como em calçadas ou em construções rodoviárias. No entanto, Shu e Huang (2014), relatam em sua pesquisa que vários foram os métodos de compatibilização tentados por outros autores, como adição de HNO₃, pasta de cimento como pré-revestimento na borracha, ou lavagem das fibras com água antes da mistura, e nenhum dos tratamentos superficiais mostrou um resultado que prevenisse a perda de resistência apresentada pela argamassa modificada de borracha.

Recentemente, Moreno, Ribeiro e Saron (2020), chegaram à conclusão que é possível incorporar o resíduo de borracha em até 3 a 4% em massa no material, que corresponde a cerca de 4,61 e 6,15% em massa de areia em sua pesquisa, sem afetar qualidade ou até melhorando em alguns casos. Um detalhe é que seu método não foi a substituição da areia, e sim a adição do resíduo de borracha, em relação ao traço referência.

Ainda na tentativa de minimização da perda de propriedades mecânicas associadas às

partículas de borracha, Azevedo et al. (2012) adicionou cinza volante e metacaulim à pasta de cimento em diferentes percentagens. A sua conclusão foi que o efeito sinérgico das adições reduz a perda de força causada pela borracha. Além da perda de força, outro fato constatado por Xue (2013) e outros autores é que o módulo de elasticidade do compósito decai conforme a quantidade de borracha aumenta, reduzindo a rigidez do compósito.

Em se tratando das características mecânicas, várias percentagens de substituição são adotadas pelos autores, sendo ainda essa substituição em massa ou volume. A mais comum entre os autores foi a substituição em volume, geralmente entre 10 e 30%.

Em estudo feito por Turatsinze, Bonnet e Granju (2005) obtiveram redução da resistência à compressão em até 57% e redução do módulo de elasticidade em 40% quando foi feito a substituição em volume de 20% na argamassa em relação a de referência. Ou seja, com substituição de 20% da areia, o módulo de elasticidade decaiu menos em percentagem do que a resistência a compressão do compósito, o que não é o melhor caso para a aplicação em almofadas, onde precisamos de uma resistência ainda relativamente padrão e um módulo de elasticidade reduzido tanto quanto possível.

Lj Jevtić, Zakić e Savić (2012) substituíram o agregado miúdo em percentagem de 10, 20 e 30% de volume de borracha inservível de granulometria menor do que 4 mm. Com 10% de substituição da areia na argamassa, obtiveram uma redução de 14% na resistência a compressão, e concomitantemente o módulo de elasticidade caiu 10%.

Na pesquisa realizada por Pcziecsek et al. (2020), as substituições em volume foram da ordem de 10 e 5%. Para 5% de substituição de borracha é observável que a redução da resistência a compressão foi baixa, cerca de apenas 6% a menos que a de referência.

Thomas *et al.* (2014) concluiu que a borracha como agregado pode ser usado na produção de concreto com substituição do agregado miúdo em até 7,5% sem alterar de maneira significativa as características mecânicas que se espera. Dessa forma, o autor recomenda a utilização em construção de pavimentos, em trabalhos estruturais (com até 7,5% de substituição) e em serviços em geral que não utilizem concreto nobre.

O tamanho e formato das partículas de borracha também é algo testado e discutido na literatura. Recentemente, Moreno, Ribeiro e Saron (2020) fizeram um estudo com 3 faixas granulométricas diferentes de borracha, de 0,85 a 1,68 mm, de 1,68 a 2,38 mm e de 2,38 a 3,38

mm. Os autores chegaram à conclusão de que para essas faixas não houve diferença significativa entre elas no que se refere a resistência à compressão.

Bravo e De Brito (2012) chegaram à conclusão quanto à influência do tamanho do agregado substituído nas misturas, onde, constata-se que os resultados dos testes de durabilidade pioram à medida que o tamanho aumenta. O teste de encolhimento foi a única exceção a esta regra. Su (2015) usou 3 faixas granulométricas, sendo nomeadas de RA (até 3 mm), RB (até 0.5 mm) e RC (até 0.3 mm). O autor afirma que o concreto preparado com as partículas maiores apresenta uma melhor trabalhabilidade no manuseio. Por outro lado, as partículas mais finas garantiram um resultado mais satisfatório a respeito do desempenho mecânico e da permeabilidade da água.

Angelin *et al.* (2019) realizou uma pesquisa com intuito de analisar a influência da forma do resíduo de borracha nas propriedades de resistência e termoacústico da argamassa. Foi utilizado borracha em fibra (1,2 mm) e borracha em formato esferoidal (0,6 mm). Em termos de resistência, viu-se que as partículas em fibras (1,2 mm) apresentaram menores reduções de força compressiva.

Yu e Zhu (2016), realizaram uma pesquisa com 3 grupos de granulometrias em formatos esferoidais, sendo, A (2 – 4 mm), B (1 – 3 mm) e C (0 – 2 mm). Nesse estudo em relação a resistência a compressão e módulo de elasticidade, as partículas de borracha B (de 1 – 3 mm) tiveram resultados mais satisfatórios.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o comportamento mecânico de uma argamassa modificada à base de cimento com adição de fibras de borracha oriundas de pneus inservíveis. E, após, analisar a viabilidade de aplicação como “almofada” de apoio entre ligações em elementos pré-moldados, cumprindo como objetivos específicos:

- a) Avaliar as propriedades mecânicas de um compósito de argamassa com resíduo de pneu como agregado parcial, por meio de ensaios de compressão axial e tração diametral.
- b) Obter uma argamassa mais flexível para que se adeque as irregularidades entre as superfícies dos elementos pré-moldados e que seja capaz de deformar de maneira satisfatória quando sujeita à carga.

- c) Garantir que a argamassa não perca resistência em resultado da adição de borracha no compósito ao ponto de não atender os padrões aceitáveis para sua aplicação.

METODOLOGIA

Materiais utilizados e caracterização

Este capítulo descreve as características dos materiais utilizados na confecção dos compósitos de cimento, o estudo utilizado para a dosagem e o programa experimental utilizado para os ensaios mecânicos.

i. Cimento Portland

O cimento utilizado na pesquisa foi o da marca Mizu, com classificação CP IV – 32. A ideia inicial era a utilização do CP-V, no entanto, no município de Manaus-AM não foi encontrado, e inclusive, foi constatado que nem mesmo uma empresa de fabricação de elementos pré-moldados que foi consultada utiliza o cimento de alta resistência inicial, provavelmente devido à dificuldade de encontrar na região. Na Tabela 1 são apresentadas as características físico-químicas do cimento produzido pela Mizu. Esses dados são disponibilizados pelo próprio fabricante.

Tabela 1 – Características físico-químicas do cimento CP IV - 32.

Parâmetros	Composição química				Resistência a compressão			Massa
	PF	RI	SO3	Cao L.	3 dias	7 dias	28 dias	Espec.
Unidades	%	%	%	%	Mpa	Mpa	Mpa	g/cm³
Média	4,67	21,65	2,30	1,16	17,24	22,00	33,30	2,97
ANBT	<8,5	ND	<4,5	-	>10,0	>20,0	>32,0	-

Fonte: Mizu Cimentos (2021)

ii. Areia

A areia utilizada nas moldagens era do tipo natural, não lavada, e adquirida em um material de construção, na zona Leste de Manaus, Imagem 1. Dessa forma, foi realizado a caracterização do material conforme os ensaios prescritos na NBR 248/2003, NBR NM 52/2009 e NBR NM 45/2006 com intuito de se obter a curva granulométrica e seus parâmetros, a massa unitária e a massa específica do agregado miúdo.

Imagem 1 – Areia e Borracha.

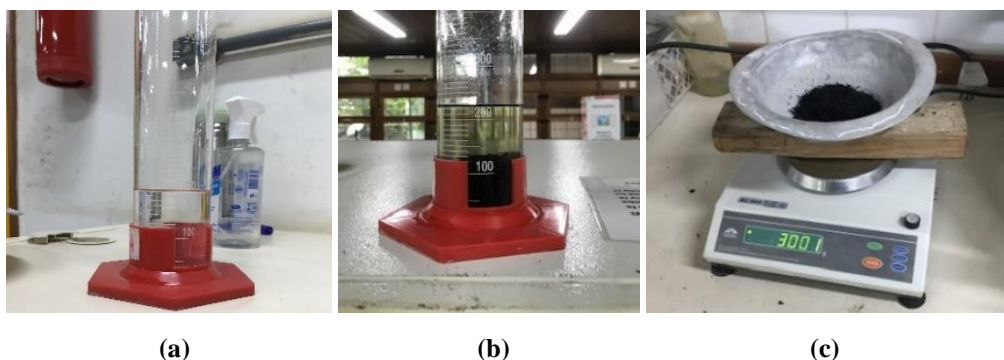


Fonte: Elaborado pelo Autor.

O material chave da pesquisa foi doado pelo Grupo de Pesquisa em Geotecnia da UFAM, já moído e retirada a parte metálica encontrada em pneus descartados. Para a caracterização da borracha, foram feitos ensaios adaptados das normas NBR NM 248/2003 e NBR NM 45/2006.

Como o ensaio de massa específica da borracha ainda não é normatizado, esse valor foi obtido por meio de procedimento adaptado, com uso de querosene em substituição da água para obtenção da densidade das fibras de borracha, Imagem 2.

Imagem 2 – Ensaio de densidade da borracha.



Fonte: Arquivo pessoal.

Dosagem e moldagem

Para a pesquisa, foi determinado a realização de um traço de referência, e três traços com substituição do agregado miúdo pela borracha. O traço de referência inicialmente adotado neste trabalho foi o mesmo utilizado em Bellucio (2010) e em Ditz (2015), presente na Tabela 2. Decidiu-se usá-lo por ser traço de referência em trabalhos realizados para a aplicação do compósito, que é ser utilizado como almofada de argamassa em ligações de concreto pré-moldado.

Tabela 2 – Traço da argamassa de referência.

Componentes:	Cimento	Areia	Borracha	Água
Traço de Referência	1	0,3	-	0,35

Fonte: Bellucio (2010).

Ao se realizar a moldagem do traço de referência, observou-se que a argamassa apresentou uma plasticidade elevada, devido principalmente às variedades características que os materiais como o cimento, areia e borracha podem apresentar de um para outro, quando comparado com outras pesquisas. Portanto, foi feito um novo teste de trabalhabilidade com substituição em 15% de volume de areia pela fibra de borracha baseando-se no traço da Tabela 2 para se avaliar uma melhor consistência para a argamassa. Dessa forma, foi adicionado 2,835 kg de Cimento CII – Z 32, 722,96 g de areia e 54,96 g de fibra de borracha, conforme Tabela 3. No entanto, constatou-se que a argamassa apresentou ainda uma consistência plástica aquém do desejado.

Tabela 3 – Traço da argamassa de teste de trabalhabilidade.

	Cimento	Areia	Borracha	Água
Massa:	2835,00	722,96	54,96	992,00
Traço:	1,000	0,255	0,019	0,350

Fonte: Bellucio (2010).

Dessa forma, foi inserido mais borracha até chegarmos em uma consistência considerada ideal. Adicionou-se 55,01 g de borracha, totalizando 109,97 g de borracha na mistura. Portanto chegou-se em um valor de substituição de 23,1% em volume da areia pela borracha. A partir das novas quantidades relativas de materiais nessa argamassa, obteve-se o traço, Tabela 4. E a partir desse traço, obteve-se o traço de referência a ser utilizado na pesquisa, Tabela 5.

Tabela 4 – Traço da argamassa c/ substituição.

Componentes:	Cimento	Areia	Borracha	Água
Massa:	2835,00	722,96	109,97	992,00
Traço:	1,000	0,255	0,039	0,350

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Tabela 5 – Traço da argamassa de referência.

Componentes:	Cimento	Areia	Borracha	Água
Traço de Referência	1	0,332	-	0,350

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Após isso, definiu-se as porcentagens de substituição a partir do valor encontrado de 23,1 %. No entanto, em virtude da falta de cimento CII – Z 32 da empresa Mizu Cimentos na região, foi usado o cimento CIV – 32 da mesma empresa. Com isso, foi realizado a moldagem

do traço de 23,1%, com intuito de se repetir o teste de trabalhabilidade e verificar se haveria alguma mudança significativa. Com o novo cimento, a moldagem com 23,1% de substituição apresentou uma consistência menos fluída, portanto adotou-se esse valor de substituição como o maior das 3 substituições em volume. Portanto, foram feitas substituições em volume em valores de 17%, 20% e 23,1%, com os traços de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 – Traço da argamassa de referência.

Componentes	R0	R17	R20	R23,1
	Traço	Traço	Traço	Traço
Cimento	1,000	1,000	1,000	1,000
Areia	0,332	0,275	0,265	0,255
Fibra de borracha	0,000	0,029	0,034	0,039
Água	0,350	0,350	0,350	0,350

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A partir destes valores, obtemos o valor em massa desses componentes, onde o volume do molde para produção do corpo de prova é definido pela Equação 1, tendo este 5cm de diâmetro e 10cm de altura.

$$\text{Vol} = \frac{\pi(5^2)}{4} * 10 = 196,35 \text{ cm}^3 \quad \text{Equação (1)}$$

Foram utilizados três moldes por ensaio, portanto, nove moldes no total, por traço. No entanto, serão considerados para efeito de cálculo 12 corpos-de-prova por traço, como medida de proteção. O volume total é calculado na Equação 2.

$$\text{Vol total} = \frac{\pi(5^2)}{4} * 10 = 196,35 \text{ cm}^3 \times 12 \text{ un} = 2356,2 \text{ cm}^3 \quad \text{Equação (2)}$$

O cálculo do consumo de cimento é realizado de acordo com a Equação 3.

$$C = \frac{1000}{\frac{1}{\rho_c} + \frac{a}{\rho_a} + \frac{b}{\rho_b} + c} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

- *a*: traço da areia, *Variável*.
- *b*: traço da borracha, *Variável*.
- *c*: traço da água, *0,35*.
- ρ_c : massa específica do cimento, *2,97 g/cm³*.
- ρ_a : massa específica da areia, *2,693 g/cm³*.
- ρ_b : massa específica da borracha, *1,364 g/cm³*.

Dessa forma, tem-se:

- a) Traço de referência:

$$C_{\text{ref}} = \frac{1000}{\frac{1}{\rho_c} + \frac{a}{\rho_a} + \frac{c}{\rho_b} + d} = \frac{1000}{\frac{1}{2,97} + \frac{0,332}{2,693} + \frac{0}{1,364} + 0,35} = 1234,8 \text{ Kg/m}^3$$

b) Com 17% de Substituição:

$$C_{17\%} = \frac{1000}{\frac{1}{\rho_c} + \frac{a}{\rho_a} + \frac{c}{\rho_b} + d} = \frac{1000}{\frac{1}{2,97} + \frac{0,275}{2,693} + \frac{0,029}{1,364} + 0,35} = 1234,8 \text{ Kg/m}^3$$

c) Com 20% de Substituição:

$$C_{20\%} = \frac{1000}{\frac{1}{\rho_c} + \frac{a}{\rho_a} + \frac{c}{\rho_b} + d} = \frac{1000}{\frac{1}{2,97} + \frac{0,265}{2,693} + \frac{0,034}{1,364} + 0,35} = 1234,8 \text{ Kg/m}^3$$

d) Com 23,1% de Substituição:

$$C_{23,1\%} = \frac{1000}{\frac{1}{\rho_c} + \frac{a}{\rho_a} + \frac{c}{\rho_b} + d} = \frac{1000}{\frac{1}{2,97} + \frac{0,255}{2,693} + \frac{0,039}{1,364} + 0,35} = 1234,8 \text{ Kg/m}^3$$

Com esses valores é possível obter o valor em massa do cimento para cada traço de argamassa.

$$C \times V(12 \text{ moldes}) = 1234,8 \times 0,00236 \cong 2,9095 \text{ kg}$$

Dessa forma, a partir do traço referência, obteve-se a Tabela 7, com os traços com substituição do agregado e as suas respectivas datas de moldagem.

Tabela 7 – Quantidade em massa dos componentes da mistura por traço.

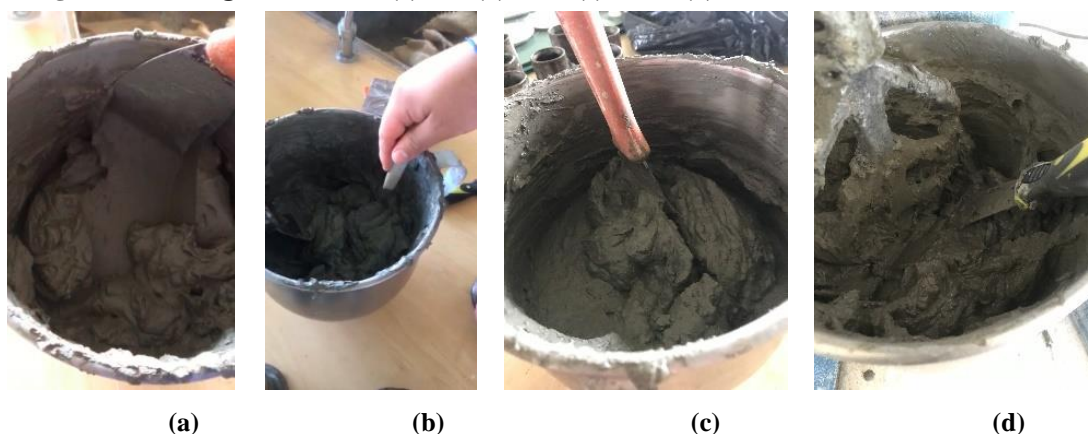
Massa específica (g/cm ³):	2,97	2,693	1,364	1	Data da moldagem
Componentes:	Cimento	Areia	Borracha	Água*	
Referência	1	0,332	0	0,350	02/08/2021
	2909,50	964,73	0,00	1018,33	
17,0%	1	0,275	0,029	0,350	04/08/2021
	2909,50	800,73	83,07	1018,33	
20,0%	1	0,265	0,034	0,350	30/07/2021
	2909,50	771,79	97,73	1018,33	
23,1%	1	0,255	0,039	0,350	28/07/2021*
	2909,50	741,88	112,87	1018,33	
Peso Total:	11,64 kg	3,279 kg	293,699 g	4,074 kg	-

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Para a mistura dos materiais foi utilizada uma argamassadeira modelo I-3010, marca Pavitest, com capacidade de cinco litros. O processo de desmoldagem foi realizado com dois dias da moldagem. Após a cura inicial, as amostras foram imersas em água à temperatura

ambiente.

Imagem 3 – Moldagem dos CP's. (a) R0; (b) R17; (c) R20 e (d) R23,1.



Fonte: Arquivo pessoal.

Programa experimental

Este capítulo descreve os ensaios realizados para análise do comportamento da argamassa modificada. Para a mistura dos materiais foi utilizada uma argamassadeira Modelo I-3010, marca Pavitest, com capacidade de cinco litros. A argamassa foi compactada manualmente em um molde metálico, por um procedimento normatizado. O processo de desmoldagem foi realizado com aproximadamente dois dias da moldagem. Após a cura inicial, as amostras foram colocadas em água à temperatura ambiente até o dia dos ensaios. Na Tabela 8 é apresentado um resumo do programa experimental.

Tabela 8 – Resumo dos ensaios realizados.

Traços	Ensaio mecânicos da Argamassa com fibra de borracha		
	Ensaio de Compressão 01	Ensaio de Tração	Ensaio de Compressão 02
Referência	3 corpos-de-prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro por 100 mm de altura.	3 corpos-de-prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro por 100 mm de altura.	4 corpos-de-prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro por 100 mm de altura.
R17			
R20			
R23,1			
Total:	12 corpos-de-prova.	12 corpos-de-prova.	16 corpos-de-prova.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para realização dos ensaios mecânicos foram moldados corpos-de-prova de 50 mm de diâmetro por 100 mm de altura, conforme NBR 7215 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019). Estes foram retificados na superfície irregular com uma mistura de enxofre para evitar a concentração de tensões. Foi realizado o ensaio de compressão axial e o de tração por compressão diametral, regidos respectivamente pelas normas NBR 7215/2019 e NBR 7222/2011. O ensaio de elasticidade inicialmente previsto para acontecer nessa pesquisa

não foi possível de ser realizado devido a problemas técnicos na máquina de ensaio equipada com extensômetro presente no laboratório do IFAM unidade Centro, que devido a pandemia e falta de recursos, não pode ser consertada a tempo.

iii. Compressão Simples

De acordo com a NBR 7215 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019) o ensaio compreende a determinação da resistência à compressão de corpos-de-prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura. Os corpos-de-prova foram moldados com argamassa modificada, de acordo com os traços da 5. Neste ensaio aplicou-se a carga controlando a velocidade de aplicação da máquina de 0,25 MPa/s até o ponto de ruptura. Calculou-se a tensão máxima para cada traço e construíram-se os gráficos para melhor comparação dos resultados. Os valores das resistências médias à compressão dos corpos-de-prova foram calculados de acordo com a NBR 7215/2019. Na Imagem 4 tem-se o esquema do ensaio.

Imagem 4 – Esquema de ensaio de compressão



Fonte: Arquivo pessoal.

iv. Tração por compressão diametral

De acordo com a NBR 7222 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011), o cálculo da resistência à tração é realizado de forma indireta. No sentido do diâmetro é aplicada a força de compressão o que acaba por gerar uma tensão transversal uniforme ao longo do diâmetro, sendo o corpo-de-prova submetido a um estado duplo de tensões, que não romperá por compressão, mas por uma tração que pode ser calculada segundo a Equação 4.

$$f_{t,d} = \frac{2F}{\pi \cdot d \cdot h} * 0,85 \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

$f_{t,d}$ = tensão de resistência a tração por compressão diametral;

F = força máxima de ruptura;

d = diâmetro do corpo-de-prova;

h = comprimento do corpo-de-prova.

Para cada traço de argamassa será obtida a força de ruptura de cada corpo-de-prova, podendo-se calcular o valor da resistência do compósito de cada traço estudado.

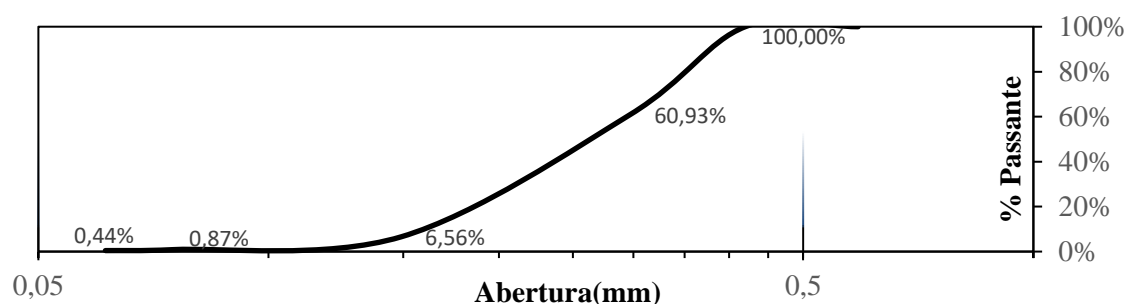
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio de caracterização

i. Areia

Como tratamento inicial, a areia foi peneirada a um diâmetro máximo dos grãos de 0,6 mm, pois para essa granulometria os resultados são melhores de acordo com Montedor (2004). A curva granulométrica da areia é apresentada através do Gráfico 1.

Gráfico 1 – Granulometria da areia.



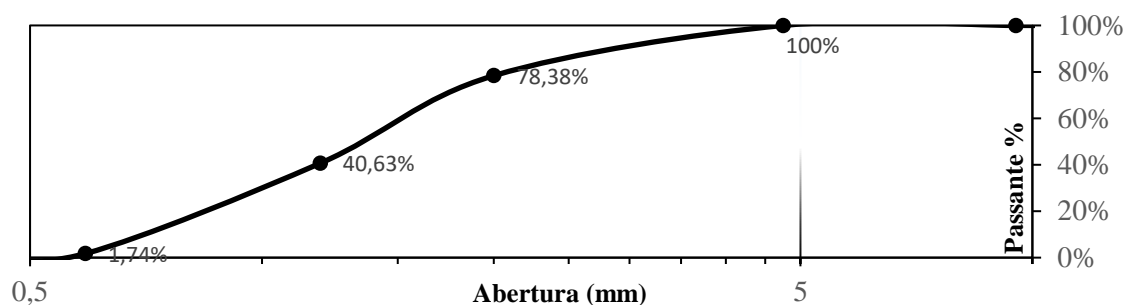
Fonte: Elaborado pelo Autor.

A partir da granulometria obtida, tem-se o módulo de finura da areia, que é de 3,31, classificado ainda como zona utilizável para agregado miúdo. A dimensão máxima característica (DMC) é de 0,6mm. A massa unitária da areia obtida foi de 1,44 g/cm³ e a massa específica do agregado seco foi de 2,693 g/cm³.

ii. Borracha

A borracha tem formato fibroso e granulometria (adaptado) variando de 0,6 a 4,75 mm. As partículas de borracha passantes na peneira de 0,6mm foram removidas da amostra, pois se apresentam como pó, e o intuito é o uso apenas de fibras. Estas, também tiveram um limite superior de 4,75mm, pois acima dessa granulometria as partículas de borracha já se apresentavam desuniformes entre si, com aparentes falhas na moagem. O ensaio adaptado de granulometria foi realizado, o resultado está no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Granulometria da fibra de borracha.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Por meio do ensaio de granulometria adaptado, Gráfico 2, foi obtido um módulo de finura de 2,79 e a dimensão máxima do agregado ficou em 4,75 mm. A massa unitária foi obtida pelo ensaio adaptado da ABNT NBR NM 45 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006), resultando em 0,314 g/cm³. A massa específica da borracha é de 1,364 g/cm³, valor obtido por meio de ensaio adaptado de densidade, com substituição de água por querosene.

Teste de trabalhabilidade

i. 1ª Moldagem: Traço de referência.

No primeiro teste, ainda com o traço que foi inicialmente previsto para a pesquisa, Tabela 2, a mistura apresentou uma consistência bem plástica, Imagem 5. Dessa forma, o traço base teve de ser revisto.

Imagem 5 – Primeira moldagem do teste de trabalhabilidade.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

ii. 2ª Moldagem: Traço com 15% de substituição.

No segundo teste, ainda com o traço inicialmente previsto, viu-se que a percentagem de substituição de 15% de borracha era muito pequena, proporcionalmente. Dessa forma, adicionou-se mais borracha até se chegar à um ponto ótimo de mistura, resultando em uma

percentagem de substituição de 23,1%.

Imagem 6 – Segunda moldagem do teste de trabalhabilidade.



Fonte: Arquivo pessoal.

iii. 3ª Moldagem: Traço com 23,1% de substituição.

Na última moldagem de teste, foi usado a percentagem obtida anteriormente, mas com uma mudança no cimento, pois o cimento usado inicialmente estava sem disponibilidade na região. Dessa forma, foi usado o CP IV – 32, onde, foi possível observar uma mudança de plasticidade em relação a segunda moldagem.

Portanto, a percentagem de 23,1% que antes era a ótima em termos de trabalhabilidade, passou a ser a percentagem limite de substituição, realizando assim, substituições na ordem de 17%, 20% e 23,1%.

Imagem 7 – Terceira moldagem do teste de trabalhabilidade.



Fonte: Arquivo pessoal.

Ensaio mecânicos dos compósitos

Foram caracterizados por meio de ensaios mecânicos os compósitos, os quais possuem borrachas em diferentes percentagens de volume.

i. Ensaio de compressão axial

Foi realizado o primeiro ensaio de compressão em 09 de fevereiro de 2022, os resultados

obtidos estão listados na Tabela 9.

Tabela 9 – Resistência média à compressão no ensaio realizado no dia 09/02/2022.

Traço	CP	Altura (cm)	Ø médio (cm)	Força Ruptura (Kgf)	Resistência (MPa)	R Média (MPa)	Desvio Relativo Máximo*	
REF	21	10	5	11777	58,82	62,55	5,96	18,23
	22	10	5	10240	51,15		18,23	
	23	10	5	13270	66,28		5,96	
17,00%	31	10	5	10171	50,80	51,87	2,07	14,20
	32	10	5	10601	52,95		2,07	
	33	10	5	8911	44,51		14,20	
20,00%	11	10	5	5856	29,25	31,10	5,95	68,92
	12	10	5	10518	52,53		68,92	
	13	10	5	6597	32,95		5,95	
23,10%	1	10	5	7229	36,11	35,41	1,96	1,96
	2	10	5	7074	35,33		0,23	
	3	10	5	6967	34,80		1,73	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Já no dia 08 de junho de 2022, foi realizado a segunda leva de ensaio de compressão axial dos corpos-de-prova, presente na Tabela 10.

Tabela 10 – Resistência média à Compressão do ensaio realizado no dia 08/06/2022.

Traço	CP	Altura (cm)	Ø médio (cm)	Força Ruptura (Kgf)	Resistência (MPa)	R Média (MPa)	Desvio Relativo Máximo*		Caapeado?
REF	24	10	5	12780	63,83	64,26	0,66	12,63	NÃO
	25	10	5	13930	69,58		8,28		NÃO
	26	10	5	13510	67,48		5,01		NÃO
	27	10	5	11240	56,14		12,63		NÃO
17,00%	34	10	5	8570	42,80	43,72	2,09	31,79	SIM
	35	10	5	10610	52,99		21,22		NÃO
	36	10	5	5970	29,82		31,79		SIM
	37	10	5	9860	49,25		12,65		NÃO
20,00%	14	10	5	10680	53,34	36,50	46,15	46,15	SIM
	15	10	5	5610	28,02		23,23		NÃO
	16	10	5	6470	32,32		11,46		SIM
	17	10	5	6470	32,32		11,46		SIM
23,10%	4	10	5	5910	29,52	35,95	17,89	32,55	NÃO
	5	10	5	6130	30,62		14,83		NÃO
	6	10	5	9540	47,65		32,55		NÃO
	7	10	5	7210	36,01		0,17		NÃO

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Quando o desvio máximo relativo foi maior que 6% entre resistências de um mesmo traço, esse valor deve ser desconsiderado conforme especificado na norma e considerou-se a nova média entre os outros valores correspondentes. Dessa forma, nas Tabelas 11 e 12 está presente as resistências médias dos CP's que se apresentaram com valores dentro do desvio máximo permitido.

Tabela 11 – Resistência média à compressão dentro do desvio máximo relativo do ensaio realizado no dia 09/02/2021.

Traço	CP	Altura (cm)	Ø médio (cm)	Força Ruptura (Kgf)	Resistência (MPa)	R Média (MPa)	Desvio Relativo Máximo*	
REF	21	10	5	11777	58,82	62,6	5,96	5,96
	23	10	5	13270	66,28		5,96	
17,00%	31	10	5	10171	50,80	51,9	2,07	2,07
	32	10	5	10601	52,95		2,07	
20,00%	11	10	5	5856	29,25	31,1	5,95	5,95
	13	10	5	6597	32,95		5,95	
23,10%	1	10	5	7229	36,11	35,4	1,96	1,96
	2	10	5	7074	35,33		0,23	
	3	10	5	6967	34,80		1,73	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

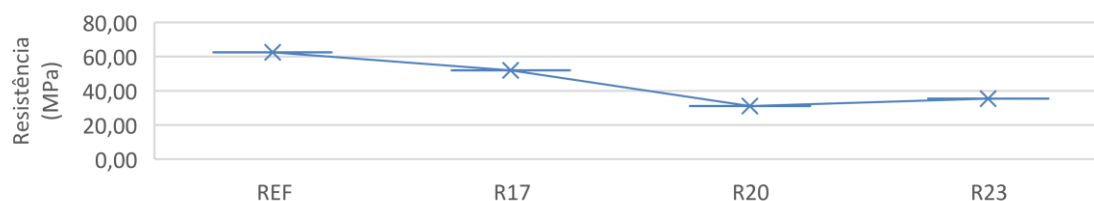
Tabela 12 – Resistência média à compressão dentro do desvio máximo relativo do ensaio realizado no dia 08/06/2022.

Traço	CP	Altura (cm)	Ø médio (cm)	Força Ruptura (Kgf)	Resistência (MPa)	R Média (MPa)	Desvio Relativo Máximo*		Capecado?
REF	24	10	5	12780	63,83	66,96	4,87	4,87	NÃO
	25	10	5	13930	69,58		4,07		NÃO
	26	10	5	13510	67,48		0,80		NÃO
17,00%	35	10	5	10610	52,99	51,12	4,28	4,28	NÃO
	37	10	5	9860	49,25		4,28		NÃO
20,00%	16	10	5	6470	32,32	32,32	0,00	0,00	SIM
	17	10	5	6470	32,32		0,00		SIM
23,10%	4	10	5	5910	29,52	30,07	1,53	1,53	NÃO
	5	10	5	6130	30,62		1,53		NÃO

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Dessa forma, foram montados os Gráficos 3 e 4, de acordo com os valores obtidos nas Tabelas 11 e 12.

Gráfico 3 – Resistência média à compressão com os dados da Tabela 11.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Dessa forma, para a primeira leva de ensaios de compressão, Tabela 9, o CP-12, o CP-22 e o CP-33 foram desconsiderados. Este primeiro acabou sendo o de maior discrepância e a sua eliminação acabou acarretando numa diminuição acentuada da resistência à compressão para o traço R20. Essa discrepância pode estar relacionada com a instabilidade da máquina de ensaio ou com o capeamento de enxofre não aderido de maneira adequada pela superfície do corpo de prova.

O capeamento é um ponto a ser observado futuramente. Pois observou-se, in loco, que aparentemente alguns capeamentos não aderiram de maneira adequada à superfície do CP, tendo em alguns casos sido expelidos do mesmo quando exposto ao movimento. Sendo este o caso do CP-12, por exemplo. Ainda assim, mesmo sem o capeamento, atingiu valor muito elevado quando comparado ao CP-11 e CP-13, que pertencem ao mesmo traço.

A resistência da argamassa de referência foi de 62,55 MPa. Para o R17, essa resistência caiu 17,07%. Já para o R20, a resistência caiu 50,27%. E, para o R23, a resistência caiu 43,39%, conforme Tabela 13. Dessa forma, observou-se que a resistência à compressão dos corpos-de-prova caiu substancialmente com a substituição do agregado miúdo pela borracha.

Tabela 13 – Redução da resistência dos CP's em relação ao CP de referência do ensaio do dia 09/02/2022.

Traço	Resistência Média	Redução
Ensaio do dia 09/02/2022		
REF	62,55	0,0%
R17	51,87	-17,1%
R20	31,10	-50,3%
R23	35,41	-43,4%

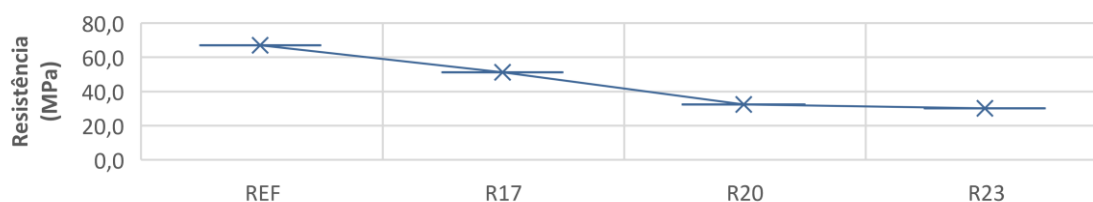
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Já para os dados da Tabela 10, houve uma decisão bilateral com o técnico do laboratório para uma remoção dos capeamentos que aparentemente se apresentavam frágeis e sem contato firme com o corpo-de-prova para evitar problemas.

Como o desvio relativo foi maior que 6% em alguns casos, esses CP's precisaram ser desconsiderados. Esses dados estão compilados na Tabela 12 e Gráfico 4.

Gráfico 4 – Resistência média à Compressão com os dados da Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 12.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A resistência da argamassa de referência foi de 66,96 MPa. Para o R17, essa resistência caiu 23,7%. Já para o R20, a resistência caiu 51,7%. E, para o R23, a resistência caiu 55,1%, conforme Tabela 14.

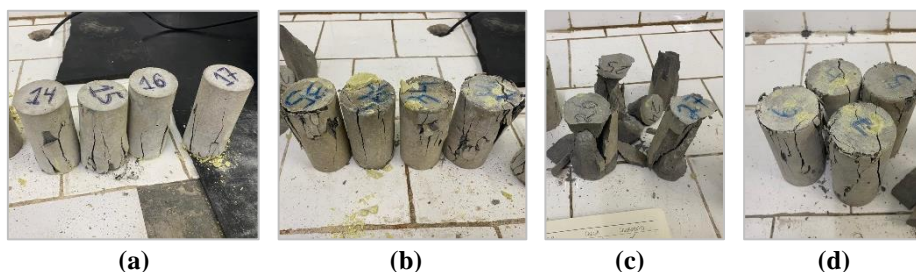
Tabela 14 – Redução da resistência dos CP’s em relação ao CP de referência do ensaio do dia 08/06/2022.

Traço	Resistência Média	Redução
Ensaio do dia 08/06/2022		
REF	66,96	0,0%
R17	51,12	-23,7%
R20	32,32	-51,7%
R23	30,07	-55,1%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Dessa forma, observou-se que a resistência à compressão dos corpos-de-prova do segundo ensaio seguiu o mesmo caminho do primeiro ensaio, com uma redução gradual conforme se aumentava a quantidade percentual de borracha.

Imagem 8 – Corpos-de-prova pós ensaio de compressão: (a) – R20; (b) – R17; (c) – REF; (d) – R23.

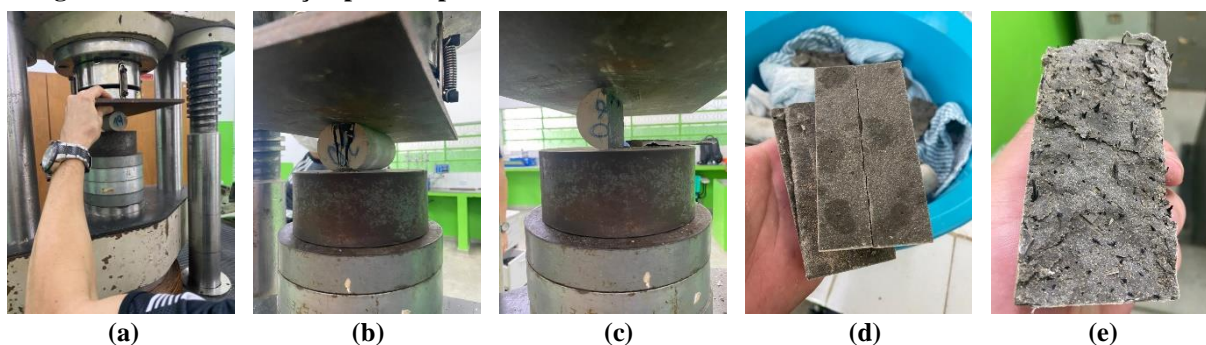


Fonte: Elaborado pelo Autor.

ii. Ensaio de tração por compressão diametral

Para o ensaio de tração, foi utilizado o método de tração por compressão diametral do corpo de prova. Dessa forma, os corpos de prova foram posicionados “deitados” na máquina de ensaio, com uma chapa metálica sobre para distribuir as tensões de tração de forma uniforme sobre a área de contato, Imagem 9 (a).

Imagem 9 – Ensaio de tração por compressão diametral



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Imagem 9 (b) e 9 (e) representam o rompimento do corpo-de-prova com inserção de borracha em seu compósito, foi possível observar que mesmo após o rompimento o mesmo

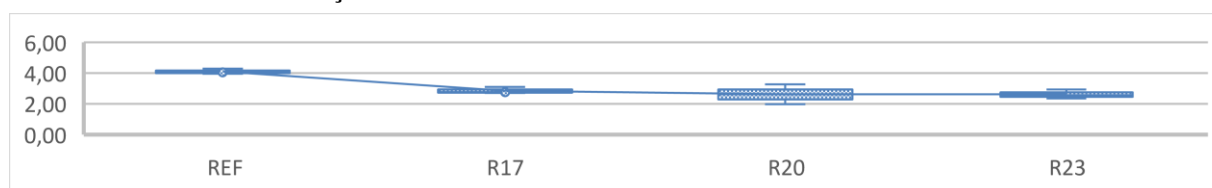
ainda se encontrava coeso. Já a Imagem 9 (c) e (d) representam o corpo-de-prova de referência onde já é perceptível uma fratura mais frágil e bem mais abrupta. A Tabela 15 e no Gráfico 5 apresentam os dados do ensaio de resistência à tração realizado.

Tabela 15 – Resistencia a tração média

Traço	CP	Altura (cm)	Ø médio (cm)	Força Ruptura (KN)	Resistência (MPa)	R Média (MPa)	Desvio Relativo Máximo*	
REF	28	10	5	30,99	3,95	4,10	0,24	0,32
	29	10	5	33,73	4,30		0,32	
	30	10	5	31,77	4,05		0,08	
17,00%	38	10	5	24,42	3,11	2,86	0,48	0,48
	39	10	5	21,67	2,76		0,19	
	40	10	5	21,28	2,71		0,29	
20,00%	18	10	5	15,49	1,97	2,62	2,07	2,07
	19	10	5					
	20	10	5	25,60	3,26		2,07	
23,10%	8	10	5	20,10	2,56	2,62	0,16	0,89
	9	10	5	18,53	2,36		0,73	
	10	10	5	23,05	2,93		0,89	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Gráfico 5 – Resistência à tração média



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme pode ser observado, a resistência à tração dos corpos-de-prova com borracha diminui substancialmente quando comparadas à argamassa de referência. No entanto, entre si, não apresentaram grande variação, conforme apresenta a Tabela 16.

Tabela 16 - Redução da resistência à tração dos CP's em relação ao CP de referência.

Traço	Resistência (MPa)	Redução (%)
REF	4,10	0,0%
R17	2,86	-30,2%
R20	2,62	-36,1%
R23	2,62	-36,1%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

iii. Comparação com os resultados de Bellucio e Ditz

Comparando os resultados encontrados com os valores obtidos em Bellucio (2010) e Ditz (2015), presentes na Tabela 17 e Tabela 18, pesquisas estas que tinham, em síntese, o mesmo objetivo final desta pesquisa, observa-se que a argamassa de referência, em relação à compressão apresentou uma diminuição de aproximadamente 18% em relação, no entanto, no

restante, acabou apresentado valores aproximados em relação à Bellucio (2010) e até maiores que em Ditz (2015). No que diz respeito ao ensaio de tração por compressão diametral, a argamassa de referência desta pesquisa foi cerca de 14% maior que Bellucio (2010) e Ditz (2015), e os outros valores ficaram bem aproximados.

Tabela 17 – Resultados dos ensaios de compressão e tração de Bellucio (2010).

TIPO DE ARGAMASSA/MEDIDA	R. MÉDIA À COMPRESSÃO (MPa)	R. MÉDIA À TRAÇÃO (MPa)
PP12	40,9	3,1
PP180	41,8	2,8
MISTURA	40,2	3,4
REFERÊNCIA	79,5	3,6

Fonte: Adaptado de Bellucio (2010).

Tabela 18 – Resultados dos ensaios de compressão e tração de Ditz (2015).

TIPO DE ARGAMASSA/MEDIDA	R. MÉDIA À COMPRESSÃO (MPa)	R. MÉDIA À TRAÇÃO (MPa)
AM	10,6	1,81
AM2	19,14	2,86
AM3	27,65	3,62
AR	79,94	3,63

Fonte: Adaptado de Ditz (2015).

Tabela 19 – Resultados dos ensaios de compressão e tração.

Traço	R Média (MPa) - COMPRESSÃO 01	R Média (MPa) - COMPRESSÃO 02	Resistência (MPa) -TRAÇÃO
R23	35,41	30,07	2,62
R20	31,10	32,32	2,62
R17	51,87	51,12	2,86
REF	62,55	66,96	4,10

Fonte: Elaborado pelo Autor.

CONCLUSÃO

Apesar dos resultados de compressão axial não estarem estatisticamente favoráveis, a argamassa seguiu o padrão observado na literatura de forma geral, onde com o aumento da quantidade percentual de borracha – em qualquer formato – no compósito, o mesmo tende a perder resistência mecânica, no entanto foi possível observar o ganho em outras características como uma ruptura mais dúctil.

Para a melhor trabalhabilidade encontrada na pesquisa anterior, R20, a perda de resistência em relação a argamassa de referência foi de mais de 50%, considerado um valor alto que praticamente inviabiliza seu uso. Já para a R17, o resultado foi mais aceitável, tendo reduzido entre 17 e 23%. Observou-se também que comparativamente, a redução da resistência a compressão do R20 para o R23 foi menor do que a do R17 para o R20, dando um indício de que a inserção de borracha no compósito pode reduzir abruptamente a resistência à compressão,

mas após uma certa percentagem de substituição o compósito tende a estabilizar essa perda de resistência mecânica, isso pode ser percebido pelos Gráficos 3 e 4.

Além disso, observando o ensaio e a Imagem 8, foi possível perceber que as argamassas de referência possuíam uma fratura bem mais frágil quando comparadas com as argamassas que continham borracha. Os corpos-de-prova com borracha sempre se mantiveram “unidos” mesmo após o seu rompimento, diferentemente do corpo-de-prova de referência, que rompia de maneira abrupta e barulhenta. Dessa forma, entende-se que a borracha garante uma ductilidade visual ao compósito garantindo uma maior adesão entre as moléculas que o compõem.

Portanto, compreende-se que os resultados obtidos, apesar da perda de resistência, são favoráveis para um possível uso como almofada de apoio em ligações entre elementos pré-moldados, quando comparado com os estudos anteriores

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215 : Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, p. 18, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l: s.n.], 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8522: Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão-deformação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l: s.n.], 2003a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, p. 94, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9939: Agregado graúdo - Determinação do teor de umidade total - Método de ensaio. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 7 p., 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, p. 6, 2003b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: Agregados –

Determinação da massa unitária e do volume de vazios. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, p. 18, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l: s.n.], 2009.

ANGELIN, A. F. et al. Rubberized mortar: The influence of aggregate granulometry in mechanical resistances and acoustic behavior. *Construction and Building Materials*, v. 200, p. 248–254, 10 mar. 2019.

ANIP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS. Livro branco da indústria de pneus. p. 80, 2015.

AZEVEDO, F. et al. Properties and durability of HPC with tyre rubber wastes. *Construction and Building Materials*, v. 34, p. 186–191, 1 set. 2012.

BELLUCIO, Ellen Kellen. Influência da rugosidade superficial e o uso de novos tipos de fibras em almofadas de argamassa para ligações de concreto pré-moldado. 2010. 128 f. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

BOUKOUR, S.; BENMALEK, M. L. Performance evaluation of a resinous cement mortar modified with crushed clay brick and tire rubber aggregate. *Construction and Building Materials*, v. 120, p. 473–481, 1 set. 2016.

BRAVO, Miguel; DE BRITO, Jorge. Concrete made with used tyre aggregate: Durability-related performance. *Journal of Cleaner Production*, v. 25, p. 42–50, 1 abr. 2012.

DITZ, Jackson Deliz. Desempenho de almofadas de argamassa modificada na transferência de tensões de compressão em ligações de concreto pré-moldado. 2015. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-27052015-172300/>>.

FROTA, CONSUELO et al. LEVANTAMENTO DE PNEUS INSERVÍVEIS, MANAUS (AM). CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, p. 1–14, 2008.

FIGUEIREDO, Antonio Domingues De Concreto com fibras. *Concreto, Ensino, Pesquisa e Realizações*, São Paulo, Ed. Geraldo Cechella Isaia, IBRACON, 2005

HSING CHOU CHUN-KU LU, Liang; CHANG, Jen-Ray; TIEN LEE, Maw. Use of waste rubber as concrete additive. *Waste Management & Research Waste Manage Res*, v. 25, p. 68–76, 2007.

IBAMA. RELATÓRIO PNEUMÁTICOS. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 17 jan. 2021.

DEBS, El. concreto pré-moldado fundamentos e aplicações. [S.l: s.n.], 2017. Disponível em: <www.ofitexto.com.br>. Acesso em: 11 jan. 2021.

LJ JEVIĆ, Dragica; ZAKIĆ, Dimitrije M; SAVIĆ, Aleksandar R. Investigation of cement based composites made with recycled rubber aggregate. *Hem. Ind*, v. 66, n. 4, p. 609–617, 2012.

MIOOTTO, Anamaria Malachini; EL DEBS, Mounir Khalil. Ligações viga-pilar de estruturas de concreto pré-moldado: análise com ênfase na deformabilidade ao momento fletor. 2002. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-22062006-133702/>>.

MONTEDOR, Luciano Carlos. Composite development to be used as support cushion in the connections between precast elements. 2004. 160 f. Escola de engenharia de São Carlos, USP, 2004.

MORENO, Diego David Pinzón; RIBEIRO, Sebastião; SARON, Clodoaldo. Compatibilization of recycled rubber aggregate in mortar. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, v. 53, n. 2, p. 1–12, 1 abr. 2020. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1617/s11527-020-1456-4>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

PCZIECZEK, A. et al. Mortar with fly ash and rubber waste and crack propagation analysis. *ACI Materials Journal*, v. 117, n. 3, p. 87–98, 1 jun. 2020.

SEGRE, N.; JOEKES, I. Use of tire rubber particles as addition to cement paste. *Cement and Concrete Research*, v. 30, n. 9, p. 1421–1425, 1 set. 2000.

SHU, Xiang; HUANG, Baoshan. Recycling of waste tire rubber in asphalt and portland cement concrete: An overview. *Construction and Building Materials*, v. 67, n. PART B, p. 217–224, 30 set. 2014.

SILVA, M. *et al.* INFLUÊNCIA DE DOIS TIPOS DE CAPEAMENTO DE CORPOS-DE-PROVA DE CONCRETO. Anais do 53º congresso brasileiro do concreto, IBRACON, 2011.

SU, Haolin. PROPERTIES OF CONCRETE WITH RECYCLED AGGREGATES AS COARSE AGGREGATE AND AS-RECEIVED/SURFACE-MODIFIED RUBBER PARTICLES AS FINE AGGREGATE. . [S.l.: s.n.], 2015.

THOMAS, Blessen Skariah et al. Strength, abrasion and permeation characteristics of cement concrete containing discarded rubber fine aggregates. *Construction and Building Materials*, v. 59, p. 204–212, 30 maio 2014.

TURATSINZE, Anaclét; BONNET, S.; GRANJU, J. L. Mechanical characterisation of cement-based mortar incorporating rubber aggregates from recycled worn tyres. *Building and Environment*, v. 40, n. 2, p. 221–226, 1 fev. 2005.

YU, Yong; ZHU, Han. Influence of Rubber Size on Properties of Crumb Rubber Mortars. *Materials*, v. 9, n. 7, p. 527, 29 jun. 2016. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1996-1944/9/7/527>>. Acesso em: 14 set. 2020.

EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS: UM ESTUDO NO ÂMBITO DO ARTESANATO DE BARRO NO MUNICÍPIO DE TRACUNHAÉM- PE

Uylma Freitas de Sant’Ana, José Roberto da Silva

RESUMO: Este artigo enfoca uma investigação em andamento que está sendo desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Pernambuco-Campus Mata Norte (PPGE-UPE), na linha de formação de professores. A pesquisa tem por objetivo analisar as atividades laborais dos trabalhadores do artesanato de barro, no município de Tracunhaém-PE, com intuito de desvendar relações entre estas atividades e os conteúdos curriculares de Matemática do ensino básico que oportunize mudanças epistemológica e pedagógica na prática dos docentes que atuam na Educação de Jovens e Adultos (EJA). Busca-se reconhecer nos saberes e fazeres destes trabalhadores, alternativas para o ensino e aprendizagem de Matemática na modalidade da EJA, embasada epistemologicamente na Etnomatemática e pedagogicamente na Aprendizagem Significativa Ausubeliana. Em termos de abordagem metodológica se trata de uma pesquisa qualitativa que devido ao processo sistemático onde pesquisador e participantes atuam de forma cooperativa para compreender as ações realizadas, almejando modificar a realidade observada remete a pesquisa-ação. Após a realização das etapas da pesquisa-ação embasada na Etnomatemática e na Teoria da Aprendizagem Significativa Ausubeliana, acredita-se que as reflexões compartilhadas no grupo vão subsidiar modificações importantes na prática dos participantes.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Artesanato de barro. EJA. Etnomatemática

INTRODUÇÃO

A pesquisa está sendo desenvolvida junto ao Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Educação da Universidade de Pernambuco - Campus Mata Norte (PPGE-UPE), na linha de formação de professores. Ensejamos investigar as práticas com matemáticas desenvolvidas nas atividades laborais dos trabalhadores do artesanato de barro, no município de Tracunhaém-PE e apresentar uma proposta didática aos docentes de matemática da Educação de Jovens e Adultos (EJA) deste município de maneira que valorizem o contexto sociocultural e promova uma aprendizagem significativa nos discentes.

O ensino da matemática na modalidade da EJA, ainda tem sido preconizado de forma inflexível e descontextualizada do cotidiano não escolar dos discentes, o que torna as aulas pouco atrativas, muito teóricas com anotações e resoluções de exercícios repetitivos. Esta prática desconexa da realidade dos discentes, dificulta a compreensão dos conteúdos e os tornam insignificantes, mas levantar os conhecimentos prévios destes discentes, identificando as idealizações relacionadas ao objeto de ensino pode auxiliar a minimizar estas dificuldades.

Nesta direção, é preciso estar atento as mudanças, pois como lembram Campos e Nunes (1994, p. 6-7):

[...]. Mudaram o mundo, os objetivos e a concepção de ensino-portanto, precisa mudar também o professor. As considerações psicológicas sugerem que o professor tem o papel de levar o aluno a reconstruir modelos matemáticos que ele compreenda em outras situações, representá-los de maneira a poder utilizar os mais poderosos sistemas simbólicos da Matemática, como instrumento de pensamento, utilizá-los em uma variedade de situações que lhe deem significado.

Objetivando melhorar o desempenho da aprendizagem matemática dos discentes da EJA com o uso adequado do conhecimento prévio dos mesmos, faz sentido valorizar o pluralismo cultural local, isto revela o interesse investigativo deste estudo. De certo modo, isto encontra respaldo na afirmação de Gadotti (2005) de que a educação de adultos precisa ser multicultural, onde o conhecimento adquirido interage com a diversidade cultural.

Esse pressuposto na trajetória como pesquisadora e docente no âmbito da matemática nesse município despertou o interesse em estudar o tema, Educação de jovens e adultos: um estudo no âmbito do artesanato de barro no município de Tracunhaém- PE

e tomou forma nos cursos de aperfeiçoamentos, em especial na disciplina Prática de sala de aula no Mestrado Profissional em Educação PPGE/PE do Mestrado Profissional, que oportunizou reflexões críticas sobre as formas de ensinar e aprender devido ao contato com a Teoria da Aprendizagem Significativa Ausubeliana (TAS).

O propósito de considerar a importância do papel das realidades vivenciadas pelos artesãos/mestres/oleiros do município de Tracunhaém-PE envolvendo o saber e/ou fazer desses trabalhadores do artesanato de barro em cursos de formações continuadas para os docentes de matemática, gerou as seguintes inquietações: As práticas pedagógicas dos docentes de matemática da EJA do município de Tracunhaém-PE estão devidamente embasadas em termos epistemológicos e pedagógicos? Que tipo de contribuições advindas do Programa Etnomatemática e da TAS podem ocasionar na formação/atualização de docentes de matemática da EJA do município de Tracunhaém? Como articular os saberes/fazeres dos artesãos do barro com conhecimentos matemáticos do currículo do ensino básico voltado para o ensino da EJA aportado em termos epistemológico e pedagógico, respectivamente na etnomatemática e na Aprendizagem Significativa Ausubeliana?

Assim, surgiu o interesse em relacionar conteúdos formais com a cultura local do artesanato de barro, no município de Tracunhaém-PE, com o propósito de oportunizar ensino de matemática na EJA que viabilize uma Aprendizagem Significativa Ausubeliana. O trabalho com o artesanato de barro pode ofertar uma riqueza de situações de ensino que sob a ótica da Etnomatemática como aporte epistemológico vai fomentar a construção de novos caminhos.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Investigar se as articulações entre saberes e fazeres matemáticos dos trabalhadores do artesanato de barro com a matemática Acadêmica à luz da Etnomatemática e da TAS podem contribuir na melhoria da prática pedagógica dos docentes de matemática da EJA da Rede Municipal de Tracunhaém - PE.

Objetivos específicos.

- Diagnosticar se a prática dos docentes de matemática da EJA possui aportes teóricos epistemológico e pedagógico, em particular, se recorrem a Etnomatemática e a TAS para embasar suas práticas de sala de aula considerando o contexto sociocultural dos discentes;
- Ofertar um curso de formação continuada para os docentes de matemática da EJA do município de Tracunhaém-PE embasado na Etnomatemática e na TAS, na perspectiva de promover mudanças metodológicas nas práticas de sala de aula destes docentes;
- Desenvolver uma proposta didática com a colaboração de docentes de matemática da EJA desse município e estudantes do curso de licenciatura em matemática da UPE, embasada epistemologicamente na Etnomatemática e pedagogicamente na TAS, com intuito de promover um ensino que oportunize uma aprendizagem significativa de matemática.

ALGUMAS ESPECIFICIDADES, INDAGAÇÕES E PERSPECTIVAS DA EJA

A EJA é uma modalidade de ensino que tem um público diferenciado, onde sua matrícula é facultada a qualquer adolescente, jovem ou adulto a partir de 15 anos completos que não teve direito de concluir o ensino na idade “apropriada” por motivos diversos, como orienta o artigo 5º da Resolução CNE/CEB nº 3/2010 (DOU de 16.06.2010).

Esta modalidade permite que seus aprendizes retornem os estudos e os concluam em menor tempo, possibilitando sua qualificação para conseguirem melhores oportunidades de emprego. É uma modalidade de ensino “excluída/esquecida” da sociedade, na qual os seus livros didáticos não são adequados a sua realidade. Por não possuir um currículo próprio, a EJA utiliza um recorte do currículo do ensino regular, descartando na maioria das vezes, os conteúdos mais complexos por acreditar que os aprendizes não irão compreender. Freire (1987) ressalta que não se pode ensinar estes aprendizes como se fosse uma “tábua rasa” ou uma turma do ensino regular, é preciso respeitar sua história de vida, seus conhecimentos e sua cultura. O educador da EJA precisa inovar sua prática em sala de aula, para que estes aprendizes permaneçam em sala e sintam-se estimulados a aprender, percebendo a importância da matemática para resolver situações práticas do cotidiano.

Os discentes da EJA geralmente são trabalhadores que largaram e retornam à escola por motivações diversas, mas muitos deles precisam serem estimulados por se sentir algum tipo de inferioridade, vergonha da sua história de vida, inclusive, de sua vida escolar. Para Gadotti (2005), os educadores da EJA carecem de respeitar os sentimentos,

os sonhos, os desejos de seus educandos e diagnosticar o perfil do grupo para entender suas dificuldades, planejar suas ações e encontrar uma filosofia que permita dialogar sem discriminação.

Nesse contexto, se torna importante lembrar que para Freire (1987, p. 34) “A educação é comunicação, é diálogo, na medida em que não é transferência de saber, mas um encontro de sujeitos interlocutores que buscam a significação dos significados”. Para este filósofo da educação, quem ensina também aprende e o que aprende também ensina.

Os elementos necessários para uma construção pautada em estratégias da EJA como responsabilidade pública, precisamos atentar para quem são os jovens e adultos em todas as suas especificidades enquanto sujeitos históricos, com seus direitos e condições específicas. Um aspecto a se considerar é criar situações para que os docentes da EJA conheçam estes jovens e adultos, trazendo à cena estudos que consolidem suas compreensões a partir da história social da juventude, numa perspectiva sociológica, antropológica e historiográfica.

Segundo Arroyo (2006), não podemos pensar em reconfigurar a EJA partindo em inserção escolar e sim, conhecer estes jovens e adultos e vê-los como alunos(as), superando um quadro negativo deste público que compunham um cenário de evasão, desistência, problemas de aprendizagem, retenção/reprovação, frequência irregular e outros elementos afins. Em se tratando de todas as vulnerabilidades, devemos enxergá-los não somente em suas carências notórias, mas como sujeitos históricos e as especificidades concernentes em suas trajetórias de humanização. Conforme o autor (p. 23), “[...] a EJA continua sendo vista como uma política de continuidade na escolarização. Nessa perspectiva, os jovens e adultos continuam vistos na ótica das carências escolares.”

Gadotti (2005) evidencia que uma educação básica para a EJA, deve considerar que: se trata de público que em sua maioria são trabalhadores que lutam para superar condições precárias de vida; o educador deve se colocar como meio, pois saberia mais como respeitar as condições culturais e valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes; a educação de adultos está condicionada às possibilidades de uma transformação real de suas vidas.

O conhecimento não é apenas o que é ensinado pelo professor, mas os significados produtivos dos alunos que trazem para sala de aula. Eles constroem suas identidades pessoais e sociais, tem sua leitura de mundo e da palavra, e constroem subjetividades como autores ativos dos seus mundos nas relações de interação com o professor (FREIRE, 1994, p. 17).

Na visão de Freire (1994), como o estudante desde cedo já possui conhecimento do mundo a educação não representa um ato aleatório onde o professor ensina. Como isso ocorre com as crianças, certamente acontecem com os jovens e adultos, portanto este saber adquirido no meio social deve ser levado em consideração no ato educativo pelo professor. No convívio com estudantes da EJA foi possível identificar que muitos deles se acham ignorantes, por isto argumentam não ter condições de aprender matemática. Isso justifica a preocupação de Fonseca (2012), sobre a necessidade de respeitar e considerar a diversidade inerente ao contexto cultural como meio para articular conhecimentos matemáticos.

O ARTESANATO DE BARRO DE TRACUNHAÉM-PE

O município de Tracunhaém fica localizado na Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco, Brasil, acerca de 59,7 km de Recife, via BR 408. Segundo o IBGE (2021), sua população é estimada de 13.856 habitantes. Tracunhaém é uma palavra do tupi-guarani (Tara-cuaém) que significa Formigueiro ou Panela de Formiga e foi criada como município pela lei estadual nº 4951 de 20 de dezembro de 1963. (TRACUNHAÉM, 2021)

Tracunhaém é considerada a “Capital do Artesanato de Cerâmica”, título designado pela Assembleia Legislativa do Estado de Pernambuco - ALEPE no dia 16 de março de 2016, pois neste município predomina a atividade no âmbito da cerâmica. Segundo a ALEPE (2016), 50% (cinquenta por cento) da população tracunhaense sobrevivem do artesanato de barro, seja ela direta ou indiretamente.

Artesanato envolve toda produção originada de uma transformação de matérias-primas, usando técnicas, habilidades, criatividade e valor cultural que o indivíduo possui. Se trata de uma produção manual, podendo ser auxiliado limitadamente por equipamentos. Desse modo, o artesão é o trabalhador que exerce este ofício manual (BRASIL, 2012).

Atualmente temos no município de Tracunhaém uma média de 80 núcleos de artesanato de barro em funcionamento, que produzem peças decorativas, utilitárias e artes sacras. Nestes núcleos trabalham aproximadamente 300 trabalhadores direta ou indiretamente, entre eles estão os artesãos, os artesãos mestres, artesãos oleiros, serventes, “bate bola”, operadores de máquinas, forneiros e peões.

O artesanato de barro de Tracunhaém é a principal atividade econômica e cultural deste município. Este artesanato é dotado de uma beleza ímpar e de um estilo próprio,

onde os artesãos transformam a argila em obras de artes, destacados nas peças decorativas, utilitárias e nas artes sacras.

As peças de barro moldada é marcada por uma tradição de uma cultura popular, produzida de forma manual, marcada pela preservação de saberes tradicionais, passada de geração a geração, transmitida de forma oral e empírica. Vale salientar que os tracunhaenses também praticam outros tipos de artesanatos, como por exemplo, bordados manuais, artesanato com garrafas pets, artesanato em madeira, entre outros.

METODOLOGIA

As abordagens investigativas conforme Sampierri, Collado e Lucio (2003) durante muitas décadas foram representadas por dois enfoques, o *quantitativo* e o *qualitativo*. E complementa se trata de perspectivas opostas, mas a partir da década de noventa há os que passaram a defender a mescla de ambos, como Denzin (1978) que a nomeou de *triangulação*.

No entanto, o enfoque qualitativo se mostra o mais adequado, entre outros aspectos por permitir que o pesquisador tenha condições de observar, compreender e interpretar os fenômenos ocorridos no campo de investigação. Para apresentar uma demarcação alusiva sobre esse enfoque basta apreciar o que diz Oliveira (2008, p. 60),

A pesquisa qualitativa pode ser caracterizada como sendo um estudo detalhado de um determinado fato, objeto, grupo de pessoas ou ator social e fenômenos da realidade. Esse procedimento visa buscar informações fidedignas para explicar em profundidade o significado e as características de cada contexto em que encontra o objetivo de pesquisa.

Devido aos propósitos educativos, a pesquisa-ação enquanto tipicidade de pesquisa empírica atende aos intentos inerentes a situação investigada, em particular, a colaboração entre pesquisador e participantes e a mudança de postura. A pesquisa-ação implica um estudo junto a grupos sociais, conforme Thiollent (1988, p. 15):

A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, e na qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Para este autor, a pesquisa-ação requer compromisso do pesquisador com os participantes, a fim de procurar meios coletivos para resolver problemas inerentes ao

ambiente pesquisado. A própria investigação constitui uma forma de ação, podendo servir como estratégia organizativa para agregar as pessoas ativamente em uma questão particular.

Baseado em Dionne (2007), utilizaremos às quatro fases norteadoras da pesquisa-ação: a *identificação* das situações iniciais, a *projeção* das ações, a *realização* das atividades previstas e a *avaliação* dos resultados obtidos. Apesar de serem etapas diferentes, as mesmas estão interligadas da intervenção planejada.

Por se tratar de uma pesquisa com viés etnográfico a coleta de dados envolve uma diversidade de instrumentos, por exemplo, entrevistas semiestruturadas, questionários, observação participante e pesquisas bibliográficas. O registro das informações levantadas consiste em anotações no diário de campo, transcrições das gravações em vídeo e em áudio, além disso, as fotografias selecionadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo em andamento, analisamos as atividades laborais dos trabalhadores do artesanato de barro do município de Tracunhaém-PE, com intuito de desvendar relações entre estas atividades e os conteúdos curriculares de matemática do ensino básico. Diagnosticamos que por carência em formação matemática que articule as práticas pedagógicas do docente com a cultura local, artesanato de barro, decorre que os mesmos tenham dificuldades de utilizar as diversidades de situações de ensino no âmbito deste contexto, sob a ótica da Etnomatemática.

Baseado neste pressuposto, ofertamos um curso de extensão com esta temática, no intuito de oportunizar mudanças epistemológicas e pedagógicas nos participantes, além disso melhorar o desempenho da aprendizagem matemática dos discentes com o uso adequado do conhecimento prévio dos mesmos.

Espera-se que a produção da proposta didática para o ensino da matemática na EJA no âmbito de uma formação continuada permita aos participantes conceber a importância de embasar seu saber/fazer em termos epistemológico e pedagógico. Em particular, reconhecer que incorporar a Etnomatemática como aporte epistemológico e elementos da TAS na EJA pode trazer mudanças relevantes para suas práticas de sala de aula.

Como produto, iremos propor a implantação de um Ateliê pedagógico, denominado “Olaria dos Saberes”, no município de Tracunhaém – PE. Este ambiente vai servir como laboratório de ensino, na expectativa de auxiliar os estudantes a minimizarem as dificuldades de compreensão matemática com a integração entre teórica com a prática.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos até o momento, podemos discorrer a relevância acerca do processo do curso de extensão no formato de formação/atualização para os participantes, vinculado a Teoria da Aprendizagem Significativa Ausubeliana e a Etnomatemática, no âmbito do Artesanato de barro.

Conclui-se que as ações realizadas até o momento no curso de extensão, vêm apresentando aos participantes a importância de dialogar com o ensino da matemática o contexto cultural, artesanato de barro. Utilizando o contexto cultural como subsunçores para o ensino da matemática pode contribuir para uma melhor compreensão dos conteúdos e os torná-los significantes para os discentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, N. C. L.; REBOUÇAS, A. P. S. **A BNCC e as implicações para o currículo do ensino Matemática**. Pesquisa em Foco, v. 25, n. 2, p. 107-123, 2020.

Disponível em:

<file:///D:/Desktop/rebou%C3%A7as%20e%20amaral%202020%20artigo.pdf>. Acesso em: 06/07/2021.

ARROYO, M. G. **Educação de Jovens e Adultos: um campo de direitos e de responsabilidade pública**. In: SOARES, L.; GIOVANETTI, M. A. G. de C.; GOMES, N. L. **Diálogos na educação de jovens e adultos**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick *et al.* Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D. P. **Adquisición y retención del conocimiento una perspectiva cognitiva**. Barcelona: Paidós, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. Brasília: MEC/SEF,1998.

BRASIL. **Base Conceitual do Artesanato Brasileiro**. Programa do Artesanato Brasileiro. Brasília, 2012. Disponível em: <https://manosdeartesano.files.wordpress.com/2013/06/base-conceptual-del-artesano-brasileiro.pdf>. Acesso em: 19/09/2021

BRASIL. **Conselho Nacional de Educação**. Resolução CNE/CEB 3/2010. Diário Oficial da União, Brasília, 16 de junho de 2010, Seção 1, p. 66. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=5642-rceb003-10&category_slug=junho-2010-pdf&Itemid=30192. Acesso em:19/09/2021.

CAMPOS, T.; NUNES, T. **Tendências Atuais do Ensino da Matemática**. Em aberto, ano 14, n. 62, abr/jun,1994.

DIONNE, H. **A pesquisa-ação para o desenvolvimento local**. Tradução: Michael Thiollent. Brasília: Liber Livro Editora, 2007.

D'AMBROSIO, U. **Etnomatemática: elo entre as transições e a modernidade**. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.

D'AMBROSIO, U. **Educação para uma Sociedade em Transição**, Campinas: Papyrus, 1999.

DENZIN, N. K. **The research act: A theoretical introduction to sociological methods**. 2. ed. Nueva York: McGraw-Hill, 1978.

FONSECA, Mara da Conceição F. R. **Educação matemática de jovens e adultos: especificidades, desafios e contribuições**. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2012.

FREIRE, P. **A importância do ato de ler: em três artigos que se completam**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 1994.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 15. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1987.

GADOTTI, M.; ROMÃO, J. E. (Orgs.). **Educação de jovens e adultos: teoria, prática e proposta**. 7. ed. São Paulo: Cortez. Instituto Paulo Freire, 2005- (Guia da escola cidadã; v.5).

IBGE. **Cidades@**. Tracunhaém-PE, 2010. Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/tracunhaem/panorama>. Acesso em:19/09/2021.

KNIJNIK, G. **Exclusão e resistência: Educação Matemática e Legitimidade Cultural**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. - Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

PERNAMBUCO. **Assembleia Legislativa de Pernambuco (ALEPE)**, Recife 09 de nov. de 2015. Disponível em: <http://www.alepe.pe.gov.br/proposicao-texto-completo/?docid=E91956B303779EC303257EF80065D60B>. Acesso em:19/09/2021.

SAMPIERI, H. R.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodología de la Investigación**. México: McGraw-Hill, 2003.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1998.

TRACUNHAÉM (Município). **História de Tracunhaém**. Tracunhaém/PE: Secretaria de Cultura e Turismo, 2021. Disponível em: <http://tracunhaem.pe.gov.br/historia/>. Acesso em: 19/09/2021.

VERGANI, Teresa. **Educação Etnomatemática: o que é?** Natal: Flecha do Tempo, 2007.

Capítulo 8 - DOI:10.55232/10830014.8

ANÁLISE DA PRESENÇA DE BEV (BATTERY ELECTRIC VEHICLE) CONSIDERANDO TECNOLOGIA V2G (VEHICLE-TO-GRID) PARA CONSUMIDORES RESIDENCIAIS SOB A TARIFA BRANCA

José Diogo Forte de Oliveira Luna, Gustavo Catusso Balbinot, Rafael Pissinati de Souza, Artur Vitório Andrade Santos, Vitor Queiroz Cavalcante de Oliveira

RESUMO: A crescente demanda por energia trouxe mudanças nos sistemas de tarifação ao redor do mundo. No Brasil, o advento da tarifa branca é uma forma de proporcionar um estímulo a mudança dos hábitos de consumo e promover um deslocamento do pico de demanda diário. O presente artigo investiga o efeito da presença de veículos elétricos a bateria (BEV) com capacidade de fluxo bidirecional de energia (v2g) na conta de luz de consumidores optantes pela tarifa branca mediante uma estratégia de carregamento inteligente. Para gerenciar a carga do BEV, é formulado um controle preditivo baseado em modelo (MPC) econômico e a técnica é validada através de simulação computacional. Os resultados sugerem que a presença do BEV insere um grau de flexibilidade na curva de demanda que possibilitaria a adoção da tarifa branca mesmo sem mudança significativa do hábito de consumo do residente.

Palavras-chave: Tarifa Branca, Veículo Elétrico a Bateria, Controle Preditivo Baseado em Modelo

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia trouxe, nos últimos anos, mudanças nos paradigmas de geração e consumo. O advento da Tarifa Branca, no Brasil, é uma decorrência desse cenário. Esta modalidade tarifária, que contempla valores diferentes para os horários fora de ponta, intermediário e de ponta, para consumidores do grupo B, busca estimular a redução do consumo de energia nos horários mais críticos para a rede nacional (RODRIGUES e CARLO, 2020). Isto acontece por o valor da Tarifa Branca, fora de ponta, ser menor que a tarifa convencional, sendo, porém, mais cara, nos outros dois períodos. Deste modo, os consumidores optantes desta tarifa têm sua cultura de consumo impactada para objetivar a redução na tarifa (ANEEL, 2019).

Outra tecnologia emergente se refere ao crescimento da presença de veículos elétricos, os quais trazem consigo uma filosofia de minoração dos impactos ambientais. Em particular, destacam-se os veículos elétricos a bateria (BEV), aqueles com tração exclusivamente elétrica e dotadas de bateria para armazenar energia (SAUSEN et al., 2018).

Embora a presença de BEVs constitua, a princípio, uma carga a mais para ser alimentada, quando se trabalha com carregamento inteligente, sua presença pode ser utilizada em benefício do consumidor. O conceito de veículo-para-rede (v2g) descreve a possibilidade de fluxo bidirecional de potência a partir da bateria do carro elétrico. Deste modo, pode-se carregar a bateria quando a energia é barata e utilizar esta energia armazenada, em lugar de comprar da rede, quando a tarifa é maior (DE LAZARI e SPERANDIO, 2019).

Para fazer o controle do carregamento da bateria do BEV, uma técnica de controle preditivo baseada em modelo (MPC) é uma candidata bastantes usual na literatura (PAHASA e NGAMROO, 2014), (TANG e ZHANG, 2018) e (DIAZ et al., 2018). O MPC é uma filosofia de controle onde o controlador resolve um problema de otimização, utilizando previsões das saídas futuras dentro de um horizonte de predição, considerando restrições e um modelo de predição.

OBJETIVOS

A pesquisa visa analisar os benefícios de se ter um BEV operando em v2g, comparando os preços diários nas duas modalidades de tarifas disponíveis, a tarifa

convencional e a tarifa branca, considerando ausência de geração distribuída e a manutenção dos hábitos de consumo do residente.

METODOLOGIA

Para que os estudos gerassem dados consistentes foi modelado uma residência com distribuição de carga ao longo de um dia, ou seja, a simulação seria rodada com um intervalo de 24 horas para que os dados fossem padronizados e o mais perto possível da realidade. A curva de carga residencial empregada foi baseada nos dados do PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) (2016). Desta forma o perfil de carga utilizado corresponde com o padrão esperado de uma residência brasileira.

Para a parametrização da bateria do veículo utilizou-se dados técnicos de fabricantes deste tipo de veículo. Adotou-se uma capacidade de 30 kWh, com um rendimento de 4,4 km/kWh. Adicionalmente, adotou um carregador de bateria residencial de 6 kWp, sendo essa, portanto, a taxa máxima de carga e de descarga da bateria do BEV.

Diante disso foram consideradas algumas condições iniciais da simulação: a bateria do carro inicia com 40% de sua capacidade e inicialmente a residência está consumindo da rede.

Para a gestão de energia da residência foi proposto o uso de um MPC econômico, cuja função de custo compreende a tarifa de energia bem como uma penalidade na variação da taxa de carga da bateria, evitando ciclos de carga e descarga muito frequentes:

$$J = \sum_{j=1}^N P_{red}(k+j)T_s C_{red}(k+j) + \sum_{j=1}^N \lambda_{bat}(P_{bat}(k+j) - P_{bat}(k+j-1))^2$$

onde N é o número de amostras do horizonte de predição, P_{red} é a potência suprida pela distribuidora, T_s é o período de amostragem, C_{red} é o valor da tarifa de energia, λ_{bat} é a ponderação na variação na taxa de carga ou descarga da bateria do BEV e P_{bat} é a potência consumida pelo carregamento do BEV.

Nas restrições do controlador foram incluídos limites de operação, o modelo dinâmico do estado de carga (SoC) da bateria e o balanço de potência. O balanço de potência é incluído como:

$$P_{car}(k+j) + P_{bat}(k+j) = P_{red}(k+j), \forall j \in \{1, N\}$$

sendo P_{car} a potência da carga da residência. Assume-se aqui a disponibilidade de predição perfeita da carga no horizonte de predição. Dentre as restrições de limites

operacionais, cabe destacar que não é permitido carregar o SoC da bateria do BEV acima de 100% nem descarregar a menos de 30% a fim de preservar a bateria:

$$1 \geq \text{SoC}(k + j) \geq 0,3 \forall j \in \{1, N\}$$

E, adicionalmente, é necessário limitar a taxa de carga e descarga:

$$P_{bat}^{max} \delta_{bev}(k + j) \geq P_{bat}(k + j) \geq P_{bat}^{min} \delta_{bev}(k + j) \forall j \in \{1, N\}$$

onde P_{bat}^{max} e P_{bat}^{min} são as taxas máximas de carga e descarga, respectivamente, e δ_{bev} é uma variável binária que representa que o BEV está estacionado ou não, forçando a taxa a zero se o carro não estiver disponível.

O modelo dinâmico do estado de carga da bateria é incluso no problema como:

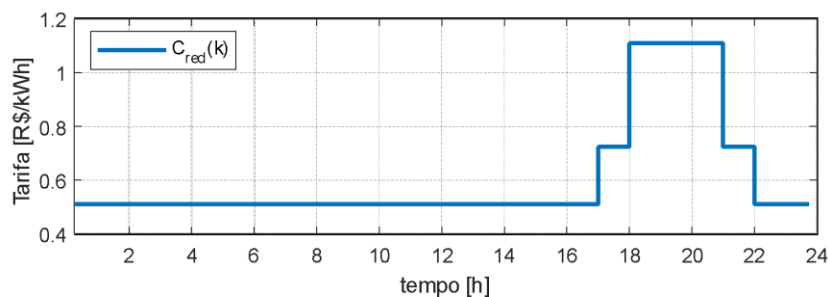
$$\text{SoC}(k + j) = \text{SoC}(k + j - 1) + \frac{T_s}{C_{bat}} P_{bat}(k + j - 1) \forall j \in \{1, N\}$$

sendo C_{bat} a capacidade da bateria do BEV.

O MPC proposto adotou um horizonte de predição de 10 horas com um tempo de amostragem de 15 minutos. Assume-se que os horários de saída e chegada do BEV são conhecidos: o motorista estará em casa entre 12h00 e 13h30, no horário de almoço, e de 18h00 até 7h00 do dia seguinte. Neste sentido, foi incluída uma restrição para que o carregamento completo seja forçado no horário de saída matutino.

Para fins de comparação, foram estudados os custos das tarifas dadas em Rondônia, pela concessionária Energisa, e em Santa Catarina, onde a responsável é a Celesc. Sendo a tarifa convencional da Energisa 0,57682 R\$/kWh, e da Celesc de 0,46978 R\$/kWh. A tarifa branca pela Energisa tem-se os valores, 1,10970 R\$/kWh no horário de ponta, 0,72347 R\$/kWh para o horário intermediário e 0,50983 R\$/kWh para fora de ponta, ilustrada na Figura 1. Pela Celesc têm-se 0,8391 R\$/kWh no horário de ponta, 0,53394 R\$/kWh para o horário intermediário e 0,39765 R\$/kWh para fora de ponta.

Figura 1: Tarifa branca em Rondônia.



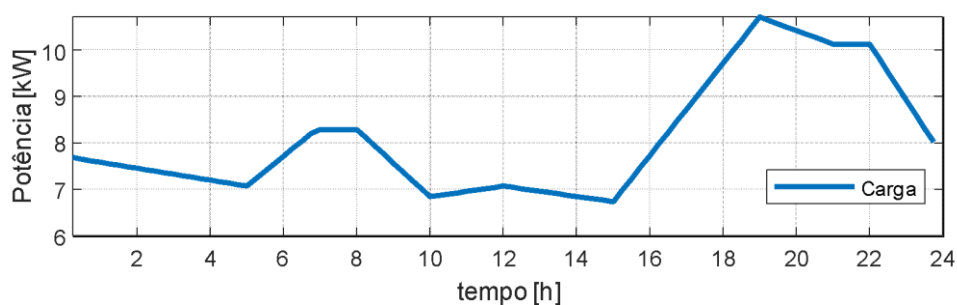
Fonte: Autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ilustrar a operação do carregamento do BEV controlado pelo MPC formulado, apresenta-se a seguir o caso de tarifa branca com os valores praticados em Rondônia. A simulação foi rodada utilizando o Gurobi como solver e o pacote Yalmip (LÖFBERG, 2004) como parser.

A Figura 2 retrata o perfil de consumo da residência, excetuando o carregamento do BEV, sendo este perfil baseado nos dados do PROCEL (2016). Nota-se que existe um pico de consumo cedo pela manhã e outro, mais significativo, durante as primeiras horas da noite, que coincide, justamente, com o horário de pico da tarifa branca.

Figura 2: Perfil de carga.

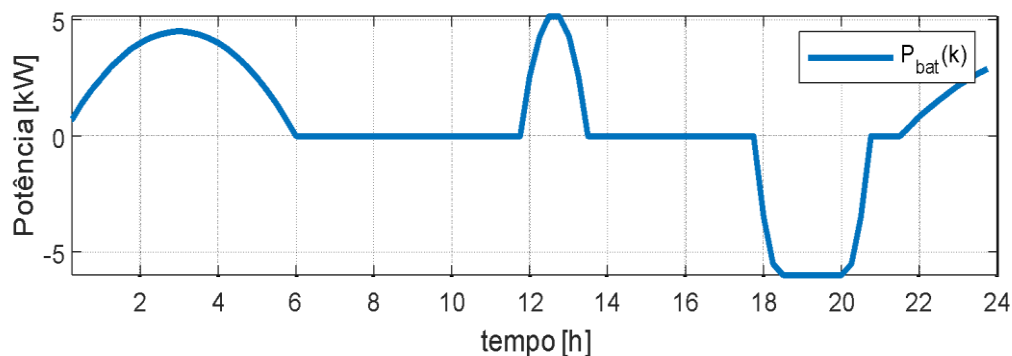


Fonte: Autor.

Como pode ser observado nas Figura 3 e 4, o BEV inicia o dia 40% carregado e é carregado até atingir os 100% próximo das 6h da manhã, estando pronto para a rotina matinal do residente. Cabe notar que, por conta da ponderação na variação da taxa de carga da bateria, a curva de potência varia de forma suave. No horário de almoço, iniciando ao meio dia, carro é novamente carregado, para o uso, no intuito, também, de estar o mais carregado possível no horário de ponta.

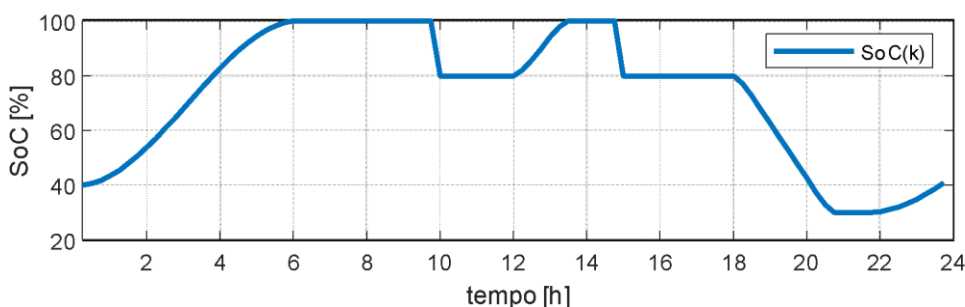
Quando o carro é estacionado de volta, às 18h, ao invés de carregar o carro, o controlador decide usar a capacidade de $v2g$ e descarregar a bateria para minorar o consumo de energia da concessionária no horário de ponta, usando a bateria do BEV para suprir a demanda de parte da carga da unidade consumidora. Após a bateria do BEV atingir o SoC mínimo, às 20h45, o carregador fica inerte até o fim do horário intermediário, iniciando a carga do BEV após às 22h, aproveitando a menor tarifa.

Figura 3: Taxa de carga e descarga do BEV.



Fonte: Autor.

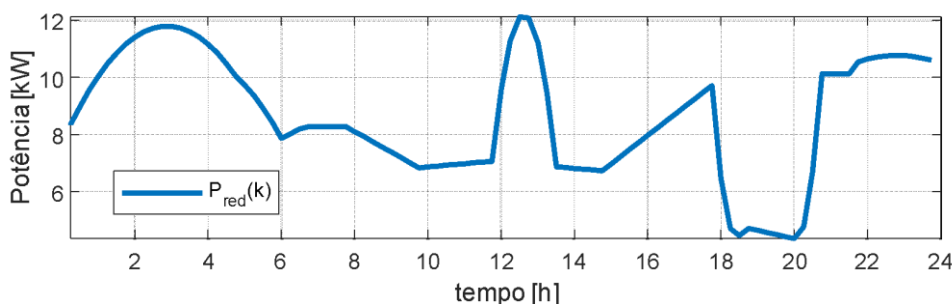
Figura 4: Estado de carga da bateria do BEV.



Fonte: Autor.

Deste modo, conforme ilustrado na Figura 5, o consumo de energia da distribuidora é a soma da demanda das cargas convencionais e do carregador do BEV. Comparando-se com o perfil visto na Figura 2, é possível notar que houve um deslocamento dos picos de consumo, realizando uma ceifa do pico no horário de ponta e um preenchimento dos vales na madrugada e no horário de meio dia.

Figura 5: Potência fornecida pela rede.



Fonte: Autor.

O resultado da simulação com os valores de custo atribuído pela Energisa foi para de para a tarifa branca foi de R\$ 111,29 diário, utilizando esse valor constante, o valor mensal seria de R\$ 3.338,65 mensal e pela tarifa convencional o valor diário seria de R\$

119,99, utilizando o valor diário como base têm-se um custo mensal de R\$ 3.599,92. Utilizando o valor da Celesc foi para a tarifa branca de R\$ 85,78 e para a tarifa convencional R\$ 97,72, logo mensal para tarifa branca seria de R\$ 2.573,40 e para a convencional foi de R\$ 2.931,88.

Isto ilustra que, para o caso em análise, mesmo sem alteração na cultura de consumo do residente, tendo seu pico de carga no horário de ponta, a presença do BEV com capacidade de operação v2g foi capaz de mitigar o pico e viabilizar a adoção da tarifa branca por este consumidor.

Dentro desses resultados foi possível observar dois comportamentos levemente distintos, em Rondônia o consumidor ter uma vantagem menos significativa entre as tarifas reduzindo em apenas 7,26% o a conta de energia. Por sua vez, em Santa Catarina, pode-se observar uma diferença mais expressiva nos valores, apresentando uma redução de 12,23% na conta ao final do mês. Cabe destacar, que a presença do v2g garante a flexibilidade uma vez que o controlador pode decidir comprar mais energia no horário fora de ponta, armazenando-a na bateria do veículo, e consumir tal energia no horário de ponta. Esta versatilidade gera a redução da conta de energia, mesmo sem o consumidor alterar seu perfil de consumo. Caso o consumidor tenha a disciplina para alterar sua cultura de consumo, deslocando cargas para fora do horário de ponta, mudando, assim, sua curva de carga, a adoção da tarifa branca seria ainda mais vantajosa.

CONCLUSÕES

O presente estudo apresentou os resultados da presença de veículos elétricos a bateria operando em v2g na redução do custo mensal de energia para clientes optantes da tarifa branca mesmo sem alteração na curva de carga. Embora o estudo tenha sido feito para um caso particular, de posse de tais resultados, pode-se extrapolar que existem indícios do efeito positivo da adoção de BEVs com capacidade de v2g para realizar alteração no perfil de demanda diário, mediante um incentivo financeiro como a tarifa branca. Adicionalmente, com ajustes na cultura de consumo dos residentes a vantagem seria ainda maior.

Desta forma pode-se concluir que a operação em v2g, além dos benefícios à rede, ampliando aqueles pretendidos pela implantação da tarifa branca, ainda possibilita benefícios ao consumidor que vê sua tarifa mensal reduzida.

Constata-se ainda, a necessidade de estudos futuros em relação a determinação de um critério relacionando a diferença de valores entre as tarifas para que seja vantajoso adotar a tarifa branca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL.Tarifa Branca. Brasília: National Agency of Electrical Energy - ANEEL, 2019.<http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>. accessed in June, 2019.

DE LAZARI, Gustavo Mores; SPERANDIO, Mauricio. Vehicle-to-Home Evaluation in Brazil. In: 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference-Latin America (ISGT Latin America). IEEE, 2019. p. 1-6.

DIAZ, Cesar et al. Understanding Model Predictive Control for Electric Vehicle Charging Dispatch. In: 2018 53rd International Universities Power Engineering Conference (UPEC). IEEE, 2018. p. 1-6.

LOFBERG, Johan. YALMIP: A toolbox for modeling and optimization in MATLAB. In: 2004 IEEE international conference on robotics and automation (IEEE Cat. No. 04CH37508). IEEE, 2004. p. 284-289.

PAHASA, Jonglak; NGAMROO, Issarachai. PHEVs bidirectional charging/discharging and SoC control for microgrid frequency stabilization using multiple MPC. IEEE Transactions on Smart Grid, v. 6, n. 2, p. 526-533, 2014.

PROCEL.Avaliação do Mercado de Eficiência Energetica do Brasil. Rio de Janeiro,2006.

RODRIGUES, Matheus Gomes; CARLO, Joyce Correna. Impactos da geração distribuída fotovoltaica e da tarifa branca no consumo do setor residencial. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, v. 11, p. e020018-e020018, 2020.

SAUSEN, J. Passinato et al. Economic feasibility study of using an electric vehicle and photovoltaic microgeneration in a smart home. IEEE Latin America Transactions, v. 16, n. 7, p. 1907-1913, 2018.

TANG, Wanrong; ZHANG, Ying Jun Angela. A model predictive control approach for low-complexity electric vehicle charging scheduling: Optimality and scalability. IEEE transactions on power systems, v. 32, n. 2, p. 1050-1063, 2016.

ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE BEBIDA FERMENTADA TIPO KOMBUCHA

Thalyne Mariane da Silva Santana, Marcos Silva de Sousa, Maressa de Oliveira Mendes, Luana Costa de Souza, Kariny Pereira da Silva, Wallesson Adriano Pinto Dos Santos, Ellen Fernanda Silva Campos, Evelyn Ravena Rodrigues Damasceno, Jad Lorena Feitosa Simplicio

RESUMO: O kombucha é uma bebida fermentada probiótica consumida em todo o mundo, onde é responsável por fornecer diversos ácidos e nutrientes ao organismo, assim, contribuindo na melhoria da saúde do consumidor. Dessa forma, o presente estudo trata-se de um artigo de revisão interativa que tem como objetivo analisar a importância da bebida do tipo kombucha, bem como a ação e a atividade antimicrobiana do fermentado inoculado em chá verde e chá preto além de suas diferenças e semelhanças baseadas na literatura científica, ressaltando os seus benefícios. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica onde foram utilizados 15 trabalhos, por meio das palavras chaves: Kombucha; Probióticos; Fermentação. A produção encontrada foi analisada conforme os parâmetros: autores, título, tipo de estudo, objetivos, resultados e conclusão. Verificou-se que existem vários relatos dos efeitos benéficos para a saúde pelo o uso da bebida, como os ácidos orgânicos que são produzidos durante a sua fermentação, entretanto ainda são necessários estudos clínicos e pesquisas para entendimento dos vínculos entre os parâmetros da fermentação e as atividades funcionais da bebida.

Palavras-chave: Kombucha, probióticos, fermentação.

INTRODUÇÃO

A produção de alimentos fermentados vem se tornando uma das maiores tendências da alimentação atual. Dentre essas tendências, o preparo de alimentos com propriedades medicinais, entre eles a Kombucha, se destaca por possuir uma população microbiana rica e apresentar características probióticas sendo bastante usada como alimento funcional. A Kombucha é um refresco obtido por meio da fermentação do chá, de ser considerada uma bebida milenar, a mesma só começou a se popularizar no século XX e na contemporaneidade o interesse se tornou crescente principalmente devido as suas características nutricionais. É um dos mais populares alimentos fermentados consumidos no mundo, principalmente no oriente por possuírem um hábito cultural de consumir chá.

As características dessa bebida variam muito pois dependem de fatores, tais como o tipo de chá utilizado como base e os microrganismos presentes. Basicamente a Kombucha é produzida a partir de chás adoçados como o tradicional chá preto ou chá verde que são fermentados por uma simbiose de bactérias e leveduras denominado SCOBY (Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeast - Cultura Simbiótica de Bactérias e Leveduras) (MARSH et al., 2014; VILLARREAL-SOTO et al., 2018).

Ao ser adicionado no chá essa colônia de bactérias e leveduras funcionam como um agente que ativa a produção dos organismos, transformando o açúcar em microrganismos probióticos, se tornando assim uma bebida rica em vitamina B e bactérias benéficas que auxiliam na digestão e na absorção de nutrientes, além fortalecer o sistema imunológico. Durante o processo para a obtenção da bebida, ocorrem mudanças nas substâncias do chá usado e isso faz com que os microrganismos produzam ácidos orgânicos em grande escala (glicônico, acético e lático) gás carbônico e álcool, ocasionando em novos produtos bioativos com propriedades essenciais para a saúde humana (MARSH et al., 2014; VILLARREAL-SOTO et al., 2018).

O crescente interesse no consumo de Kombucha se baseia na tendência de consumidores pela busca por um estilo de vida mais saudável, com preferência por produtos minimamente processados, sem aditivos químicos, com alto valor nutricional (VILLARREALSOTO et al., 2018). Para este proposto, o Kombucha se apresenta como uma bebida gaseificada refrescante, natural, probiótica, semelhante a um espumante. Possui propriedades antioxidantes e detoxificantes que são ocasionadas devido ao princípio ativo substrato fermentável, tornando o chá usado no preparo extremamente rico em compostos fenólicos (CHAKRAVORTY et al., 2016; FILIPPIS et al., 2018).

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica acerca do que há disponível na literatura sobre os estudos *in vitro* e *in vivo* sobre Kombucha; cumprindo como objetivos específicos:

- Levantamento dos diferentes processos de obtenção da bebida, as características do SCOBY e suas aplicações.
- os benefícios do consumo
- regulamentações impostas para a produção e comercialização do kombucha
- Apresentar a importância da pesquisa científica para o desenvolvimento de uma nova bebida.

METODOLOGIA

Este estudo é uma revisão interativa da literatura sobre do Kombucha, a ação antibacteriana do fermentado produzido a partir de kombucha inoculado em chá verde e chá preto além de suas diferenças e semelhanças. A revisão foi desenvolvida em seis etapas, são elas: formulação do problema de pesquisa, levantamento de dados, análise e interpretação dos dados, apresentação e discussão dos resultados e conclusão. A busca das referências foi feita nas bases de dados Scielo e Google Acadêmico, usando os descritores: Chá de Kombucha, Fermentação, Atividade antimicrobiana e Probióticos.

Foram utilizados estudos em português e inglês, publicados preferencialmente entre 2010 e 2020. Também foram usados livros, monografias, trabalhos de conclusão de curso e artigos. Ao todo foram utilizados 15 trabalhos para fundamentação temática. Realizou-se a leitura dos resumos para seleção dos que estavam relacionados ao tema pesquisado, obtendo-se um total de 9 artigos. Em seguida, esses artigos foram lidos na íntegra, sendo selecionados 5 deles.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os benefícios da Kombucha

Entre seus efeitos benéficos da kombucha destacam-se a redução de níveis glicêmicos, a modulação de dislipidemias, a atividade anticarcinogênica, antioxidante e desintoxicante. Pesquisas realizadas apontam que o seu consumo está associado a melhora da resposta imune e ao tratamento de úlceras gástricas, outras pesquisas também mostraram que o Kombucha inibe bactérias patogênicas como *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Shigella disenteriae*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas fluorescens* e *Staphylococcus aureus* (TONETTO, S. R., 2020).

Para ao preparo da Kombucha, há diversas etapas sendo estas sujeitas a variáveis, por isso o interesse da comunidade científica em trabalhar com esta bebida é crescente. Então, torna-se necessário o conhecimento de todas elas para que possam ser controladas, o que poderá ser obtido com investimento em educação e orientações claras e precisas quanto aos passos do processo. Existem poucos estudos científicos sobre o Kombucha, neste sentido a problemática desse trabalho visa apresentar as características do chá Kombucha, benefícios e/ou riscos do seu consumo, contribuindo como fonte de informações para estudantes, profissionais na área da saúde, e demais interessados que atuem nesse campo.

Foram utilizados estudos experimentais e descritivos qualitativos que abordaram sobre o benefício do uso da Kombucha, sendo encontradas diversas informações, principalmente no que diz respeito às características probióticas e funcionais. Dentre os materiais selecionados, realizou-se a leitura dos resumos para seleção dos que estavam relacionados ao tema pesquisado. Dessas, uma foi publicada no ano de 2016, uma em 2017, uma em 2018, uma em 2019, e uma em 2020.

Conforme o Quadro 1, os artigos foram analisados e organizados os quais apresentaram achados significativos sobre o uso do chá de Kombucha.

Quadro 1 - Síntese dos estudos selecionados sobre o efeito do uso da Kombucha.

Autor/ Periódico/Loca l	Título/Tipo de estudo	Objetivo	Resultados	Conclusão
--	----------------------------------	-----------------	-------------------	------------------

Stéphany C, et al. Revista Infarma Ciências Farmacêuticas 2018 – Brasil	Kombucha: efeitos <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> Revisão	Revisão acerca do que há disponível na literatura sobre os estudos <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> .	Os estudos apontaram os seguintes benefícios relacionados à composição química do kombucha.: atividade antioxidante, antibacteriana, antifúngica, efeito probiótico e etc.	O consumo da kombucha pode trazer benefícios à saúde, tanto por sua composição, devido às cepas presentes, quanto pelos constituintes químicos presentes na infusão de <i>Camellia sinensis</i> .
Paludo, N. Universidade Federal do Rio Grande do Sul 2017 – Porto Alegre Monografia	Desenvolvimento e caracterização de kombucha obtida a partir de chá verde e extrato de erva-mate: processo artesanal e escala laboratorial Experimental	Comparar a atividade antioxidante e compostos fenólicos com uma kombucha comercial.	A escala laboratorial com controle de parâmetros é uma das alternativas para uma possível padronização da bebida, por conter microrganismos aeróbios e anaeróbios simultaneamente.	A kombucha desenvolvida em escala laboratorial foi superior em algumas análises e abre possibilidades de novos estudos que aperfeiçoem os parâmetros para uma produção padronizada e em escala industrial.
Yara L, et al. Revista Referências em Saúde da 2020 - Goiás	Kombucha: características e aspectos biológicos Revisão	Fornecer orientações de preparo, bem como alegações dos benefícios para a saúde baseados na literatura científica.	Os casos de toxicidade pelo uso do Kombucha são muito escassos e isolados. A toxicidade deve ser avaliada minuciosamente usando procedimentos modernos.	Há vários parâmetros a serem experimentados para que o consumo de Kombucha como alimento funcional saudável tenha credibilidade e seja usado com segurança por seus consumidores.
Jéssica S. Monografia Universidade Federal de Santa Catarina	Kombucha fermentada a partir de resíduo de acerola.	Avaliar o efeito da concentração do extrato de acerola na produção de kombuchas	As análises da kombucha fermentada em chá verde apresentaram os resultados esperados	Constatou-se que o extrato de resíduos de acerola pode ser uma alternativa interessante para a produção de celulose. pois a formação da SCOBY nos sistemas

2019 - Florianópolis	Experimental	e compará-la com a do extrato de chá verde.		com extrato de acerola excedeu as expectativas.
Mafalda J. Monografia Instituto superior de agronomia 2016 - Lisboa	Kombucha: caracterização da microbiota e desenvolvimento de novos produtos alimentares para uso em restauração	Caracterizar a microbiota da kombucha.	A mistura em chá verde ficou menos agradável em termos de aroma e sabor, quanto à mistura em chá preto, apesar de não ter ficado como se esperava, apresentou sabor e aroma agradáveis.	Não foi possível a criação de um inóculo. Esperava-se obter uma bebida com a soma das características de cada kombucha original, contudo, não foi o que se obteve.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O primeiro artigo “Kombucha: efeitos *in vitro* e *in vivo*” de Stéphanie C, et al., de 2018, trouxe os seguintes achados:

- a) O uso da *Camellia sinensis* como substrato potencializa o processo de fermentação influenciando para melhorar as propriedades antioxidante e anti-inflamatório do kombucha
- b) A microbiota intestinal está sujeita a rígido controle, pois, do contrário, não possuiria as suas características numéricas e de equilíbrio. Por ser um probiótico e um simbiótico o kombucha apresenta função regulatória, definido como uma combinação de prebióticos e probióticos

O segundo artigo “Desenvolvimento e caracterização de kombucha obtida a partir de chá verde e extrato de erva-mate: processo artesanal e escala laboratorial” de Paludo, N. de 2017, trouxe os seguintes achados:

- a) Já se tem estudos acerca do kombucha, entretanto e de sua microbiota, entretanto seu funcionamento ainda não está bem definido e padronizado. Por isso o presente estudo despertou interesse para futuros estudos para uma padronização em maior escala da kombucha e possibilitou compreender melhor como os microrganismos interagem entre si.

- b) A kombucha desenvolvida em escala laboratorial foi superior em algumas análises e abre possibilidades de novos estudos que aperfeiçoem os parâmetros para uma produção padronizada e em escala industrial.
- c) No estudo, foi notado maior teor de sacarose durante (4 dias) e ao final (7 dias) da fermentação ocorre na kombucha de erva-mate, tanto na escala artesanal quanto na laboratorial, e, o chá verde artesanal apresentou o menor nível de sacarose, e os maiores níveis de seus subprodutos: glicose, frutose e ácido acético.
- d) Produzir o chá de Kombucha antioxidante por uma rápida fermentação do chá verde de baixo custo pode ser ideal e econômico.

O terceiro artigo “Kombucha: características e aspectos biológicos”, Yara L, et al., de 2020, trouxe o seguinte achado:

- a) A principal propriedade biológica avaliada durante o estudo foi a simbiótica (combinação entre probióticos e prebióticos), que tem como função controlar e equilibrar a microbiota intestinal.
- b) A capacidade desintoxicante do Kombucha ocorre devido ao ácido glicurônico, que é formado durante o metabolismo do açúcar.
- c) Outro fator analisado durante o estudo é a capacidade de toxicidade pois há alguns relatos de que o consumo do kombucha pode ser prejudicial quando a preparação for feita incorretamente acarretando em efeitos alergênicos, por isso, é necessário realizar mais estudos a respeito.

O quarto artigo “Kombucha fermentada a partir de resíduo de acerola.”, de Jéssica S., de 2019 trouxe o seguinte resultado:

- a) Durante o período fermentativo as análises de variação do pH, compostos fenólicos e atividade antioxidante além da produção de biofilmes, mostraram que os extratos são uma alternativa ao chá verde para do kombucha.
- b) Os resultados das análises para as kombuchas fermentadas no meio de extratos de acerola foram comparadas com a bebida tradicional, caracterizando que em concentração de 6% apresentou a segunda maior queda de pH, de 3,13 para 2,49, apontando a formação de ácidos que caracterizam a bebida tradicional que foi preparada com o tradicional chá verde.

Por fim, o quinto e último artigo “Kombucha: caracterização da microbiota e desenvolvimento de novos produtos alimentares para uso em restauração”, de Mafalda J., de 2016, chegou à seguinte conclusão:

- a) Os resultados obtidos demonstraram que, o produto fermentado pode ser usado de forma corrente na área da restauração.
- b) Segundo o estudo, o líquido fermentado pode ser transformado em gel podendo ser consumido como uma sobremesa, e pode ser utilizado também para a elaboração de um sorbet de kombucha, entre outras aplicações.
- c) No trabalho foram identificados quatro microrganismos diferentes da kombucha analisada, três leveduras (*Candida californica*, *Zygosaccharomyces rouxii* e *Metschnikowia pulcherrima*) e uma bactéria acética do género *Acetobacter*.

A bactéria *Acetobacter* e as bactérias acéticas subsequentemente não formaram uma película celulósica na superfície do chá, com isso não foi possível ter a criação de um inóculo que fosse capaz de produzir uma kombucha semelhante àquela resultante da mistura das culturas K3 (LBM, ISA-UL) e KB (Braga) em chá preto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O chá de kombucha apesar de ser uma bebida considerada antiga, não se encontra ainda tão bem caracterizado como uma das bebidas mais comuns. O que se espera é que a bebida se popularize devido ao crescente número de estudos em torno de suas propriedades nutricionais.

A revisão bibliográfica dos estudos sobre o chá de Kombucha possibilitou identificar que seu consumo pode trazer benefícios à saúde, tanto por sua composição, devido às cepas presentes, quanto pelas propriedades benéficas dos constituintes químicos presentes na infusão de *Camellia sinensis*. facilitando o planejamento de pesquisas futuras.

Com relação aos resultados da pesquisa, chegou-se às seguintes considerações finais: os probióticos são muito importantes para a saúde do nosso organismo; a microbiota intestinal desempenha importante papel em nossa saúde e na proteção do organismo contra infecções e também outras doenças; produzir chá de Kombucha antioxidante por uma rápida fermentação do chá verde é econômico; o chá de Kombucha pode ser usado para prevenir infecções; o SCOBY foi avaliado como um excelente exemplo de biofilme e pode ser usado como uma alternativa à celulose tradicional em várias aplicações. Este produto apresenta bastante potencial de acordo com os estudos já realizados, porém, os compostos ativos nela

presentes e os seus mecanismos de ação, preparo e toxicidade precisam ainda de ser estudados e avaliados.

REFERÊNCIA

BRUSCHI, J.S., SOUSA, R.C.S., MODESTO, K.R. **O ressurgimento do chá de kombucha.** Revista de Iniciação Científica e Extensão - REIcEn, v. 1, n. Esp., p. 162– 168. Setembro de 2020. Disponível em: <http://bit.ly/2vdFTIe>

BUZIA OD, FASIE V, MARDARE N, DIACONU C, GURAU G, TATU AL. **formulation, preparation, physico-chemical analysis, microbiological peculiarities and therapeutic challenges of extractive solution of kombucha.** Rev. chim. 2018;69(3):720-724.

CARVALHO SP. **Desenvolvimento de vinagres a partir de chás e infusões.** [Dissertação] Lisboa: Universidade de Lisboa, Lisboa. 2016.

CASTRO, M. C.; CORDEIRO, A. M. **Paulo Freire e suas contribuições para a educação.** Ensino em Perspectivas, v. 2, n. 3, p. 1-5, 2021.

CHAKRAVORTY, S. et al. **Fermentação do chá de Kombucha: Dinâmica microbiana e bioquímica.** Revista Internacional de Microbiologia Alimentar, v. 220, p. 63-72, 2016.

COELHO, R. M. D. et al. **Kombuchá.** Revista Internacional de Gastronomia e Ciência Alimentar, v. 22, p. 100272, 2020.

DE FILIPPIS, F. et al. **Different temperatures select distinctive acetic acid bacteria species and promotes organic acids production during Kombucha tea fermentation.** Food microbiology, v. 73, p. 11-16, 2018.

DOS SANTOS BRUSCHI, J.; DOS SANTOS SOUSA, R. C.; MODESTO, K. R. **O ressurgimento do chá de kombucha.** Revista de Iniciação Científica e Extensão, v. 1, n. Esp, p. 162-168, 2018.

FUNDAÇÃO TELEFÔNICA VIVO. **Entenda por que a pesquisa científica é importante para a sociedade.** Disponível em: <<https://fundacaotelefonica vivo.org.br/noticias/pesquisa-cientifica-importancia/>>. Acesso em 17 de abril de 2022.

GHENOV, Fernanda. **Avaliação in vitro das atividades antioxidante e antimicrobiana de extratos hidroalcoólicos de chá preto (Camellia sinensis) e dos cogumelos Shiitake (Pleurotus ostreatus) e Shimeji (Lentinula edodes).** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GOMES, J. M. F.; PAULA, R. **Importância da pesquisa científica no ensino superior: O professor pesquisador.** 3º Seminário Pesquisar. Faculdade Alfredo Nasser, Goiânia, 2014.

MAIA, Yara Lúcia Marques et al. **Kombucha: características e aspectos biológicos.** Referências em Saúde da Faculdade Estácio de Sá de Goiás-RRS-FESGO, v. 3, n. 1, 2020.

- MARSH, A. A. et al. **Características neurais e cognitivas de altruístas extraordinários.** Anais da Academia Nacional de Ciências, v. 111, n. 42, pág. 15036-15041, 2014.
- MEDEIROS, S. C. G.; CECHINEL-ZANCHETT, C. C. **Kombucha: Efeitos in Vitro E in Vivo.** Infarma-Ciências Farmacêuticas, v. 31, n. 2, p. 73-79, 2019.
- PALUDO, Natália. **Desenvolvimento e caracterização de kombucha obtida a partir de chá verde e extrato de erva-mate: processo artesanal e escala laboratorial.** 2017.
- SANTOS, Mafalda Jorge dos. **Kombucha: caracterização da microbiota e desenvolvimento de novos produtos alimentares para uso em restauração.** 2016. Tese de Doutorado.
- SCHROEDER, Jéssica et al. **Kombucha fermentada a partir de resíduo de acerola.** 2019.
- SOUSA, Luciene; ESPÓSITO, Elisa. **Determinação da atividade antibacteriana de kombucha preparado com quatro diferentes açúcares comerciais.** Anais do, v. 7, p. 16-18.
- SOUSA, Luciene; ESPÓSITO, Elisa. **Determinação da atividade antibacteriana de kombucha preparado com quatro diferentes açúcares comerciais.** Anais do, v. 7, p. 16-18.
- TONETTO, S. R. **Abordagem no ensino sobre o consumo de alimentos probióticos por adolescentes em idade escolar: uma revisão de literatura.** 2020.
- VILLARREAL-SOTO, S. A. et al. **Understanding kombucha tea fermentation: a review.** Journal of food science, v. 83, n. 3, p. 580-588, 218.

NIÓBIO - CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PARA A GESTÃO DE OPERAÇÕES ENERGÉTICAS SUSTENTÁVEIS

Mariana Lopes Souza da Silva, Roberto Guzman Sanchez

RESUMO: O presente artigo tem como tema abrange o estudo sobre Nióbio e suas aplicações na Engenharia, tendo como objetivo compreender o entendimento sobre mineral. Na sua relação específica pretende gerar conhecimentos úteis para o avanço da ciência, sem necessariamente ter uma aplicação prática prevista, que envolverá as verdades e interesses universais, como descobrir as propriedades existentes e suas aplicações nos diversos setores. A pesquisa seguiu a metodologia básica e pura, com abordagem exploratória e explicativa, baseando-se em pesquisa bibliográfica, pesquisa de levantamento, e dados qualitativos. Para mostrar em como o Brasil pode se tornar uma grande potência, quando se faz a utilização do Nióbio de forma corretamente em seus recursos.

Palavras-chave: Nióbio, Reservas, Liga-ferro, Aplicações, Exportação.

Palavras-chave: Palavras-chave: Nióbio, Reservas, Liga-ferro, Aplicações, Exportação.

INTRODUÇÃO

Com passar do tempo o setor de mineração se desenvolveu e criou seu próprio espaço para estudoaplicações. Por toda extensão explorada não houve qualquer elemento que se destacasse mais na ampliação da qualidade do ramo tecnológico e industrial. O subsolo nacional pode ser considerado uma grande reserva de minérios, sem contar o efeito que oferece economicamente.

O trabalho contém conhecimentos da origem do descobrimento do Nióbio desde a peculiaridade de seu nome até onde estão localizadas maiores jazidas no mundo e no território brasileiro.

Dentro da pesquisa houve a necessidade de aplicação de tabelas para melhor entendimento sobre as propriedades químicas, físicas e mecânicas do minerio estudado e a comparação com metais ferrosos de semelhanças característica.

DESENVOLVIMENTO

A origem do Nióbio

No início do século XIX, o químico Charles Hatchett encontrou o nióbio, que nominou de Colúmbio, até Heinrich Rose estabelece a mudança de Colúmbio para Nióbio e provar que o elemento era diferente do Tântalo. A seleção do nome foi em tributo a antiga deusa Grega Niobe, herdeira de Tântalo, que também pertence a tabela periódica. Amplos classificado por metais de transição (BRUZIQUESI, 2019, p.1184). Segundo Vinicius Ferrari (2021, p.1477) e Adilson Alves, Aparecido Coutinho (2015, p. 106) a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) considerou o nome oficial do elemento como Nióbio, em 1950.

A produção mineral brasileira, que contempla inúmeras substâncias, é reflexo natural dessa característica. Contudo, apesar dessa multiplicidade, o valor da produção ainda é muito concentrado, principalmente, sobre ferro, alumínio, nióbio, níquel e ouro. Percebe-se que ainda há muito espaço para se crescer no setor mineral brasileiro (RODRIGUES, 2006, p.14).

No Brasil contém uma ampla diversidade de aproveitamento dos benefícios minerais, em razão da proporção do território brasileiro. Por resultado da enorme variedade de ambiente geológicos, é considerado um dos países que detém mais domínio de minerais do mundo. Ultrapassando vários países desenvolvidos, como: China, Canadá, Austrália, Rússia (RODRIGUES, 2006, p.14).

A maior reserva do mundo de Nióbio, sendo o único país da América do Sul é o Brasil,

no que encontra-se Nióbio em Minas Gerais, Amazonas, Goiás, Rondônia e Paraíba. Porém os três principais: Minas Gerais, Amazonas e Goiás. (FERNANDES JÚNIOR, 2014, p.94). As formas mais frequentes que o Nióbio encontrasse na natureza é agregado junto com pegmatite de modo columbita, tantalite ou carbonato alcalino. Em considerações a respeito da reservas do Nióbio, segundo Vinicuis Ferrari (2021, p.1477, grifo nosso):

O Brasil possui as **maiores reservas com 98,53%**, seguido do Canadá com 1,01% e por fim a Austrália com 0,46%. As reservas brasileiras de nióbio podem ser na ordem de **842,4 milhões de toneladas**, com nota média de 0,73% do óxido Nb₂O₅. As reservas estão nos estados de **Minas Gerais em Araxá e Tapira com o total de 75,08%**. No estado do Amazonas em São Gabriel da Cachoeira e Presidente Figueiredo respondendo a 21,34%. E o estado de Goiás em Catalão com cerca de 3,58% das reservas nacionais. Brasil também aparece como maior produtor mundial do mineral com aproximadamente 97,2% do total global. Internamente, O estado de Minas Gerais, com 83,6%, é o maior produtor. O crescimento da produção no Brasil foi de cerca de 5 vezes entre 1965 e 1995, com uma taxa de aumento de 4,5 vezes entre 1995 e 2005 e na mesma taxa ente 2005 e 2010.

A expansão da procura por minerais cresceu e o nióbio está entre os mais procurados por motivo de haver estabilidade termodinâmica e resistência elevada á corrosão, são suas maiores vantagens (BARRETO, 2020, p.2).

A campeã em liderar a produção de niobio é a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), isso faz com que seja referencia sobre a extração, o beneficio, a produção e o desenvolvimento, Carlos Bruziquesi (2019, p.1184) vai além e afirma “além de produzir ligas ferro-nióbio (Fe-Nb), nióbio metálico, a empresa detém toda a produção nacional do Nb₂O₅, um insumo químico vastamente utilizado em aplicações tecnológicas”. E segundo Rui Fernandes Júnior (2014, p. 94):

Os principais estados com empresas produtoras de nióbio são Minas Gerais e Goiás, com capacidade de produção, respectivamente, de 6 Mt/ano e 1,3Mt/ano de minério de pirocloro (ROM). Os teores do minério variam de 0,51% a 2,71%. A produção nestes dois principais estados produtores foi da ordem de 73.668 t de nióbio contido no concentrado Nb₂O₅, 46.555 t de liga Fe-Nb e 6.200 t de óxido de nióbio e derivados. As duas principais cidades produtoras são Araxá-MG e Catalão-GO.

Devido à crise econômica mundial de 2008, os custos da liga Ferro Nióbio geraram um decréscimo considerável. Ainda com as consequências e os seus respintos da crise econômica os preços de 2010 não foram tan favoráveis. Em seguida dessa data, conseqüentemente houve uma estabilização no valor do custo do Niobio. Por tanto Rui Fernandes Júnior (2014, p. 94) descreverá que:

Toda a demanda brasileira é atendida por Minas Gerais que, em 2013, destinou aproximadamente 5% de sua produção de liga Fe-Nb STD (liga Ferro Nióbio Padrão, com 65% de teor de nióbio e 30 % de ferro) às empresas metalúrgicas nacionais, localizadas nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Espírito Santo e São Paulo. O produtor localizado no Estado de Goiás não comercializa sua

produção no mercado interno. As aplicações de nióbio variam desde aços microligados, com aplicações na construção civil, na indústria mecânica, aeroespacial, naval, automobilística, dentre outras.

Desde o descobrimento do Nióbio, durou cerca de 60 anos para que pudessem aprimorar técnicas para o refinamento e processamento do Nióbio. Segundo Vinicius Ferrari (2021, p.1478) “A produção de produtos semiacabados livre de impurezas que permitem uma aplicação técnica de alto rendimento só se tornou possível a partir de meados do século XX”. Para o tratamento químico, o minério é submetido por alguns procedimentos, como: ele primeiramente é quebrado, moído e refinado que passará por separação de flotação ou gravitacional. As formas mais frequentes que o Nióbio encontrasse na natureza é columbita, tantalite ou pirocloro.

Propriedades Químicas, Físicas e Mecânicas

O Nióbio e Tântalo são constantemente identificados juntos no meio ambiente e suas propriedades são equivalentes (FERRARI, 2021, p.1480). Em sua natureza Nióbio exibe adequada ductilidade e resistência a corrosão devido extrema densa e adesiva da camada de óxido. A pigmentação do metal original se compara com cinza claro. Em uma confrontação entre o Nióbio e o Tântalo, Robert Grill e Alfred Gnadenberger (2006) afirmam:

Em comparação com o tântalo, a resistência à corrosão do nióbio não é tão excelente, mas muito melhor do que a do aço inoxidável ou ligas à base de níquel usadas na engenharia química. Esta é a razão pela qual o nióbio não desempenha esse papel importante na engenharia química. Apesar do preço mais baixo do nióbio (por um fator de 4 em comparação com o tântalo), as mesmas técnicas de fabricação expansiva para a construção de aparelhos químicos devem ser usadas como para o tântalo.

Como em qualquer pesquisa, encontramos por tanto exceções, que é o ácido fluorídrico, que tem sua característica de ser bem concentrado e quente, em que suas soluções serão de maneira alcalinas quentes de nióbio, que poderá mostrar como resultado a resistência quando se for necessário ter contato com soluções aquosas (GRILL, 2006).

Tabela 1 . Resistência à corrosão do nióbio em comparação ao vanádio e tântalo a 100 ° C

	Vanádio	Nióbio	Tântalo
Ácido clorídrico (1:1)	Menos resistencia	Resistente	Resistência completa

Ácido clorídrico (concentrado)	Não resistente	Resistente	Resistência completa
Ácido nítrico (1:1)	Não resistente	Resistente	Resistente
Ácido sulfúrico (1:1)	Menos resistencia	Resistência completa	Resistência completa
Ácido sulfúrico (concentrado)	Menos resistencia	Resistente	Resistente
Amônia	Menos resistencia	Menos resistencia	Resistente
Solução cáustica de potássio (2n)	Não resistente	Menos resistencia	Resistente
Solução cáustica de potássio (50%)	Não resistente	Menos resistencia	Não resistente
Ácido nitrohidroclorídrico	Menos resistencia	Resistente	Resistente
Ácido fluorídrico (10%)	Menos resistencia	Não resistente	Menos resistencia
Ácido fluorídrico (30%)	Menos resistencia	Menos resistencia	Menos resistencia

Fonte: Grill e Gnademberger (2006)

Levando a qualificado somente 8,57 gramas por centímetro cúbico de nióbio que não sofrerá nenhuma decadência radioativo ao passar do tempo: isótopo estável. Por tanto vendo os valores e pesquisa direcionadas de Ferrari (2021 p. 1480) e Alves (2015, p. 107) os aspectos físicos do Nióbio terá as seguintes propriedades que encontra-se na tabela 2 :

Tabela 2. Propriedade Físicas do Nióbio

Propriedades Físicas	
Peso molecular (Kg/mol)	92906
Número atômico	41
Densidade (g/cm ³)	8,56
Estrutura cristalina	CCC
Raio atômico (pm)	142,9
Ponto de fusão (°C)	2468
Ponto de ebulição (°C)	4927
Calor específico 20 °C (J/kg K)	270
Capacidade térmica (J/mol K)	25,2
Calor de fusão (J/kg)	298,5 x 10 ³
Coefficiente linear de expansão (1/K)	7,2 x 10 ⁻⁶

Condutividade térmica (W/m K)	52,25
Condutividade elétrica (%-IACS)	13,3

Fonte: Mariana Lopes

Em comparação com demais metais ferrosos, como: cobre, enxofre e silício, o Nióbio contém eficientes vantagens nas propriedades mecânicas, por exemplo: alongamento na ruptura e módulo de cisalhamento, estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3. Propriedade Mecânica do Nióbio

Propriedades Mecânica	
Dureza, Vickers	80
Resistência à tração, Ultimate	300 MPa
Resistência à tração, rendimento	207 MPa
Alongamento na ruptura	30%
Módulos de elasticidade	103 GPa
Razão de Poissons	0,38
Módulo de cisalhamento	37,5 GP

Fonte: Alves, 2015

Importação e exportação do Nióbio

Segundo Rui Fernandes Júnior e Hildor José Seer o Brasil faz muito uso em sua economia interna, fazendo portanto que exista um baixo índice de importação, podendo muitas das vezes chegando a ser nulo, por tanto é considerado autônomo no consumo do comércio interno, por causa disto não importa mercadorias procedentes do Nióbio.

No ano de 2013, o Brasil exportou cerca de 89,2% da produção, isso equivale a 63.750 toneladas de liga Fe-Nb. Por consequência ofertou aproximadamente US\$ 1,6 bilhão para o Brasil (FERNANDES JÚNIOR, 2014, p.94). “É significativo ressaltar que o Brasil não exporta minério primário de nióbio (bruto ou concentrado) desde a década de 1970. A busca é por vender sempre produto ao menos semimanufaturado” (SEER; DE MORAES, 2018, p.20).

Os Países consumidores do ferro-nióbio foram Holanda com 29%, China com 22%, Cingapura com 15%, EUA com 14% e Japão com 10%. Nos últimos anos houve uma queda das exportações de produtos de Nióbio em relação a 2013. Um dos principais País que compra a liga Fe-Nb teve uma desaceleração do crescimento da economia. A explicação deste caimento se propõe pelo fato de a China apresentar uma ajustagem para desenvolvimento do mercado interno (FERNANDES JÚNIOR, 2014, p.94).

Exemplos e aplicações dentro da Engenharia

As vantagens apresentadas pelo Nióbio saíram da teoria e se concretizam em casos reais. Inúmeras empresas nacionais apostaram no elemento e tiveram boas resultados. A primeira apresentada se passa no estado de Minas Gerais na área de Engenharia mecatrônica pela Pontifícia Universidade Católica (PUC). A faculdade iniciou pesquisas para aferir resultados com a adição de Nióbio junto à componentes em substituição ao molibdênio no ferro fundido nodular as temperado (FERNANDES JÚNIOR, 2014, p.95).

O objetivo primordial era aperfeiçoar à resistência ao desgaste, tração, impacto e reduzir consumo na aquisição dos elementos. Como resultado do experimento, o Nióbio se sobressaiu ao molibdênio. Obteve mais resistência ao ser esticada, excelência em tenacidade e convenceu ser equivalente na produção das ligas, com menos custos na fabricação em relação ao molibdênio. No que Rui Fernandes Júnior (2014, p.95) afirma:

A CBMM está utilizando em sua mina caçambas mais leves em caminhões que transportam minério com o uso do aço micro ligado ao nióbio. Sete caminhões estão obtendo ganhos em várias frentes, depois da redução de mais de 25% no peso das caçambas, passando de 7,4 toneladas para 5,5 toneladas por unidade. Isto possibilita um transporte maior de minério por trecho e reduz o consumo de combustível nas viagens quando os caminhões voltam descarregados. Ganhos em manutenção são registrados, já que os aços micro ligados ao nióbio são mais resistentes. Em apenas dois meses, o retorno sobre o investimento inicial foi recuperado.

Uma grande porcentagem do Nióbio (Nb) produzido nacionalmente é gerada em ligas, que são distribuídas em inúmeros setores. Após 1973, quando ocorreu a crise do Petróleo e descobriu-se que não era renovável, os ramos automotivos passaram a utilizar micro ligas de Nióbio. Pois o Nióbio contém uma das mais vantajosas peculiaridades procuradas na área de automobilística, que é a redução do aço na ferragem do veículo, alterando o peso e tornando-o mais leve, desta forma economizando o gasto do combustível, reduzindo os gases de CO₂ e além de aumentar a segurança do usuário por ter alta resistência (BRUZIQUISI).

“Nos últimos anos, as aplicações de Nb têm aumentado de forma constante em vários segmentos, tais como: aços micro ligados, superligas, filmes finos, implantes médicos, titânio e ligas de alumínio, ligas de cobre e supercondutores, capacitores cerâmicos e eletrolíticos” (ALVES 2015, p.108).

As principais aplicações do ferro-liga provêm das indústrias siderúrgicas que são as maiores consumidoras da produção. Em outro setor que Nióbio se adequa é de gás natural. Segundo fontes de EIA (*US Energy Information Administration*) existe projetos para aumentar o consumo e produção de gás natural. Com isso, aumentará a produtividade do Nióbio na demanda de aços HSLA visando tubos com maiores resistências, altas pressões (FERRARI, 2019, p.1479) (ALVES, 2015, p.108).

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente a Deus, por sempre cuidar de mim.

A meus pais, que a todo tempo estão ao meu lado.

Aos meus professores, em especial ao Professor Me. Roberto Guzman, que me orientou essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES, Adilson Rangel; COUTINHO, Aparecido dos Reis. **A Evolução da Produção de Nióbio no Brasil.**

Esteira. Res. , São Carlos, v. 18, n. 1, pág. 106-112, fevereiro de 2015. Disponível em

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392015000100106&lng=en&nrm=iso)

14392015000100106&lng=en&nrm=iso>. acesso em 09 de maio de 2021.

BARRETO, Aline Silveira et al. **Anodização porosa de nióbio com adição de glicerina.** Matéria (Rio de Janeiro),

v. 25, n. 2, 2020. Disponível em:

[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762020000200345&tlng=pt)

70762020000200345&tlng=pt. Acesso em: 02/05/2021.

BRUZIQUESI, Carlos GO et al. **NIÓBIO: UM ELEMENTO QUÍMICO ESTRATÉGICO PARA O BRASIL.**

Química Nova, v. 42, n. 10, p. 1184-1188, 2019. Disponível

em: <http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/v42n10a07.pdf>.

Acesso: 06/05/2021

DICIO. Significado de Geológica. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/flotacao/>.

Acesso: 25/05/2021.

FERNANDES JÚNIOR, Rui. **NIÓBIO.** Sumário Mineral, Brasília, Volume 34, Página 94-95, 2014. Disponível em:

<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-deconteudo/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>. Acesso em: 06/05/2021.

FERRARI, Vinicius Zortéa et al. **Usinagem do nióbio comercialmente puro, uma revisão bibliográfica.** Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 1, p. 1475-1494, 2021. Disponível em:

<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/22681/18176>. Acesso em: 04/05/2021.

GRILL, Robert; GNADENBERGER, Alfred. **Niobium as mint metal: production–properties–processing**. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, v. 24, n. 4, p. 275-282, 2006. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263436805001484?casa_token=_6_KPpAcd18AAAAA:BsI9b47Pv-FjYYi4RKdaNNVui1z_TnZNjQ9iHsMmtbjkJVwE9fYld9uwOT5aqmX4I1zY7NVetPJGmw. Acesso em: 07/05/2021.

RODRIGUES, Antonio Fernando da Silva. **Informe Mineral - Desenvolvimento & Economia Mineral - DIDEM/DNPM**, v. 5, julho/2006. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/dnpm/informes/informe-mineral-2006-1o-semester>. Acesso em: 04/05/2021.

SEER, Hildor José; DE MORAES, Lucia Castanheira. **RECURSOS MINERAIS DE MINAS GERAIS – NIÓBIO**, página 1-25, 2018. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Niobio.pdf>. Acesso em: 10/05/2021.

”tenacidade”, in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2021, <https://dicionario.priberam.org/tenacidade> [consultado em 25-05-2021].

ANÁLISE E ESTUDO DE COMPETÊNCIAS EM ENSINO DE PROGRAMAÇÃO UTILIZANDO ROBÓTICA COMPUTACIONAL

Rodrigo Botelho Zuiani, Matheus Goulart Ranzani, Luísa Vieira de Araújo

RESUMO: Com o avanço tecnológico e industrial, a demanda por profissionais da área da tecnologia vem aumentando cada vez mais. Por isso, seria interessante expor estudantes a ensinamentos dessas áreas desde cedo. Porém, diferentemente das outras áreas de conhecimento, campos como a informática, a programação ou a robótica são raramente abordados em ambientes de ensino médio, ou quando são ensinados, isso acaba sendo feito de modo superficial ou muito teórico, sem aplicações práticas. Este projeto de Iniciação Científica tem o objetivo de propor um modo de resolver esse problema. Com a utilização dos quatro kits Robo+EDU disponibilizados gratuitamente pela UFGRS, em conjunto com vários elementos do Arduino e conhecimentos da área de informática, eletrônica e mecânica, além de um curso preparatório gratuito, cria-se a proposta de desenvolver uma ferramenta de ensino utilizando a robótica educacional. Essa ferramenta de ensino consiste em realizar um curso prévio online a fim de ensinar aos estudantes os conceitos básicos de Arduino e programação. Assim, em seguida há as aulas presenciais nas quais estuda-se os kits Robo+EDU e explora-se diversas maneiras de aplica-los em situações práticas da robótica. Esse modelo de ensino é baseado no PBL (Project Based Learning), e por isso é feito de modo mais prático, já que os ensinamentos são constantemente aplicados na prática e em situações realísticas das áreas de trabalho. Além disso, com o curso online gratuito e o preço baixo dos kits, a aplicação da ferramenta de ensino não se inviabiliza pelo custo, e pode também ser introduzidos em escolas públicas, que normalmente não possuem acesso a esses materiais. Dessa forma, é possível introduzir estudantes de ensino médio aos conhecimentos das áreas de tecnologia desde cedo, de modo prático e direto. Assim, seus interesses perante essas áreas são despertados, e mais alunos terão a opção ou oportunidade de escolher e se especializar em áreas voltadas à tecnologia.

Palavras-chave: Arduino, Ensino, Robótica

INTRODUÇÃO

O projeto baseou-se na utilização dos quatro kits Robo+EDU, disponibilizados gratuitamente pela UFRGS, em conjunto com elementos do Arduino e um curso online, a fim de produzir uma ferramenta de aprendizado para ambientes educacionais de ensino médio.

Essa ferramenta integra ensinamentos dos três cursos técnicos presentes no Colégio Técnico Industrial (CTI), ou seja, informática, eletrônica e mecânica. Além disso, ela aplica o modo de ensino PBL (*Project Based Learning*), ou seja, aprendizado baseado em projetos. Por se tratar de um modo de aprendizado mais prático, ele acaba sendo mais interessante aos estudantes de ensino médio, em contraste com um ensino somente teórico.

Esse projeto utiliza várias ferramentas do Arduino, que muitas vezes não estão disponíveis em ambientes de ensino, principalmente quando se trata de escolas públicas. Por isso, o projeto aqui desenvolvido se propôs a desenvolver um curso online gratuito, que ensina o básico de Arduino e informática necessário, a fim de seguir para o curso teórico-prático com os kits Robo+EDU de baixo custo.

OBJETIVOS

O projeto possui o objetivo de estimular o interesse de alunos do ensino médio em tecnologia e robótica, por meio da aplicação do kit de robótica *open source* do projeto Robo+EDU da UFRGS, de baixo custo. Essas áreas normalmente não são exploradas em ambientes de ensino médio, mas dessa forma, pode-se expandir o conhecimento dos estudantes a respeito das aplicações práticas da informática, eletrônica, mecânica e robótica.

Resumidamente, o projeto possui os seguintes objetivos:

- I. Formular um meio barato de introduzir a robótica educacional a ambientes de ensino médio, utilizando o Arduino;

- II. Despertar o interesse dos estudantes em áreas normalmente não abordadas no ensino médio, como informática, eletrônica e mecânica;
- III. Aplicar um curso prévio à utilização dos kits Robo+EDU, para que os alunos aprendam o básico de Arduino e programação e estejam preparados para interagir com as ferramentas;
- IV. Promover um modo de ensino mais prático, baseado em problemas do cotidiano (PBL - *Project Based Learning*)

RESULTADOS

Ao finalizar-se o projeto, não foi possível analisar praticamente qual seria o real resultado de aplicar a ferramenta de ensino produzida em salas de aula. Isso porque, embora os kits Robo+EDU e suas aplicações tenham sido estudados e explorados por completo, além de o curso prévio ter sido finalizado, as situações da pandemia impossibilitaram a aplicação das aulas presenciais com a utilização física dos kits.

Porém, é possível dizer que a ferramenta teria um impacto positivo e significativo nos ambientes de ensino, principalmente pelo grande nível de aprendizado adquirido pelos indivíduos que participaram da pesquisa e do projeto, e pela nova perspectiva de ensino prático com o Arduino e a programação observada pelos mesmos.

Assim, pode-se dizer que a o projeto integrou com sucesso ensinamentos de informática, eletrônica e mecânica a fim de formular um método de ensino prático e barato que pode ser aplicado em escolas de ensino médio.

Além disso, o projeto teve um impacto muito positivo nos alunos que realizaram o mesmo. Foi possível aprender várias aplicações úteis para os kits e os elementos Arduino, além de inspirar a pesquisa a respeito de tópicos antes desconhecidos. Essa IC também trouxe à tona um ambiente de pesquisa antes desconhecido, e assim será muito útil futuramente.

REFERÊNCIAS

Instituto de Informática na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. ROBO+EDU. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/robomaisedu>>. Acesso em 20 set. 2020.

Nogueira, Flávia e Marcos Borges. “PBL e robótica no ensino de conceitos de Lógica de Programação.” Anais do XXIV Workshop sobre Educação em Computação. SBC, 2016.

Arduino. Disponível em: <<https://www.arduino.cc>>. Acesso em 25 set. 2020.

Aplicando PBL no Estudo Integrado de Engenharia de Software. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/12/artigos/441-Hugo%20Saba%20Pereira%20Cardoso.pdf>>. Acesso em 27 nov. 2020.

DESENVOLVIMENTO DE UM BIOFILME DE AMIDO EXTRAÍDO DO CAROÇO DE JACA (ARTOCARPUS HETEROPHILUS) COM EXTRATO DE BARBATIMÃO (STRYPHODENDRON ADSTRINGENS) PARA APLICAÇÃO EM SISTEMA TRANSDÉRMICO

Karen Esttéfani Ferreira Dos Santos, Maria Roberta de Oliveira Pinto

RESUMO: Os biopolímeros são substâncias de origem natural ou sintética e representam uma classe de materiais muito versáteis, atuando de forma positiva na sociedade devido às suas possibilidades de aplicação em várias áreas. A jaqueira apresenta um alto teor de amido em sua semente, possibilitando sua utilização em biomateriais com uma grande ação bactericida e fungicida. Já o barbatimão é uma planta do cerrado brasileiro e o seu extrato tem ação antisséptica, cicatrizante, antibacteriana, antifúngica e reduz a sensação de dor. Percebendo a importância farmacológica do amido e do barbatimão e sabendo que o sinergismo destes produtos ou materiais pode aumentar a cicatrização, este projeto tem o objetivo elaborar curativos a base de amido/barbatimão a fim de utilizá-los em aplicações como curativos, funcionando como barreiras físicas permeáveis para manter a umidade e oxigenação, e proteger a ferida. Para a confecção dos biofilmes, foi obtida uma massa densa de amido triturando os caroços de jaca em água destilada na proporção de 1:4. A suspensão de amido filtrada foi levada ao ultrafreezer e liofilizado. Para a preparação do extrato, as cascas de barbatimão secas foram trituradas e foi adicionado álcool etílico 70% na proporção de 1:2 em um vidro âmbar por 7 dias, filtrado, congelado em ultrafreezer e liofilizado. As soluções foram obtidas através da mistura do amido de jaca em 250 mL de água e a glicerina. Esta mistura foi levada ao aquecedor elétrico, sob agitação constante até que a gelatinização se completasse. O extrato de barbatimão, com concentração de 5%, foi incorporado as membranas depois de a solução ter atingido a temperatura ambiente. A solução filmogênica foi transferida para placas de acrílico e levadas a secagem em temperatura ambiente. Para o ensaio de intumescimento as membranas foram cortadas em pedaços iguais, secos em estufa e pesados. Em seguida foram imersos em água em intervalos variados até a saturação. Após cada intervalo os filmes foram secos em papel absorvente e pesados, obtendo-se o peso úmido. As análises da atividade antimicrobiana foram realizadas pela técnica de disco difusão, para o extrato de barbatimão, e microdiluição em caldo, para as membranas. As análises foram realizadas frente as cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Escherichia coli* (ATCC 25922) e *Candida albicans* (ATCC 10231). As análises utilizando a técnica de espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) dos filmes foram realizadas em um equipamento Spectrum 400 da Perkin Elmer, e demonstraram que a incorporação do extrato de barbatimão na membrana aumentou o teor de hidroxilas e de água ligada aos grupamentos C-O-H nas membranas, comprovando a incorporação do mesmo na membrana. As membranas intumesceram até 48 horas sem apresentar degradação. O extrato de barbatimão apresentou atividade antimicrobiana apenas frente à cepa de *S. aureus*. As membranas com extrato não apresentaram atividade antimicrobiana. Isto ocorreu provavelmente devido à baixa concentração de extrato incorporada. Desta forma, conclui-se que, as membranas de amido de jaca incorporados com extrato de barbatimão, em uma concentração ativa, podem ser uma boa alternativa para o tratamento de feridas infeccionadas.

Palavras-chave: Biomateriais, curativo, tratamento de feridas.

INTRODUÇÃO

As queimaduras, juntamente com os traumas por choque, estão entre as maiores causas de danificação cutânea, ocorrendo a partir de agentes térmicos, químicos, elétricos, biológicos ou radioativos que agem no tecido de revestimento do corpo humano, destruindo parcial ou totalmente a pele e seus anexos (SAMUEL et al, 2011).

Nos últimos anos vem crescendo o interesse por novas fontes de amidos naturais que possam ser usados como biomateriais. O uso das sementes como fonte de amido, no entanto, pode ser uma opção já que os mesmos normalmente são descartados (ASCHERI, 1987). O amido é uma excelente matéria-prima devido ao seu baixo custo de produção e fácil degradabilidade.

A utilização do amido extraído de fontes naturais justifica-se pelo problema do desperdício de resíduos agroindustriais e possíveis danos que estes venham a acarretar ao meio ambiente agregados ao potencial que eles apresentam como a biodegradabilidade, resultando em grande atrativo científico na área dos biomateriais, buscando-se simplificação tecnológica e absorção desse valioso insumo atualmente descartado.

Na área de saúde o problema apesar de ser, relativamente recente, tem crescido em virtude do progressivo aumento da expectativa de vida das pessoas e da possibilidade de intervenção em problemas congênitos ou traumas. Assim, o avanço impelido pela necessidade do desenvolvimento pode ser sustentável, à medida que se buscam novas fontes de matéria-prima a partir de recursos renováveis. Assim, o avanço impelido pela necessidade do desenvolvimento pode ser sustentável, à medida que se buscam novas fontes de matéria-prima a partir de recursos renováveis.

O grande potencial da biodiversidade brasileira estimula o desenvolvimento de produtos inovadores (MEDEIROS et al., 2016), o que leva a importância de explorar o uso de plantas medicinais pelos seus efeitos farmacológicos neste projeto. A Organização Mundial de Saúde tem incentivado os estudos sobre plantas medicinais, visto que cerca de 65% a 80% da população em países em desenvolvimento fazem uso destas e estas apresentam importante fonte no desenvolvimento de produtos para área de saúde (WHO, 2014, CRAGG et al., 2014).

O barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) é uma das plantas medicinais mais usadas no Brasil o que tem incentivado vários estudos. O extrato de barbatimão tem efeito de reduzir a sensação da dor (MELO 2007), apresenta atividade contra cepas de *Staphylococcus aureus* o

que pode ser uma alternativa para o tratamento de infecções causadas por estes microrganismos e pode atuar como neutralizante de picaduras da cobra *Bothrops pauloensis* (PINHO, 2011).

A modificação química através da reação de reticulação tem se mostrado como uma boa solução para as limitações de aplicabilidade que o amido natural possui. A reticulação promove a formação de ligações intermoleculares entre as macromoléculas do polímero, melhorando a resistência do filme.

Neste contexto pretendeu-se avaliar, através das propriedades mecânicas, físicas e químicas, a melhor formulação para a preparação de membranas de amido e adicionar um agente reticulante visando à obtenção de membranas com propriedades físicas e funcionais melhoradas a fim de utilizá-las como curativos.

Percebendo a importância farmacológica do amido e do barbatimão e sabendo que o sinergismo destes produtos ou materiais pode aumentar a cicatrização, este projeto tem como objetivo elaborar curativos a base de amido/barbatimão a fim de utilizá-los em aplicações como curativos, funcionando como barreiras físicas permeáveis para manter a umidade e oxigenação, e proteger a ferida, principalmente contra microorganismos.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho consiste em elaborar curativos a base de amido/barbatimão a fim de utilizá-los em aplicações como curativos, funcionando como barreiras físicas permeáveis para manter a umidade e oxigenação, e proteger a ferida, contra microorganismos.

METODOLOGIA

Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no Laboratório de Avaliação e Desenvolvimento de Biomateriais do Nordeste - CERTBIO/UFCG.

Obtenção do amido e do extrato de barbatimão

Foi obtida uma massa densa de amido triturando os caroços de jaca em água destilada na

proporção de 1:4. A suspensão de amido filtrada foi levada ao ultrafreezer e liofilizado.

Para a preparação do extrato, as cascas de barbatimão secas foram trituradas e foi adicionado álcool etílico 70% na proporção de 1:2 (m/V) em um vidro âmbar por 7 dias, filtrado, congelado em ultrafreezer e liofilizado.

Preparação das membranas

As soluções filmogênicas foram elaboradas misturando o amido de jaca em 250 mL de água e a glicerina. Esta mistura foi levada ao aquecedor elétrico a 90°C por 30 min sob agitação constante, até que a gelatinização se completasse. O extrato de barbatimão, com concentração de 5% (em relação à massa do amido) foi incorporado as membranas depois de a solução ter atingido a temperatura ambiente. A solução filmogênica foi transferida para placas de acrílico de diâmetro e levadas a secagem em temperatura ambiente.

Caracterizações

As análises utilizando a técnica de espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) dos filmes foram realizadas em um equipamento Spectrum 400 da Perkin Elmer.

As propriedades mecânicas foram avaliadas por teste de tração em uma máquina universal de ensaios Instron, com célula de carga de 25 kg, segundo metodologia descrita pela ASTM D882-10, com modificações.

Para a análise térmica foi utilizado um equipamentos DSC TA modelo Q20, com uma faixa de temperatura de 30 a 250° C com razão de aquecimento de 10° C/min, em atmosfera de nitrogênio, com fluxo de 50 mL/min.

Para o ensaio de intumescimento as membranas foram cortadas em pedaços de 2 x 2 cm, secos em estufa a 60° C e pesados. Em seguida foram imersos em água em intervalos variados até a saturação. Após cada intervalo os filmes foram secos em papel absorvente e pesados, obtendo-se o peso úmido Pu.

As análises da atividade antimicrobiana foram realizadas pela técnica de disco difusão, para o extrato de barbatimão, e microdiluição em caldo, para as membranas, utilizado o meio de cultura Mueller Hinton (Kasvi – Italy); as análises foram realizada frente as cepas de

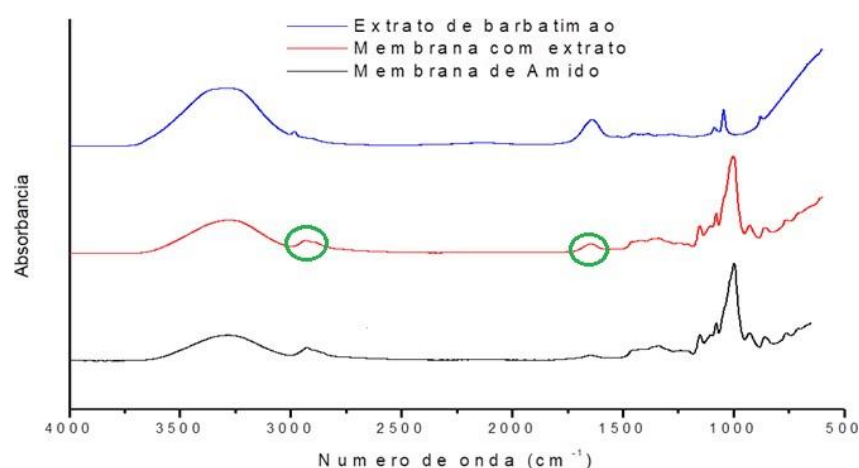
Staphylococcus aureus (ATCC 25923), *Escherichia coli* (ATCC 25922) e *Candida albicans* (ATCC 10231).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 encontra-se os espectros de FTIR do extrato de barbatimão, e das membranas com e sem extrato. No espectro do extrato, observa-se uma banda na região entre 2993 a 3670 cm^{-1} , correspondente ao estiramento da ligação O-H. Em 1605 cm^{-1} pode ser observada uma banda atribuída ao estiramento C=C, sugerindo a presença de taninos condensados.

As análises de FTIR, Figura 1, demonstraram que a incorporação do extrato de barbatimão na membrana aumentou o teor de hidroxilas e de água ligada aos grupamentos C-O-H nas membranas, comprovando a incorporação do mesmo na membrana.

Figura 4 – FTIR do extrato de barbatimão, da membrana de amido e da membrana de amido com extrato.



Fonte: Autoras, 2021.

As membranas (Tabela 1) apresentaram espessuras abaixo de 1,5 mm, estando na faixa para serem usados como curativos. Segundo Ma *et al.* (2001) os substitutos poliméricos da derme devem ser idealmente mais finos que a pele humana normal, cuja espessura varia entre 0,5 e 2 mm, dependendo da idade, sexo e região do corpo.

Tabela 1 – Propriedades mecânicas das membranas sem e com extrato de barbatimão.

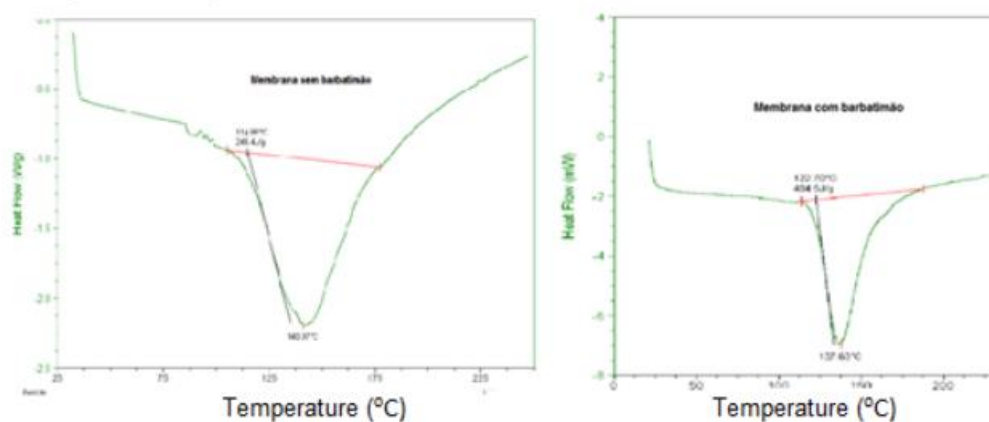
Amostra	Espessura (mm)	Tensão na ruptura (MPa)	Alongament o (%)	Módulo de elasticidade (MPa)
Sem extrato	0,132 ± 0,012	5,09 ± 0,89	32,38 ± 2,07	104,36 ± 34,56
Com extrato	0,133 ± 0,006	3,95 ± 0,27	39,82 ± 2,44	79,49 ± 25,87

Fonte: Autoras, 2021.

Observou-se, na Tabela 1, que com a adição do extrato, ocorreu uma diminuição das propriedades mecânicas da membrana. Este resultado era esperado uma vez que a adição de fármacos deixa a membrana mais frágil. As propriedades mecânicas desejáveis para um curativo depende da região do corpo a ser tratada, não havendo um consenso geral a respeito de valores ideais.

De acordo com a Figura 2 e a Tabela 2, a adição do extrato de barbatimão praticamente não alterou a estabilidade térmica da membrana, podendo ser autoclavados, sem que haja comprometimento da sua estrutura polimérica.

Figura 2 – Temperatura de fusão das membranas sem e com extrato de barbatimão.



Fonte: Autoras, 2021.

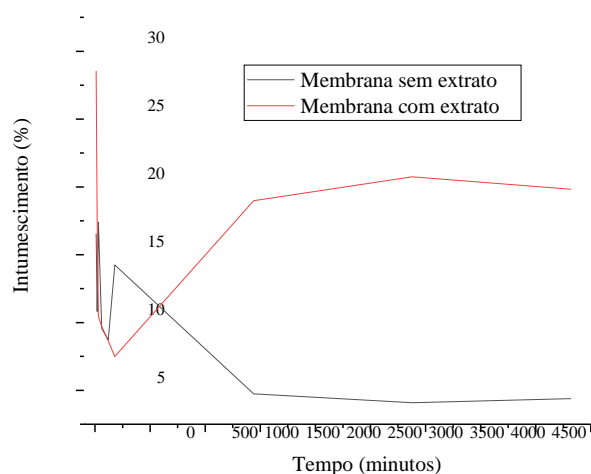
Tabela 2 – Temperatura de fusão das membranas sem e com extrato de barbatimão.

AMOSTRA	Temperatura de Fusão (°C)
Membrana sem extrato	140,97
Membrana com extrato	137,63

Fonte: Autoras, 2021.

As membranas intumesceram até 48 horas sem apresentar degradação ou perda de massa para a solução (Figura 3). As membranas com extrato apresentaram maior percentual de intumescimento em água. Esse resultado já era esperado, pois o extrato é higroscópico.

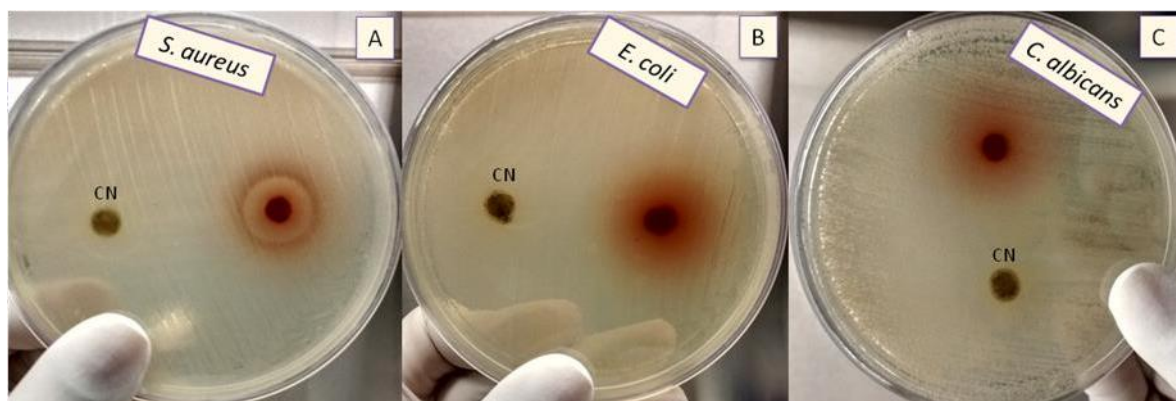
Figura 3 – Percentual de intumescimento da membrana sem e com extrato de barbatimão.



Fonte: Autoras, 2021.

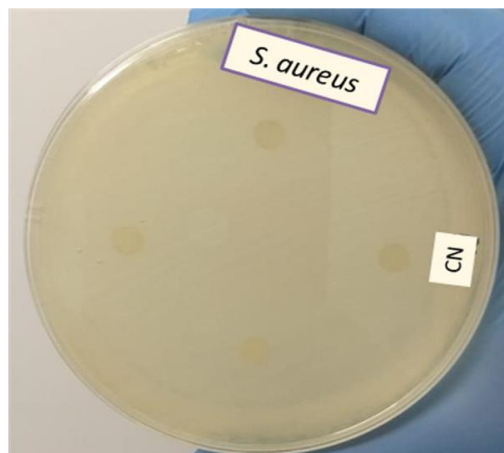
Com relação às análises microbiológicas, o extrato de barbatimão na concentração de 10 mg/mL, apresentou atividade antimicrobiana apenas frente à cepa de *S. aureus* com halo de inibição de 14 mm (Figura 4). As membranas com e extrato não apresentaram atividade antimicrobiana (Figura 5). Isto provavelmente foi devido à baixa concentração de extrato incorporada (5% em relação à massa de amido).

Figura 3 – Atividade antimicrobiana do extrato de barbatimão frente as cepas de (A) *S. aureus*, (B) *E. coli* e (C) *C. albicans*.



Fonte: Autoras, 2021.

Figura 4: Atividade antimicrobiana da membrana de amido de jaca incorporada com extrato de Barbatimão frente as cepas de *S. aureus*.



Fonte: Autoras, 2021.

CONCLUSÃO

Neste estudo, foi possível observar a importância farmacológica do amido e do barbatimão, e mediante as análises feitas, foi possível identificar se o seu principal objetivo foi alcançado. Aos resultados das análises de FTIR mostraram que houve incorporação do extrato á membrana. E os resultados mecânicos mostraram uma diminuição das propriedades com a adição do extrato. Foi obsevado que a adição do extrato não alterou as propriedades térmicas, mas aumentou significativamente o percentual de intumescimento. O extrato de barbatimão apresentou atividade antimicrobiana frente à cepa de *S. aureus*, no entanto, contudo a membrana não demonstrou atividade devido à baixa concentração do extrato. Desta forma, conclui-se que, as membranas de amido de jaca incorporados com extrato de barbatimão, em uma concentração ativa, podem ser uma boa alternativa para o tratamento de feridas infeccionadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCHERI, J.L. Extração e caracterização de amido de Adlay. Tese (Doutorado). 1987. 118p. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas.

ASTM International: D882-10. Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic

Sheeting. Disponível em: <http://compass.astm.org/EDIT/html_annot.cgi?D882>. Acesso em: 18/09/2020.

MA, J.; WANG, H.; HE, B.; CHEN, J. “A preliminary in vitro study on the fabrication and tissue engineering applications of a novel chitosan bilayer material as a scaffold of human neonatal dermal fibroblasts”. *Biomaterials*, v.22, p.331-336, 2001.

MELO, Juliana Oliveira de et al. Effect of *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão) bark on animal models of nociception. *Rev. Bras. Cienc. Farm.* [online]. 2007, vol.43, n.3 ISSN 1516-9332.

PINHO et al. Atividade antimicrobiana de extratos hidroalcoolicos das folhas de alecrim-pimenta, aroeira, barbatimão, erva baleeira e do farelo da casca de pequi. *Ciência Rural*, 2011.

SAMUEL, J. C.; CAMPBELL, E. L. P.; MJUWENI, S.; MUYCO, P.; CAIRNS, B.; CHARLES, G. The epidemiology, management, outcomes and areas for improvement of burn care in central Malawi: an observational study. *The journal of international medical research*. 2011. Jan;39 (3):879-9.

O ÚLTIMO TEOREMA DE FERMAT E SUAS REPERCUSSÕES NA MATEMÁTICA ATRAVÉS DOS SÉCULOS

Alexandre Ferreira Santos Junior, Gian Willian Tavares de Souza, Tcherlysnen Droan Lopes Santos, Jorge da Silva Werneck

RESUMO: Este artigo expõe a história do Último Teorema de Fermat, e os eventos que resultaram em sua desenvoltura no decurso dos trezentos anos até sua solução, além de uma síntese histórica dos participantes que viabilizaram a solução desse problema. O teorema instigou algumas das pessoas mais inteligentes que tentaram sem sucesso solucioná-lo. Nesse sentido, essa pesquisa tem como pauta a relevância que o teorema trouxe no decorrer do tempo, dado que se trata de uma das maiores questões da história da matemática, na qual incentivou os matemáticos que sucederam Fermat a tentar desvendá-lo. **INTRODUÇÃO:** O Último Teorema de Fermat é um enunciado sem demonstração escrito por Pierre de Fermat, que ao abordar esse assunto, anotou nas margens de um livro: "Eu descobri uma demonstração maravilhosa, mas a margem deste papel é muito estreita para contê-la." Ocorre que Fermat vem a falecer e não revela a demonstração de seu teorema, e assim surge um dos maiores mistérios da matemática que perdurou por mais de trezentos e cinquenta e seis anos. Tal proposição possui origem na Grécia antiga no célebre Teorema de Pitágoras $x^2+y^2=z^2$ que se mostrou uma veracidade absoluta para todos triângulos retângulos. Pierre de Fermat utilizou-se dessa premissa para formular seu próprio teorema, ao afirmar que "Não existe uma solução não trivial de três números inteiros e satisfazendo a equação $x^n+y^n=z^n$ para n maior que 2". Sendo assim, este trabalho tem como finalidade dissertar sobre a história do Teorema de Fermat, além de mostrar os progressos conquistados na tentativa da resolução do teorema mencionado, bem como os personagens históricos que contribuíram para sua resolução que, apesar de sua relevância, são poucas as escritas de caráter científico em português que contam a sua história sendo, as escritas, muito extensas com um grande aprofundamento ou muito superficiais, portanto, este artigo busca, justamente, trazer um meio-termo a esses extremos. **METODOLOGIA:** O seguinte artigo traz consigo um estudo com base exclusivamente teórica, sobre a cronologia de um dos principais problemas da história da matemática que recentemente chegou à sua resolução. Através da leitura de diversos materiais que abordam o assunto de história da matemática, sobretudo o livro "O Último Teorema de Fermat" de Simon Singh, os acadêmicos desenvolveram esta pesquisa com intuito de demonstrar a importância do legado de Fermat, que reverberou por mais de 300 anos até os dias atuais.

Palavras-chave: Teorema, Andrew Wiles, Fermat.

INTRODUÇÃO

O Último Teorema de Fermat é um enunciado sem demonstração escrito por Pierre de Fermat, que ao abordar esse assunto, anotou nas margens de um livro: "Eu descobri uma demonstração maravilhosa, mas a margem deste papel é muito estreita para contê-la." Ocorre que Fermat vem a falecer e não revela a demonstração de seu teorema, e assim surge um dos maiores mistérios da matemática que perdurou por mais de trezentos e cinquenta e seis anos.

Tal proposição possui origem na Grécia antiga no célebre Teorema de Pitágoras $x^2 + y^2 = z^2$ que se mostrou uma veracidade absoluta para todos triângulos retângulos. Pierre de Fermat utilizou-se dessa premissa para formular seu próprio teorema, ao afirmar que "Não existe uma solução não trivial de três números inteiros e satisfazendo a equação $x^n + y^n = z^n$ para n maior que 2".

Sendo assim, este trabalho tem como finalidade dissertar sobre a história do Teorema de Fermat, além de mostrar os progressos conquistados na tentativa da resolução do teorema mencionado, bem como os personagens históricos que contribuíram para sua resolução que, apesar de sua relevância, são poucas as escritas de caráter científico em português que contam a sua história sendo, as escritas, muito extensas com um grande aprofundamento ou muito superficiais, portanto, este artigo busca, justamente, trazer um meio-termo a esses extremos.

METODOLOGIA

O seguinte artigo traz consigo um estudo com base exclusivamente teórica, sobre a cronologia de um dos principais problemas da história da matemática que recentemente chegou à sua resolução. Através da leitura de diversos materiais que abordam o assunto de história da matemática, sobretudo o livro "O Último Teorema de Fermat" de Simon Singh, os acadêmicos desenvolveram esta pesquisa com intuito de demonstrar a importância do legado de Fermat, que reverberou por mais de 300 anos até os dias atuais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante aproximadamente 300 anos muitos matemáticos empenharam-se na solução do Último Teorema de Fermat, ainda que esses esforços não resultaram em sucesso, eles foram responsáveis por desenvolver diversos avanços na matemática que foram necessários à solução desse teorema. Dentre os grandes matemáticos que participaram da criação e da solução desse problema podemos citar: Pierre de Fermat, Leonhard Euler, Sophie Germain, Évariste Galois, Yutaka Taniyama, Goro Shimura e Andrew Wiles.

Pierre de Fermat

Pierre de Fermat possui, obviamente, uma participação essencial na criação de seu próprio do teorema, mas antes de nos atermos à natureza do último teorema de Fermat compreendamos quem foi Fermat.

Pierre de Fermat nasceu em 20 de agosto de 1601, na cidade de Beaumont-de-Lomagne, no sudoeste da França. Seu pai, Dominique de Fermat, era um rico mercador de peles, e assim Pierre teve a sorte de receber uma educação privilegiada no monastério franciscano de Grandselve, seguido por uma passagem pela Universidade de Toulouse. Não há nenhum registro de que o jovem Fermat mostrasse qualquer talento especial para a matemática (SINGH, 2014).

Em 12 de janeiro de 1665 Fermat faleceu devido a uma doença, seu filho chamado Clément-Samuel, reuniu, durante o período de 5 anos, todas as anotações e cartas de seu pai e publicou em um livro intitulado de *Aritmética de Diofante com observações de P. Fermat*, inclusive, se não fosse pelos esforços de seu filho, o Último Teorema de Fermat teria sido esquecido assim como seria o seu trabalho.

E foi nesse livro em que Fermat havia escrito sobre seu mais desafiador teorema, nas margens de um problema ele escreveu:

É impossível para um cubo ser escrito como a soma de dois cubos ou uma quarta potência ser escrita como uma soma de dois números elevados a quatro, ou, em geral para qualquer número que seja elevado a uma potência maior do que dois ser escrito como a soma de duas potências semelhantes (SINGH, 2014).

Ou seja: $x^n + y^n = z^n$ é uma declaração impossível.

Leonhard Euler

O primeiro a conseguir um avanço significativo para a resolução do Último

Teorema de Fermat foi Leonhard Euler que nasceu na Basileia, Suíça, no dia 15 de abril de 1707, sendo ele um dos maiores matemáticos do século XVIII.

Euler contribuiu com uma enorme quantidade de artigos de matemática. Conta-se que ele disse que, ao que parecia, seu lápis o superava em inteligência, tão facilmente fluíam os artigos. Ele publicou mais de 500 livros e artigos durante sua vida. Por quase meio século depois de sua morte, obras continuavam a aparecer nas publicações da academia de S.Petersburgo (BOYER; MERZBACHZ, 2011).

Após um século depois da morte de Pierre, existiam apenas duas tentativas de se resolver o teorema de Fermat, porém eram para apenas dois casos específicos, pois Fermat teria deixado aos matemáticos uma pista para a demonstração de que não existiria solução para a equação:

$$x^4 + y^4 = z^4.$$

Segundo o livro de Simon Singh (2014), Euler teria adaptado a demonstração para provar que não há soluções para:

$$x^3 + y^3 = z^3.$$

Embora diversos matemáticos terem falhado ao tentar adaptar o método de Fermat de descida infinita para resolver os outros casos para $n = 4$, pois todas estas tentativas levavam a brechas lógicas:

Euler mostrou que, incorporando-se o número imaginário i em sua prova, ele poderia tapar os buracos na demonstração e forçar o método da descida infinita a funcionar para o caso de $n = 3$.(SINGH, 2014).

Por mais que Euler tenha tentado provar em suas teorias que o problema de Fermat estava correto para todos os outros números, o método da descida ao infinito acabou terminando em fracasso.

Sophie Germain

A próxima pessoa a contribuir com um avanço para o problema seria a matemática Sophie Germain, que diante de uma sociedade extremamente preconceituosa e nacionalista da França durante sua revolução, conseguiu vencer esses obstáculos e alcançar o status de, não apenas matemática, mas também de uma física brilhante, sendo reconhecida por Gauss, um dos maiores, se não o maior, estudiosos de seu tempo.

Sophie Germain nasceu no dia 1º de abril de 1776, filha do negociante Ambroise-François Germain. Fora do trabalho, sua vida foi dominada pelas agitações da Revolução Francesa – o ano em que ela descobriu o amor pelos números foi o mesmo ano da Queda da Bastilha, e seu estudo do cálculo foi obscurecido pelo Reinado do Terror. Seus pais eram financeiramente bem sucedidos, mas a família de Sophie não pertencia à aristocracia (SINGH, 2014).

Sophie Germain não dedicou sua vida inteira de estudos à matemática, ela iniciou uma carreira produtiva na física, onde sua maior contribuição foi um trabalho intitulado de “memórias sobre as vibrações de placas elásticas”, que juntamente com suas pesquisas sobre o Último Teorema de Fermat lhe garantiram condecorações acadêmicas.

Évariste Galois

Nascido no dia 21 de outubro de 1811 no vilarejo francês de Bourg-la-Reine, Évariste Galois ingressou na École Normale e sua principal motivação era descobrir uma forma de resolver as equações de quinto grau, que até então não podiam ser resolvidas, nesta área ele produziu dois trabalhos e os submeteu a academia de ciências, onde seu avaliador, Augustin Louis Cauchy, julgou que os trabalhos de Galois eram dignos de concorrer ao grande prêmio de matemática da academia. Em seus trabalhos nunca fora objetivado o desvendar do Último Teorema de Fermat, mas tiveram uma grande influência na sua resolução posteriormente.

Yutaka Taniyama e Goro Shimura

Conforme Ferreira (2016), no Japão pós segunda guerra mundial dois matemáticos, o Yutaka Taniyama e o Goro Shimura pesquisavam sobre as funções modulares (funções modulares: são funções que exibem módulos em sua lei de construção, além de apresentarem uma grande variedade de formas e simetrias). Suas pesquisas resultaram em uma suposição de que toda curva elíptica corresponderia a uma função modular, isto é, para cada curva elíptica seria possível mapear uma única forma modular. Essa proposição que ficou conhecida como “Conjectura de Taniyama-Shimura” nunca foi comprovada, porém, os autores conseguiram compreender propriedades que tornavam sua proposição verdadeira e passaram utilizá-la na resolução de problemas, como por exemplo o Último Teorema de Fermat.

Andrew Wiles

Conforme SINGH (2002), aos 10 anos, Andrew Wiles conheceu o Último Teorema de Fermat lendo o livro O último problema, de Erick Temple Bell, o livro descrevia a história de Fermat em conjunto com seu teorema, bem como os matemáticos que não conseguiram solucionar o problema durante os trezentos anos. Após trinta anos Andrews Wiles, ainda sonhava em desvendar o teorema, porém não foi efetivo em seu progresso

Wiles utiliza os trabalhos de Évariste Galois para demonstrar sua conjectura, depois de seis anos de exílio, ele partilha seu segredo com Katz, ao receber ajuda do mesmo para analisar a sua demonstração em sala de aula, no curso de curvas elípticas. Depois de sete anos estudando, Wiles conclui sua demonstração da conjectura de Taniyama-Shimura, e como consequência, a demonstração do Último Teorema de Fermat.

Em maio de 1993 Wiles acreditava que havia solucionado o teorema, com isso foi a Cambridge apresentar sua demonstração. Após sua apresentação, o trabalho de Wiles foi submetido ao exame de avaliação, onde fora encontrado por Katz uma incoerência no trabalho. Com isso, Wiles pede um tempo para banca examinadora e passa quatorze meses corrigindo seus erros. Finalmente, após oito anos de estudos, ele consegue publicar seu trabalho em 1995 colocando um ponto final no mistério que perdurou por três séculos e meio.

Tabela 1. Uma breve síntese da resolução do Último Teorema de Fermat

1	De início, foi atribuído que o último teorema de Fermat está errado, ou seja, pode-se afirmar que existe no mínimo uma que satisfaça a equação $a^n + b^n = c^n$, com $n > 2$.
2	Seguindo com a demonstração, foi utilizada a “Conjectura de Taniyama-Shimura”, ela supunha que toda curva elíptica corresponderia a uma função modular, isto é, para cada curva elíptica seria possível mapear uma única forma modular. Por conseguinte, Gerhard Frey reescreveu Último Teorema de Fermat da seguinte forma: $y^2 = x^3 + (a^n - b^n).x^2 - a^n.b^n$, que foi construída como uma curva elíptica que não possui uma representação modular.
3	Sendo assim, a Conjectura de Taniyama-Shimura afirma que toda curva elíptica

	corresponde a uma função modular e o Último Teorema de Fermat reescrito por Frey afirma que caso exista uma resolução, ela não terá uma representação modular, sendo assim, se alguém provar que Conjectura de Taniyama-Shimura é verdadeira não poderá existir uma curva elíptica sem representação modular, e portanto não existirá solução para o Último Teorema de Fermat.
4	No trabalho de Galois um conceito que seria a chave para que Wiles pudesse provar o teorema de Fermat, o problema que Wiles enfrentava perante a conjectura de Taniyama-Shimura é que ele precisava provar que infinitas equações elípticas, sendo essas infinitas por si só, um matemático poderia utilizar a prova por indução para provar um problema infinito, Wiles teria que provar por indução infinitas vezes para que obtivesse sua prova, neste ponto que Wiles usou a teoria dos grupos de Galois onde ele usava uma sequência específica de resultados usados para prever outros resultados.
5	Enfim, Wiles obteve a prova por contradição, visto que ao atestar que o último teorema de Fermat está correto, ou seja, assim como afirmou Fermat, sua proposição não há resolução, pode-se então criar uma curva elíptica que não pode ser modular, mas deve ser modular. Entretanto, não existe a possibilidade de serem ambos, a única resposta é que não existe tal curva.

Fonte: Autores, 2021.

CONCLUSÃO

Na opinião geral, é possível notar vários achismos sobre a matemática ser exata e autêntica, isso decorre da forma que o conteúdo é exibido nas aulas, onde para todo obstáculo existe uma resolução natural, passando a ideia de que a resolução dos problemas é direcionada somente ao aluno e que o mesmo não consegue por falta de capacidade. Essa forma de ensinar a matemática não permite que o aluno descubra as dificuldades enfrentadas pelos matemáticos ao longo da história, além de obstruir o maior aprendizado, no qual não se relaciona com o resultado do problema, mas sim com a maneira que se chega ao resultado, é assim que se constrói o conhecimento.

Como foi possível notar no artigo, existem várias inovações na matemática contemporânea que decorreram da tentativa ineficaz de solucionar um problema. Por fim,

vale ressaltar que após a correção de algumas falhas, a demonstração de Wiles foi finalmente publicada, com isso Andrew Wiles entrou para a história como o homem que conseguiu resolver um dos teoremas mais “simples” e desafiadores da história da matemática, que transpôs eras e envolveu o pensamento dos grandes matemáticos no decorrer dos anos, finalmente o Último Teorema de Fermat obteve sua solução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOYER, Carl Benjamin; MERZBACHZ, Uta Caercilia. História da matemática. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 504 p. (1).

FERREIRA, A. O. FERREIRA, A. C. O.; FERREIRA, B. F. O Último Teorema de Fermat. Macapá: Universidade Federal do Amapá, 2016. Disponível em: <https://www2.unifap.br/matematicaead/files/2016/03/TCC-AUREA-pronto-ok.pdf>

SINGH, Simon. O Último Teorema de Fermat: a história do enigma que confundiu as maiores mentes do mundo durante 358 anos. 21. ed. Rio de Janeiro: Editora Record, 2014. 324 p. Tradução de Jorge Luiz Calife.

Capítulo 14 - DOI:10.55232/10830014.14

**CONFECÇÃO DE EXPERIMENTOS DE MECÂNICA
VOLTADOS A ALUNOS DAS SÉRIES INICIAIS DO
ENSINO MÉDIO**

**Shayane Patez de Souza, Rodrigo Ribeiro Cardoso, Jorge Ricardo de
Araujo Kaschny, Walmir Belinato**

RESUMO: Os anos iniciais do ensino médio são como uma experiência nova para os alunos, os quais se deparam com dificuldades em compreender conteúdos das ciências exatas e, principalmente de física. Muitas vezes a prática de atividades experimentais num contexto didático metodológico que colabore para uma aprendizagem satisfatória dos conceitos físicos é de praxe utilizada por professores. Neste capítulo, buscamos instigar a prática da experimentação com materiais alternativos para alunos dos primeiros anos do ensino médio, como um método de desencadeamento da criatividade e da percepção dos alunos de que a Física é algo que está presente em suas vidas, proporcionando assim uma aprendizagem significativa e de grande valor para o estudante.

Palavras-chave: Ensino de Física, Experimentos a baixo custo, Mecânica

INTRODUÇÃO

Os professores de física enfrentam desafios para tentar alcançar o mundo dos alunos utilizando a linguagem e o formalismo exigido pela física, como ciência, mediando entre o mundo escolar (professores e livros) e o mundo social (vivido pelos alunos), pois o “ensino de física é (...) integrante de um saber científico a ser transmitido dentro das condições e contextos definidos pela escola” (Pietrocola, 2001).

Segundo Violin (1979), a inexistência de laboratórios e equipamentos não se constitui no principal fator para a omissão de atividades experimentais no ensino de Física. Esta omissão estende-se também a professores, apresentando dificuldades na programação de atividades experimentais em uma sala de aula comum, com características simples e de fácil aquisição.

“Em geral, os conhecimentos que nos acompanham por toda a vida são aqueles que, de um lado, nos são úteis e, de outro, geram algum tipo de prazer.” (Pietrocola, 2001) e ainda “o ensino de ciências deve buscar formação cidadã, conectar o conhecimento a vida, dar ao aluno condições para entender o mundo a sua volta.” (Menezes in Escola, 2003, P. 19). Sendo assim, o ensino de física necessita ser calcado nas tecnologias e voltado para a aplicação no cotidiano, buscando ‘desvendar’ o conhecimento por trás de cada objeto tecnológico, prazerosamente, sendo como o estudo da música ou da poesia.

O conceito de energia, por exemplo, foi pesquisado por Barbosa, 2006, e concluiu a necessidade de implementar nas escolas, desde os primeiros anos de escolarização, o desenvolvimento das competências iniciais das crianças em modelar fenômenos simples para chegar a situações mais complexas no ensino médio, uma vez que o conceito de energia quando associado a suas inúmeras maneiras de manifestação na natureza (cinética, potencial, gravitacional, etc.) nos faz desconhecer seu significado próprio. Para Feynman et. all., 1965, energia é uma quantidade que podemos calcular com uma variedade de fórmulas e que permanece inalterada em alguns eventos. É possível encontrar algumas atividades práticas em livros de física, as quais podem ser

realizadas com materiais de baixo custo, possibilitando ser facilmente realizadas no cotidiano dos alunos, como por exemplo, calcular a velocidade média da subida do nível da água em uma jarra que está debaixo de uma torneira (Pietrocola et al, 2016).

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é propor uma prática motivadora para estudar Física através da experimentação, associada a elaboração de experimentos com materiais alternativos; cumprindo como objetivos específicos:

- A inserção na prática laboratorial, buscando solucionar problemas em situações experimentais;
- Estimular nos alunos o interesse pela mecânica e suas aplicações tecnológicas;
- Difundir os experimentos com materiais alternativos de física.

METODOLOGIA

Apresentar alguns roteiros experimentais abordando temas de mecânica, podendo ser aplicados a alunos das primeiras séries do ensino médio. A princípio foram pesquisadas algumas atividades e, em seguida, após a realização experimental, foi organizado um roteiro experimental contendo os tópicos: objetivos, materiais, como realizar o experimento e curiosidades, nos quais foram incluídos nesses dois últimos tópicos equações, tabelas e gráficos com resultados obtidos.

Após propor e realizar as atividades experimentais, em duas turmas das séries iniciais do ensino médio, foi aplicado um questionário para avaliar a eficácia dos roteiros propostos na compreensão dos conteúdos de física, contendo quatro questões: 1^a) achou interessante a apresentação dos roteiros envolvendo MU e MUV?; 2^a) conseguiu relacionar os experimentos com o conteúdo de MU e MUV estudados em sala de aula?; 3^a) que o que mais chamou a atenção dos alunos nos experimentos?; e 4^a) conseguiram identificar uma situação de MU ou MUV no dia a dia?.

A seguir, listamos três roteiros simples, os quais poderão servir de exemplo de atividades práticas, de baixo custo, para as séries iniciais do ensino médio:

- 1. Modelando o Movimento Uniforme com uso de pedras de dominós.** Esse

experimento tem como objetivo representar um exemplo aproximado de MRU (efeito dominó), calcular a velocidade média do movimento produzido e estabelecer uma equação horária para cada uma das duas montagens sugeridas: dominós espaçados com 2 cm e com 3 cm;

- 2. Modelando o Movimento Uniforme com óleo e água.** Nessa atividade é possível determinar a velocidade de um móvel (gota d'água) que se desloca com velocidade constante e, com os resultados obtidos, construir um gráfico de espaço em função do tempo;
- 3. Aplicando a segunda Lei de Newton através de um plano inclinado.** Esse roteiro experimental tem como objetivo estudar o comportamento da aceleração de um corpo em função do ângulo de inclinação de uma rampa na ausência de forças de atrito. Nesse roteiro o resultado pode ser utilizado para a determinação da aceleração da gravidade local;

Experimento n° 1: Modelando o Movimento Uniforme com uso de pedras de dominós

OBJETIVOS

Estudar um exemplo aproximado de MRU (efeito dominó), calcular a velocidade média do movimento produzido e estabelecer uma equação horária para cada uma das duas montagens sugeridas: dominós espaçados com 2 cm e com 3 cm.

MATERIAIS

- Jogo de dominó;
- Régua, trena ou fita métrica;
- Cronômetro.

COMO REALIZAR O EXPERIMENTO

1. Enfileire os dominós igualmente espaçados. Se puderem juntar dois ou mais jogos, mais longa será a sequência de dominós.



Figura 1. Exemplo da fileira de dominós com espaçamentos iguais a 2 cm. Fonte: próprio autor.

2. Com o auxílio de uma régua, monte a sequência e meça o espaçamento com o mínimo de precisão possível. Meça também a extensão total da fileira de peças.
3. De forma mútua, derrube a primeira peça e cronometre o tempo de duração do movimento até o último dominó cair. Calcule a velocidade média desse movimento em cm/s. Repita o procedimento por mais duas vezes e tire a média das velocidades encontradas. Faça a operação com os dominós separados, primeiro 2 cm e, depois, 3 cm.

Tabela 1: Espaçamento entre as peças de 2 cm

Tamanho da fileira - Δs (cm)	Duração do mov. - Δt (s)	Velocidade média - V_m (cm/s)
54 cm – 28 peças	$T_1 = 0,61$ s	$V_{m1} = 88$ cm/s
54 cm – 28 peças	$T_2 = 0,73$ s	$V_{m2} = 73$ cm/s
54 cm – 28 peças	$T_3 = 0,73$ s	$V_{m3} = 73$ cm/s

- Velocidade média para o espaçamento de 2 cm (tire a média dos resultados da última coluna):

M= somatório de dados/quantidade de dados

$$M = (88+73+73) / 3$$

$$M = 78$$

$$V_m = 78 \text{ cm/s}$$

Tabela 2: Espaçamento entre as peças de 3 cm

Tamanho da fileira Δs (cm)	Duração do mov. Δt (s)	Velocidade média V_m (cm/s)
81 cm – 28 peças	T1 = 0,93 s	$V_{m1} = 87 \text{ cm/s}$
81 cm – 28 peças	T2 = 0,74 s	$V_{m2} = 109 \text{ cm/s}$
81 cm – 28 peças	T3 = 0,82 s	$V_{m3} = 98 \text{ cm/s}$

- Velocidade média para o espaçamento de 3 cm (tire a média dos resultados da última coluna):

M= somatório de dados/quantidade de dados

$$M = (87+109+98) / 3$$

$$M = 98$$

$$V_m = 98 \text{ cm/s}$$

CURIOSIDADES SOBRE O EXPERIMENTO

- 1) Justifique por que o movimento do efeito dominó pode ser considerado aproximadamente um M.R.U.

Porque ele ocorre em linha reta e é caracterizado pela uniformidade de espaços em intervalos de tempos iguais.

- 2) Considerando $S_0=0$, represente a função horária dos espaços para os dois movimentos analisados. Obs.: use o valor da velocidade média com duas casas decimais e em cm/s. Chame a primeira função de $S_1(t)$ e a segunda função de $S_2(t)$.

$$S_1(t) = S_0 + V.t \quad \text{--->} \quad S_1(t) = 0 + 78.t \quad \text{--->} \quad S_1(t) = 78.t$$

$$S_2(t) = S_0 + V.t \quad \text{--->} \quad S_2(t) = 0 + 98.t \quad \text{--->} \quad S_2(t) = 98.t$$

- 3) Considerando as funções horárias encontradas no item anterior, responda:
 - a. Imagine uma sequência de dominós muito longa. Em qual posição, em cm, estaria a queda das peças passados 2 minutos de iniciado a queda da primeira peça? Faça o cálculo para os dois espaçamentos testados.

Minutos	segundos
1	60
	X
2	x

$$X = 2.60 \rightarrow X = 120 \text{ s}$$

$$S1(t) = 78.t \rightarrow S1(120) = 78.120 \rightarrow S1(120) = 9360 \text{ cm}$$

$$S2(t) = 98.t \rightarrow S2(120) = 98.120 \rightarrow S2(120) = 11760 \text{ cm}$$

b. Supondo uma fileira de 60 metros de dominós, com espaçamento de 2 e 3 cm, quantos segundos aproximadamente seriam necessários para que cada fileira fosse completamente derrubada?

Metros	Decímetros	Centímetro
60	600	6000

$$S1(t) = 78.t \rightarrow 6000 = 78.t \rightarrow 6000/78 = t \rightarrow t = \sim 76 \text{ s}$$

$$S2(t) = 98.t \rightarrow 6000 = 98.t \rightarrow 6000/98 = t \rightarrow t = \sim 61 \text{ s}$$

c. Trace o gráfico $V \times t$ para os dois movimentos analisados.

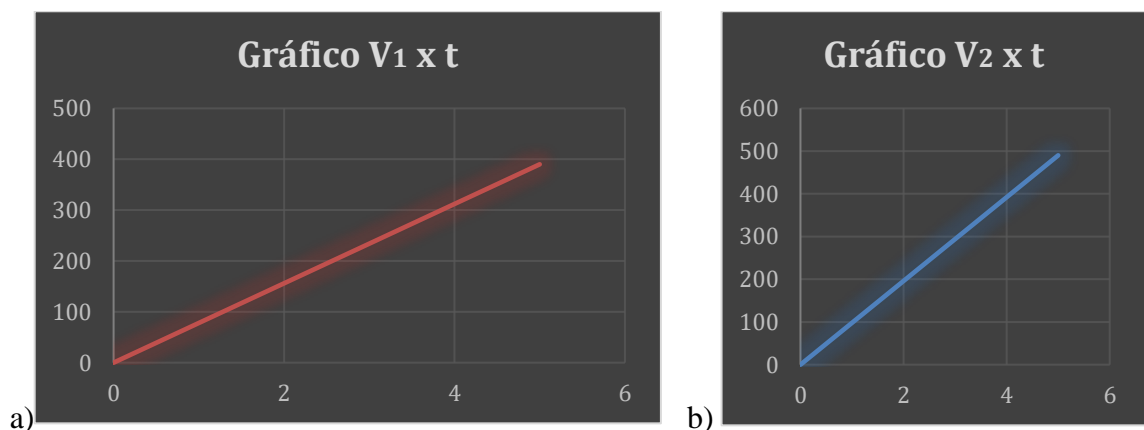


Figura 2. Gráficos $V_1 \times t$ e $V_2 \times t$ para o efeito dominó. Fonte: próprio autor.

EXPERIMENTO N° 2: Modelando o Movimento Uniforme com óleo e água

OBJETIVOS

Determinar a velocidade de um móvel que se desloca com velocidade constante. Com os resultados obtidos, construir um gráfico de espaço em função do tempo.

MATERIAIS

- Tubo de vidro ou de material transparente;
- Óleo de soja;
- Conta-gotas ou seringa;
- Cronômetro;
- Água.

COMO REALIZAR O EXPERIMENTO

1. Coloque o óleo de soja no tubo. Deixe uma distância de três a quatro centímetros entre a boca e a superfície do óleo.
2. Faça, no tubo, marcas separadas por distâncias iguais. Ex.: 4 em 4 cm.
3. Encha o conta-gotas de água, coloque a ponta dentro do óleo e libere uma gota de água, como mostra a figura 3.



Figura 3. Imagem da realização do experimento. Fonte: próprio autor.

4. Quando a gota passar pelo marco zero, dispare o cronômetro. Toda vez que a gota passar por uma marca, marque no cronômetro.

Tabela 3: Intervalos de tempo decorridos pela gota até chegar a uma marca

Marcas	Tempo (S)
0	0,0
1	02,77
2	05,51
3	08,56
4	11,56
5	14,31

Tabela 4: Dados das distâncias ΔS e das variações de tempo Δt em cada marca

Marcas	$\Delta S = S_f - S_i$ (cm)	$\Delta t = t_f - t_i$ (s)	$V_m = \Delta S / \Delta t$ (cm/s)
1 - 0	4-0 = 4 cm	02,77 - 00,00 = 02,77 s	4,00/2,77 = ~1,44 cm/s
2 - 1	8-4 = 4 cm	05,51 - 02,77 = 02,74 s	4,00/2,74 = ~1,45 cm/s
3 - 2	12-8 = 4 cm	08,56 - 05,51 = 03,05 s	4,00/3,05 = ~1,31 cm/s
4 - 3	16-12 = 4 cm	11,56 - 08,56 = 03,00 s	4,00/3,00 = ~1,30 cm/s
5 - 4	20-16 = 4 cm	14,31 - 11,56 = 02,75 s	4,00/2,75 = ~1,45 cm/s

- Calcule a média das velocidades:

$M = \text{somatório de dados} / \text{quantidade de dados}$

$$M = (1,44 + 1,45 + 1,31 + 1,3 + 1,45) / 5$$

$$M = 1,39$$

$$V_m = 1,39 \text{ cm/s}$$

CURIOSIDADES SOBRE O EXPERIMENTO

1. Escreva a equação horária da posição desse movimento.

$$S(t) = S_0 + V \cdot t$$

$$S(t) = 0 + 1,39 \cdot t$$

$$S(t) = 1,39 \cdot t$$

2. Construa um gráfico da função horária $S(t)$.

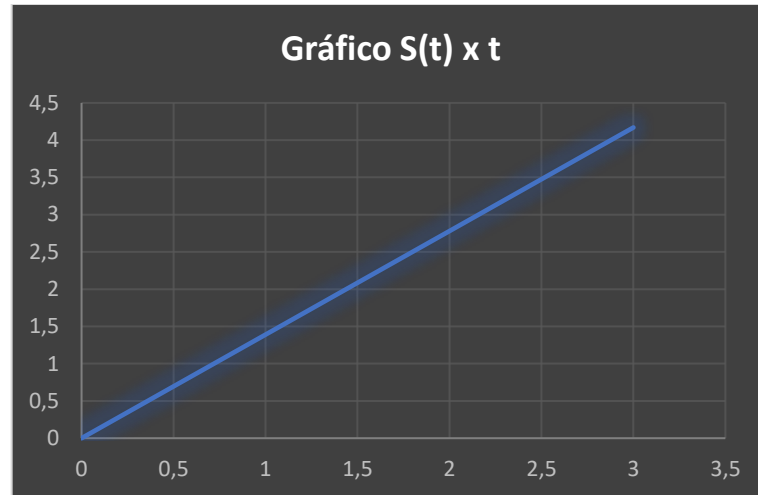


Figura 4. Gráfico da posição em função do tempo. Fonte: próprio autor.

3. Determine se é MRU ou MRUV? Justifique.

O movimento da gota d'água é um MRU, porque o movimento ocorre com velocidade constante em uma trajetória reta. Em intervalos de tempos iguais o móvel percorre a mesma distância.

EXPERIMENTO N° 3: Aplicando a segunda Lei de Newton através de um plano inclinado

OBJETIVOS

Estudar o comportamento da aceleração de um corpo em função do ângulo de inclinação de uma rampa na ausência de forças de atrito. Utilização do resultado desse estudo para a determinação da aceleração adquirida pelo carrinho.

MATERIAIS

- Plano inclinado. Ex.: uma rampa;
- Carrinho de brinquedo. Ex.: carrinhos hot wheels;
- Trena ou fita métrica;
- Cronômetro.

COMO REALIZAR O EXPERIMENTO

1. Num plano inclinado, desconsiderando o coeficiente de atrito devido a superfície lisa e plana, coloque o carrinho para deslizar no ponto inicial da extremidade superior.
2. Ligue o cronômetro assim que soltar o carrinho. E desligue-o, imediatamente, quando o carrinho atingir o chão.



Figura 5. Imagem da realização do experimento. Fonte: próprio autor.

CURIOSIDADES SOBRE O EXPERIMENTO

1. Calcule a intensidade da força desse carrinho, considerando $g = 10\text{m/s}^2$.
 $F_r = m \cdot g$
 $F_r = 0,2 \cdot 10$
 $F_r = 2 \text{ N}$
2. Determine o ângulo desse plano inclinado.
 $\text{Sen}\theta = \text{C.O}/\text{H} = (20,5/45) \cdot 100 = \text{Sen}45^\circ = 0,71$,
onde C.O = Cateto Oposto e H = Hipotenusa
3. Determine a força mínima a ser aplicada sobre o bloco, na direção da superfície desse plano, para que o corpo deslize com velocidade constante. Dados: $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $F = P_x$
 $F = P \cdot \text{sen}\theta$
 $F = m \cdot g \cdot \text{sen}\theta$
 $F = 0,2 \cdot 10 \cdot \text{sen}45^\circ$
 $F = 0,2 \cdot 10 \cdot 0,71$
 $F = 1,42 \text{ N}$

4. Sendo a gravidade local de 10 m/s^2 , determine a aceleração adquirida pelo carrinho posto a deslizar a partir do topo desse plano.

$$A = g \cdot \text{sen}.\theta$$

$$A = 10 \cdot \text{Sen}45^\circ$$

$$A = 10 \cdot 0,71$$

$$A = 7,1 \text{ m/s}^2$$

5. Descubra a altura do plano.

$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{altura}}{\text{percurso}}$$

$$\text{sen}45^\circ = \frac{\text{altura}}{45}$$

$$\text{Altura} = 0,71 \cdot 45$$

$$\text{Altura} = 31,95 \text{ cm}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As atividades experimentais apresentadas servirão de modelos para elaboração, por parte dos docentes, de atividades experimentais. Para avaliar a eficácia dos roteiros apresentados, foram aplicadas as atividades em duas turmas de ensino integrado (médio e técnico), e por fim, foi aplicado um questionário sobre a relação dos experimentos com os conteúdos estudados em sala de aula.

Abaixo, na figura 6, apresentamos as respostas do questionário aplicado para os alunos:

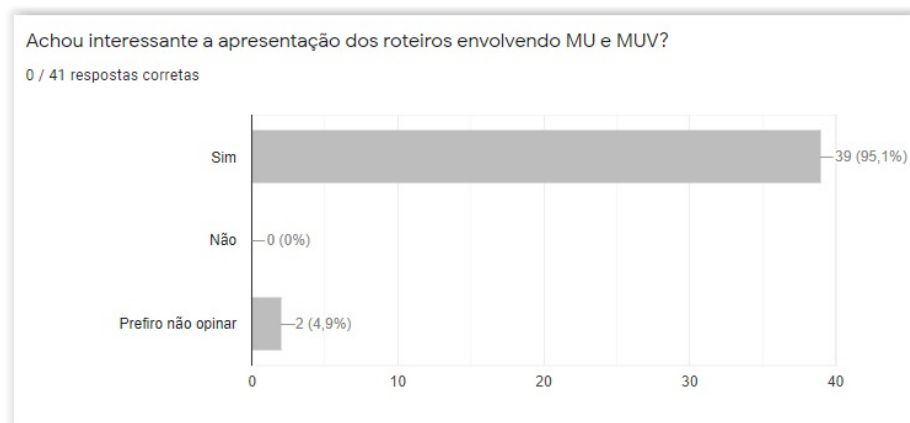


Figura 6. Respostas da 1ª pergunta do questionário.

Foi possível observar que a maioria dos estudantes relacionaram os experimentos de MU e MUV com os conteúdos estudados em sala de aula, conforme figura 7:

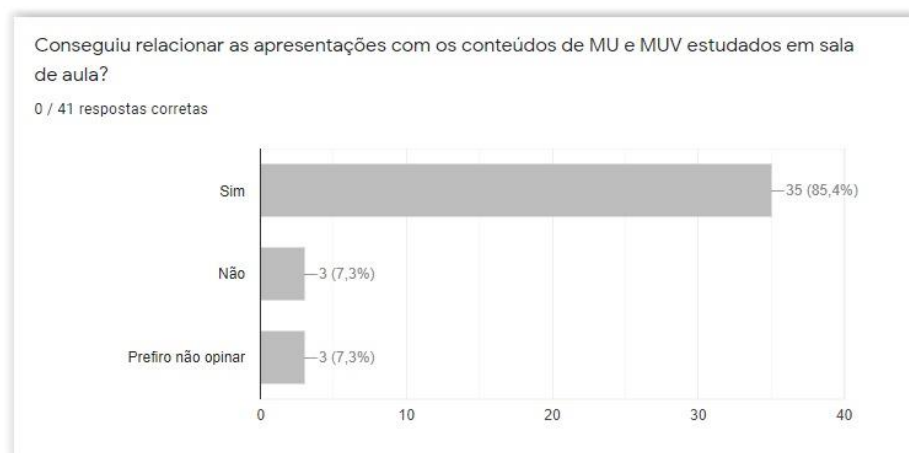


Figura 7. Resposta da 2ª pergunta do questionário.

Na terceira questão do formulário foi possível observar que o que mais chamou a atenção dos alunos nos experimentos foi:

- Facilidade com que se faz o experimento e o modo com que todos conseguem fazer em casa;
- A forma como podemos associar física com o nosso cotidiano;
- O fato de que esses experimentos são fáceis de reproduzir. Dessa forma, eu mesma posso testá-los em casa, com medidas e condições diferentes;
- O fato de serem feitos em casa, e você poder realizar experimentos com materiais de baixo custo;
- A forma com que os alunos relacionaram ações simples com cálculos da física, tornando o assunto mais lúdico;
- Que podemos fazer nós mesmos, e entender um pouco mais.

Na questão 4ª, dos 41 alunos que responderam os questionários, 7 (17%) não conseguiram identificar uma situação de MU ou MUV no dia a dia.

Por serem fáceis de fazer e apresentarem materiais de baixo custo, os experimentos de Física facilitam a compreensão do estudo de Mecânica, mostrando na prática os conceitos estudados de Mecânica, tornando a Física mais interessante e convidativa.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a realização de pesquisas bibliográficas buscando aplicações de

conceitos de Mecânica em experimentos realizados com materiais alternativos foi possível, além de proporcionar a adaptação para a realidade da modalidade de aulas remotas (AENPE), devido ao período pandêmico. As apresentações dos roteiros para duas turmas de alunos do ensino médio foram concluídas e a facilidade de realização dos roteiros experimentais utilizando materiais de baixo custo contribuíram para a compreensão do estudo de Mecânica, instigando por fim, os alunos a continuar a buscando aplicar os conceitos teóricos em situações cotidianas simples e passíveis de construção com materiais alternativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, J.P.V., BORGES, A.T.. O entendimento dos estudantes sobre energia no ensino médio. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 23, n. 2: p. 182-217, ago. 2006.

Escola, Janeiro/fevereiro 2003. Entrevista com Luiz Carlos de Menezes. P: 19-20.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. The Feynman Lectures on Physics. Reading: Addison-Wesley Publishing, 1963.

PIETROCOLA, M. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: UFSC, 2001.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R.; Física em Contextos. Vol 1. 1 Ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

Prática Experimental Simplificada- Cinemática dos Dominós. Simple Physics, 2015. Disponível em: <<https://simplephysicsbr.files.wordpress.com/2015/08/efeito-dominc3b3.pdf>> Acesso em 17 de agosto de 2021;

Violin, A.G. Atividades experimentais no ensino de física de 1º e 2º graus. Revista Brasileira de Ensino de Física. v.1, n.2, p. 13-24, 1979.

Capítulo 15 - DOI:10.55232/10830014.15

ESTUDO DO PERFIL ESPACIAL DE REATORES ANAERÓBIOS HORIZONTAIS DE LEITO FIXO ALIMENTADOS COM GLICEROL BRUTO E ESGOTO SANITÁRIO

Thais Silva Ribeiro de Almeida, Daiana Camila da Silva, Luan Vieira Adames, Lorena Oliveira Pires, Sandra Imaculada Maintinguer

RESUMO: A procura por novas tecnologias que possibilitem o uso de recursos renováveis para obtenção de energia vem crescendo nas últimas décadas, principalmente devido às mudanças climáticas e o futuro esgotamento das atuais fontes fósseis de energia. A produção de biogás por meio da digestão anaeróbia tem se mostrado uma ótima opção, não só para produção de energia, como também para manejo adequado de resíduos orgânicos. Existem diversas configurações de reatores que vêm sendo aplicados para melhorar a conversão da matéria orgânica em biogás - como hidrogênio e metano. Uma das opções de substrato para essa digestão é o glicerol bruto, principal subproduto do processo de transesterificação de óleos vegetais ou animais, na produção de biodiesel. O objetivo deste trabalho foi analisar o perfil de degradação do glicerol em quatro Reatores Anaeróbios Horizontais de Leito Fixo (RAHLF) instalados em série (R1, R2, R3 e R4), com alimentação contínua de 97% de esgoto sanitário e 3% de glicerol bruto (v/v). Foram quantificados DQO, Glicerol, pH e ácidos graxos totais em 17 pontos de coleta presentes ao longo dos reatores. Nas posições iniciais, centrais e finais de cada reator, foi possível verificar a elevada degradação do glicerol, em remoções totais de até 99,5%. Os demais parâmetros analisados possibilitaram a compreensão da degradação do glicerol bruto em cada segmento do reator, assim como a ação dos microrganismos envolvidos na digestão anaeróbia.

Palavras-chave: Fermentação, Metano, Glicerol

CONTEXTUALIZAÇÃO

A indústria do biodiesel tem crescido nas últimas décadas no Brasil graças aos incentivos fiscais advindos das leis governamentais, que têm estipulado a adição de porcentagens crescentes deste biocombustível à matriz energética brasileira desde 2005, com o objetivo de substituir gradativamente o óleo diesel de origem fóssil. A mistura do biodiesel ao diesel tornou-se mandatória a partir de 2008, com a mistura legalmente obrigatória de 2% (B2). A Resolução nº 4 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) de 2021 retificou a diminuição da adição de 13% para 10% de biodiesel a ser adicionado no diesel para o ano de 2022. A porcentagem desse biocombustível seria de 14% em 2022, no entanto, por conta das consequências econômicas da pandemia do COVID-19, esse percentual provavelmente só será autorizado nos próximos anos.

A maior problemática da comercialização do biodiesel é o custo requerido para a obtenção das matérias-primas, que correspondem a cerca de 70-95% do custo total da produção usando-se convencionalmente triglicerídeos, tais como óleos vegetais virgens ou gorduras animais (SARMA *et al.*, 2012).

De acordo com Gupta *et al.* (2015), uma aplicação ambientalmente sustentável e que diminuiria esses custos da produção em 60-70% seria o uso do óleo de cozinha reciclado para a produção de biodiesel, tendo em vista que a cada 1 litro de óleo de cozinha usado são gerados cerca de 980 mililitros de biodiesel (ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES DE BIODIESEL DO BRASIL, 2017). É importante destacar que essa alternativa reduziria os problemas associados com a disposição inadequada, sabendo que o resíduo do óleo de cozinha acaba sendo, em muitos casos, despejado diretamente em corpos hídricos, como em rios e riachos ou simplesmente em pias e vasos sanitários, indo diretamente para os sistemas de esgoto e causando danos, como entupimento dos canos e o encarecimento dos processos das estações de tratamento, além de colaborar para a poluição do meio aquático ou ainda no lixo doméstico, contribuindo para o aumento das áreas dos aterros sanitários (CASTELLANELLI *et al.*, 2007). Ainda, de acordo com o relatório da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), 1 litro de óleo pode contaminar até 25 mil litros de água e, em 2010, somente 2,5 a 3,5% do óleo comestível descartado no Brasil foi reciclado (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2017).

Com a produção global de biodiesel passando dos 20 bilhões de litros, no qual o Brasil produziu 6,76 bi de litros de biodiesel em 2021 (BIODIESELBR,2022), uma grande quantidade do coproduto desta produção está sendo gerado, que corresponde ao glicerol bruto, onde para cada para cada 100 kg de biodiesel produzidos são gerados 10 kg de glicerol bruto (RODRIGUES *et al.*, 2016). Este excesso de glicerol bruto tem uma grande dificuldade em ser absorvido pelas indústrias convencionais, pois o resíduo contém várias impurezas como metanol, sabão, ácidos graxos livres, triglicerídeos, vindos do processo da transesterificação, e assim, purificá-lo corresponde a um processo oneroso (HEJNA *et al.*, 2016).

A partir do exposto, surge a necessidade de se desenvolver usos alternativos para o glicerol bruto a fim de tornar a produção de biodiesel sustentável a longo prazo e, dessa forma, corroborar com o desenvolvimento sustentável almejado por todo planeta. Assim, o valor deste resíduo como cosubstrato em plantas de digestão anaeróbia se mostra uma solução promissora, sendo considerado uma matéria-prima promissora para a produção de biogás, como metano e hidrogênio tendo em vista sua composição (RODRIGUES *et al.*, 2016).

A codigestão é a digestão simultânea de uma mistura homogênea de dois ou mais substratos com características complementares entre si, a fim de fornecer nutrientes em quantidades equilibradas, permitindo dessa forma uma fermentação estável (MARAGKAKI *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2017). A digestão conjunta pode aumentar a atividade de microrganismos anaeróbios, tendo em vista que uma mistura adequada de resíduos proporciona efeitos complementares que compensam a falta de carbono e demais nutrientes de alguns substratos, ao mesmo tempo em que diluem substâncias nocivas ou excessivas que possam inibir a atividade destes microrganismos (KURAHASHI *et al.*, 2017). Ademais, a codigestão pode resultar em produções de biogás mais elevadas e potencializar as plantas de produção. Sendo assim, a codigestão do glicerol bruto com outros resíduos corresponde a uma alternativa atrativa para a sua utilização e recuperação.

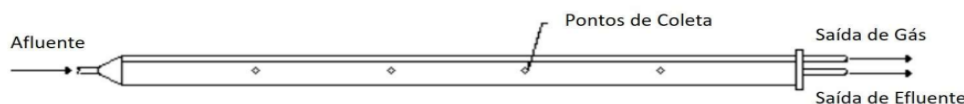
O processo de digestão anaeróbia é complexo e, além de ocorrer na ausência de oxigênio, necessita de uma atividade associativa de microrganismos para a quebra e transformação da matéria orgânica em biogás. Como os reatores anaeróbios possuem dois grupos de micro-organismos, bactérias e arqueias, com características distintas, a otimização de cada uma dessas fases pode aumentar a taxa global de estabilização de resíduos orgânicos. Com isso, os sistemas anaeróbios em fases são indicados para a

melhor eficiência de tratamento e produção de metano (KIM et al., 2013; HORI et al., 2006).

Considerando as características do glicerol bruto é possível constatar sua capacidade elevada na geração de biogás como substrato na digestão anaeróbia. Apesar de ser rico em carbono, é um resíduo pobre em nutrientes como fósforo e hidrogênio. Tais macronutrientes podem ser encontrados no esgoto sanitário doméstico e, com isso, alternativas de co-digestão de ambos os compostos poderá suprir a demanda de nutrientes e, ainda, permitir a diluição de possíveis agentes tóxicos presentes no glicerol, tendo em vista que o esgoto é 99,9% constituído de água (LI *et al.*, 2020, RODRIGUES, OLIVEIRA SANTANA, *et al.*, 2020). Com isso, a co-digestão do glicerol bruto e do esgoto pode ser aplicada no tratamento desse subproduto e disposição final ambientalmente adequada, além da possibilidade de geração de energia por meio do biogás.

Uma nova configuração de reator anaeróbio foi desenvolvida por Zaiat em 1994, que propôs o reator anaeróbio horizontal de leito fixo (RAHLF) para o tratamento do efluente de indústria de papel reciclado e substrato sintético à base de glicose. Os RAHLF's (Figura 1) possuem como característica principal propiciar um meio suporte para a imobilização da biomassa dentro do reator, permitindo TDH menores e tempos de detenção de sólidos (TDS) maiores. Existem várias configurações de meio suporte, buscando-se sempre materiais que tenham uma maior área superficial para a aderência da biomassa e imobilização dos microrganismos, em particular os metanogênicos, para melhorar a robustez do processo (ADU-GYAMFI, RAVELLA e HOBBS, 2012).

Figura 1. Esquema de um reator anaeróbio horizontal de leito fixo (RAHLF)



Fonte: ZAIAT, VIEIRA, *et al.*, 1997.

Os reatores anaeróbios horizontais de leito fixo caracterizam-se por predominar fluxo pistão e conter suporte inerte no interior do reator. O fluxo em pistão permite o desenvolvimento de populações microbianas distintas ao longo do comprimento do reator (CUEL, et al., 2011). Assim, os compostos intermediários resultantes da degradação inicial podem ser degradados nas regiões posteriores do reator (DAMIANOVIC, et al.,

2009).

A combinação de diversos reatores anaeróbios horizontais de alta taxa, em série, é uma opção para as propriedades nas quais o manejo dos dejetos produz alterações nas características quantitativas e qualitativas das águas residuárias de suinocultura. Entre as vantagens, descritas por Urbinati e Oliveira (2014), para o tratamento de águas residuárias de suinocultura, destacam-se o aumento da remoção de sólidos suspensos, DQO, metais e coliformes; redução do TDH e o aumento da estabilidade do sistema. Diversos estudos com reatores anaeróbios horizontais têm sido realizados, a fim de aperfeiçoar as condições hidrodinâmicas, fluxo de dispersão axial, transferência de massa e a velocidade de reação cinética (CUEL et al., 2011), e otimizar as remoções de carbono orgânico (DAMIANOVIC e FORESTI, 2009).

OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi analisar o perfil temporal de degradação do glicerol bruto co-digerido em esgoto sanitário em quatro reatores anaeróbios horizontais de leito fixo (RAHLF) operados e instalados em série e;

- Avaliar 17 pontos de amostragem ao longo dos quatro reatores com relação as variações de pH, Alcalinidade Total, remoção de DQO, produção de Ácidos Voláteis Totais; 1,3 propanodiol e os consumos do glicerol.

METODOLOGIA

Inóculo e substratos

Lodo granular mesofílico metanogênico foi obtido de um reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), usado no tratamento de água residuária do abatedouro de aves (Avícola Dacar, Tietê – SP), denominado inóculo *in natura*.

Glicerol bruto foi obtido a partir da transesterificação de óleos vegetais e sebo animal por uma empresa de purificação de glicerol localizada em Brotas – SP, armazenado em galões de polietileno escuro e mantido em temperatura ambiente até sua utilização. As suas características físico-químicas eram: DQO de 1,92 Kg L⁻¹; teor de glicerol 80,6%; pH 4,35; 5,3% de cloretos; 11,4% de umidade, 5,1% de cinzas e 2,84%

de matéria orgânica não glicerol (MONG).

Esgoto sanitário foi cedido pela BRK Ambiental, responsável pela estação de tratamento de esgoto do município de Rio Claro – SP. Entretanto, em função da Pandemia COVID-19 nos anos de 2019 e 2020 ocorreu a sua suspensão na concessão. Sendo assim, foi utilizado para a alimentação dos RAHFL's esgoto sintético (Tabela 1) adaptado de Martin *et al.* (2009).

Tabela 1. Composição Esgoto Sintético.

Macronutrientes	Fonte	mg/L
Amido	C-Carboidrato 80%	200
Albumina	C-Proteína 10%	21
Óleo de Girassol	C-Lipídio 10%	13,1
Uréia	N	13
Fosfato de Potássio Monobásico	P	5,26
Cloreto de Cálcio dihidratado	Ca	22
Sulfato de Magnésio Heptahidratado	Mg	0,43
Cloreto de Potássio	K	21,3
Bicarbonato de Sódio	Na	8,76
Extrato de Levedura		100
Solução de Micronutrientes (ml/L)		1

Fonte: Martin *et al.* (2009).

Configuração e operação dos reatores RAHLF

Os reatores tubulares horizontais possuíam 2 metros de comprimento e diâmetros crescentes de 5 cm (R1), 10 cm (R2), 15 cm (R3) e 20 cm (R4), para favorecer o tempo de detenção hidráulico (TDH) das fases da digestão anaeróbia (Figura 2). Em todos os reatores (R1, R2, R3 e R4) foi adicionado eletrodutos corrugados (2 cm de diâmetro x 2

em de comprimento) como meio suporte para favorecer a agregação dos microrganismos anaeróbios.

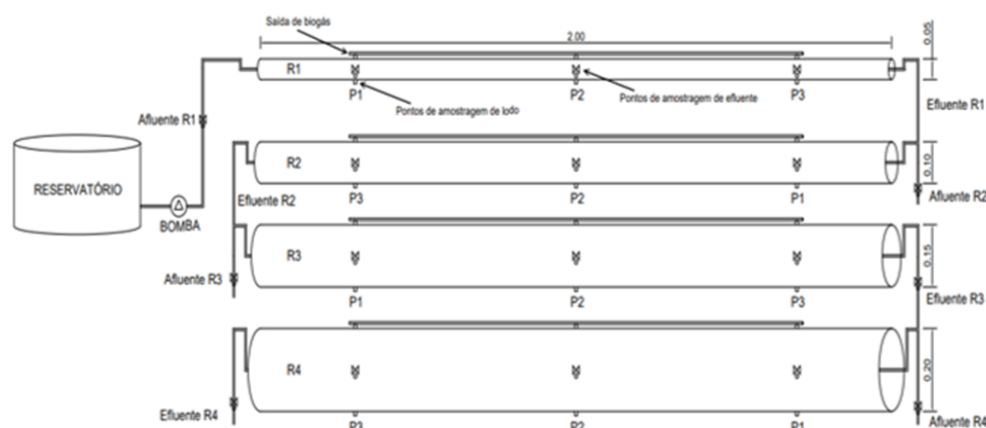


Figura 2 - Representação esquemática do sistema de tratamento com quatro reatores anaeróbios horizontais com leito fixo em série (RAHLF) (R1, R2, R3 e R4) e os pontos de amostragem de lodo (P1, P2 e P3) e os 17 pontos de amostragens de perfil espacial (Entrada, R1P1, R1P2, R1P3, R1 SAÍDA, R2P1, R2P2, R2P3, R2 SAÍDA, R3P1, R3P2, R3P3, R3 SAÍDA, R4P1, R4P2, R4P3, R4Saída).

Os reatores foram alimentados em co-digestão (glicerol e esgoto) a fim de aumentar a capacidade tamponante, diluir compostos tóxicos e suprimir a deficiência de nutrientes no sistema, na condição de 97% de esgoto sanitário sintético e 3% de glicerol bruto, obtendo os seguintes valores prévios de produção de gás (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados de biogás.

R1	70,7 L H ₂ /m ³ d ⁻¹ (± 70,6)
R2	41,1 L CH ₄ /m ³ d ⁻¹ (± 30,6)
R3	82,2 L CH ₄ /m ³ d ⁻¹ (± 45,3)
R4	22,5 L CH ₄ /m ³ d ⁻¹ (± 23,8)

Fonte: Autora, 2022.

Análises físico-químicas e cromatográficas

As determinações de DQO, sólidos totais voláteis e pH foram realizadas de acordo com APHA, AWWA, WEF (2005). Os ajustes no pH foram realizados com adições de

HCl e NaOH 1M. Carboidratos totais foram determinados de acordo com Dubois *et al.* (1956), adaptado por Herbert, Philipps e Strang (1971).

A identificação de álcoois e AGV foi realizada em cromatógrafo a gás Shimadzu® GC-2030, equipado com detector de ionização de chama, amostrador automático para *headspace* AOC 6000 Plus e coluna HP INNOWAX (Agilent Technologies), filme de 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm espessura. As condições cromatográficas foram: 35°C (0 min), 2°C min⁻¹ 38°C (0 min), 10°C min⁻¹ 75°C (0 min), 35°C min⁻¹ 120°C (1 min), 10 °C min⁻¹ 170 °C (2 min), aumentando a temperatura final da rampa de aquecimento para 230 °C por 2 minutos, totalizando aproximadamente 17 minutos de tempo de execução. O fluxo da coluna foi de 1,5 mL min⁻¹ com nitrogênio (N₂) como gás de arraste. O detector utilizou hidrogênio (H₂) a 30 mL min⁻¹ com ar sintético a 300 mL min⁻¹ e N₂ a 30 mL min⁻¹ como chama e gases auxiliares. A temperatura do detector foi de 280°C. As condições do amostrador automático com seringa de 2,5 mL foram: 13 minutos de incubação da amostra a 100 °C, injeção de 400 µL da amostra com a seringa a 100 °C e 3 minutos de lavagem da seringa com N₂ após cada injeção, adaptado de Adorno, Hirasawa e Varesche (2014). O mesmo GC e coluna foram usados para analisar o 1,3-Propanodiol (1,3-PD) por meio da injeção de líquido de 2 µL com um amostrador de líquido automático após filtração da amostra em membranas de nylon de 0,22 µm (MSI, EUA) de acordo com Egoburo *et al.* (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

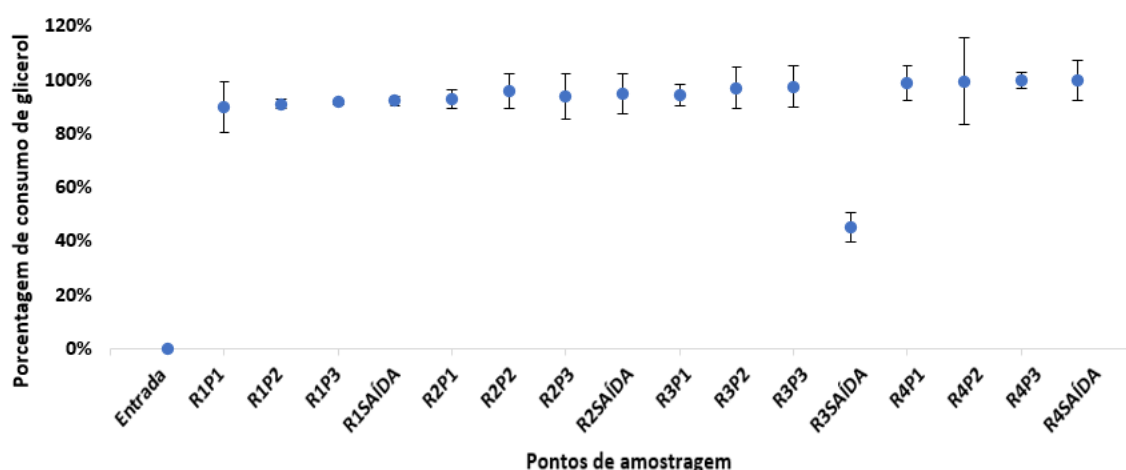
Glicerol

A partir do glicerol, pode ocorrer a formação de diversos coprodutos em diversas vias metabólicas, a partir do consórcio microbiano e da condição operacional imposta. Pela via redutora ocorre quebra do glicerol com formação de 3-hidroxi-propanalaldeído, o qual sofre oxirredução e se transforma em 1,3-propanodiol por meio da enzima *1,3-propanediol desidrogenase* (Silva *et al.*, 2009).

Sendo assim, o perfil de consumo de glicerol (Figura 3) demonstrou claramente o favorecimento da rota metabólica oxidativa com formação de 1,3 PD. Foi verificado um pico de seu consumo na entrada do RALF (R1P1), que se manteve constante até a saída do terceiro reator (R3P3). A partir do fim do terceiro reator (R3SAÍDA) foi observado

instabilidade, com a diminuição da ação das arqueias na degradação do glicerol. Porém, logo após o ponto R4P1 foi constatada a reestabilização do sistema e continuidade no consumo do glicerol (R4P2, R4P3 e R4SAÍDA).

Figura 3 – Perfil do consumo de glicerol bruto no RAHLF.



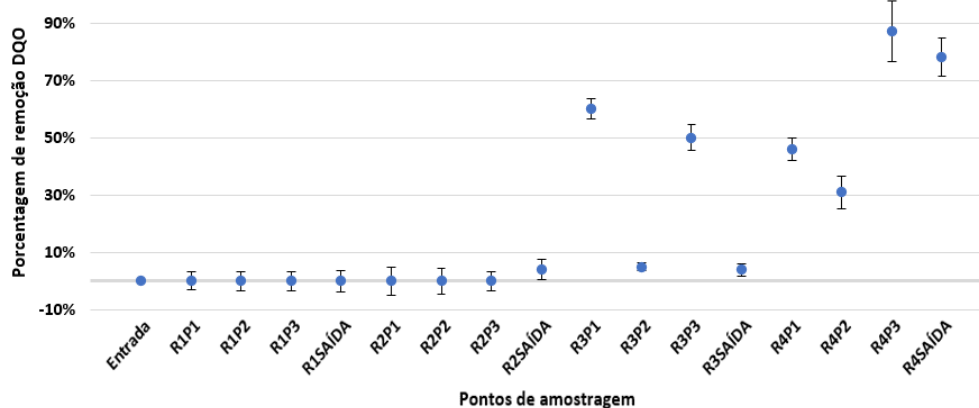
Fonte: Autora, 2022.

Dessa forma, a remoção do glicerol foi de 99,5%, demonstrando que a concentração usada na co-digestão (3% de glicerol bruto) não causou a inativação das bactérias e arqueias nos reatores. De maneira geral, as condições operacionais possibilitaram uma ótima eficiência para o sistema RALF e, assim, permitiram a geração não só de biogás em todos os estágios, mas também a formação de produtos de valor agregado como 1,3 PD.

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO representa a porção orgânica dentro do sistema, indicando a quantidade equivalente de oxigênio necessário para oxidar quimicamente as substâncias orgânicas presentes no reator. Sendo assim, o perfil de remoção da DQO permitiu visualizar o perfil de degradação do glicerol e comprovar o desempenho operacional do reator anaeróbio em termos de remoção de matéria orgânica total (Figura 4).

Figura 4 – Perfil da remoção de DQO no RAHLF.



Fonte: Autora,2022.

Foi observado remoção de DQO a partir do primeiro reator metanogênico (R3), no trecho compreendido pelos pontos R3P1, R3P2, R3P3 e R3SAÍDA. Além disso, foi verificado instabilidade na remoção da DQO do sistema, provavelmente causada pela demanda de matéria orgânica elevada a ser degradada pelas arqueias. No quarto reator verificou-se uma diminuição da porcentagem de remoção, indicando a dificuldade das arqueias em converter a matéria orgânica em biogás. Ainda, chegou-se a uma remoção igual a 87% no ponto R4P3, demonstrando que o sistema teve dificuldades, mas conseguiu se reestabilizar e degradar grande parte do glicerol.

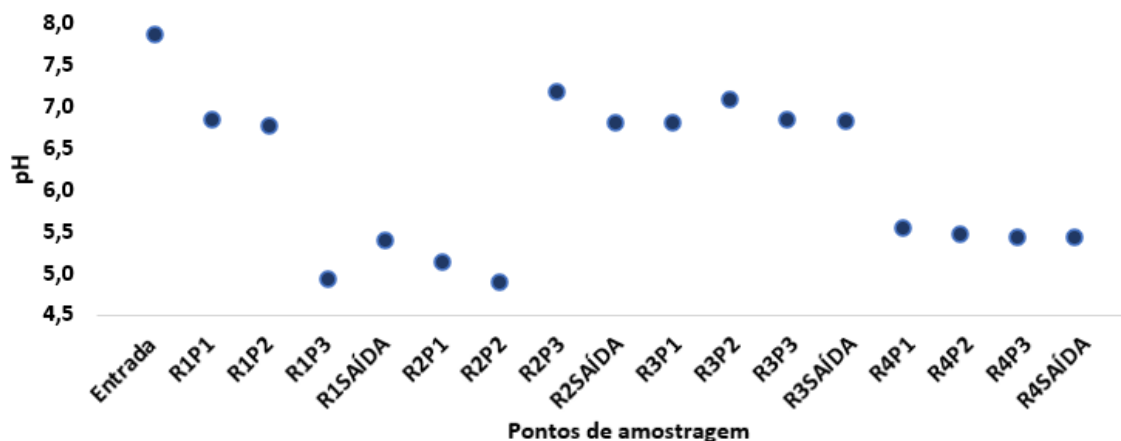
pH

O pH é um parâmetro que influencia diretamente no desempenho da digestão anaeróbia. Além disso, implica em consumo de alcalinidade. A digestão anaeróbia requer um pH estável na faixa de 6,5 a 7,5 para maior produção de biogás e melhor desempenho das arqueias metanogênicas. No entanto, as bactérias acidogênicas são mais resistentes e suportam faixas de pH entre 5 e 6 (SEIFERT, K., WALIGORSKA, M., WOJTOWSKI, M., *et al.*, 2009).

Na entrada do primeiro reator foi adicionado uma solução tampão de 3 g/L de NaHCO_3 a fim de contribuir na estabilização do pH. No entanto, foi verificado que essa concentração não foi suficiente para mantê-lo na faixa da neutralidade, se tornando um reator acidogênico com pH 5,0 (R1P3). Esse pH foi reflexo da atividade das bactérias fermentativas que produzem os ácidos graxos voláteis e tiveram sua ação potencializada nos dois primeiros reatores (R1 e R2). Ainda, a partir da saída do segundo reator (R2P3)

foi verificado pH próximo a 7 que corroborou para a ação das arqueias metanogênicas na conversão do glicerol bruto em biogás ao longo do terceiro reator (R2P1, R3P2, R3P3 e R3SAÍDA) (Figura 5).

Figura 5 – Perfil do pH no RAHLF.



Fonte: Autora, 2022.

Ademais, a partir do R4 (R4P1, R4P2, R4P3 e R4SAÍDA), o pH voltou a decair, ficando na faixa 5,5, o que pode indicar a sobrecarga do sistema e a incapacidade de degradação dos ácidos voláteis pelas arqueias.

Ácidos graxos voláteis (AGV)

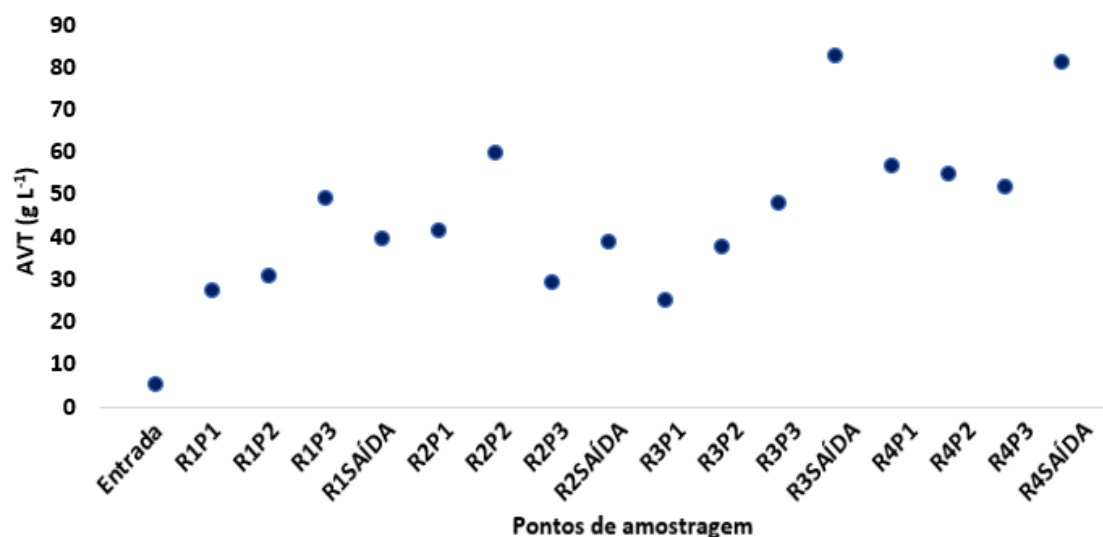
Os Ácidos Graxos Voláteis Totais são tidos como produtos intermediários do processo de digestão anaeróbia, provenientes da degradação de macronutrientes, e se caracterizam por serem de baixo peso molecular. (CHERNICHARO, 2007).

Esse parâmetro indica a concentração de ácidos e mede a capacidade do processo fermentativo em resistir à elevação do pH quando uma base é adicionada previamente – o que ocorreu no sistema estudado. Ainda, influenciam diretamente no desenvolvimento da digestão anaeróbia e no processo de degradação da matéria orgânica, tendo em vista que, em concentrações mais elevadas, colocam em risco a estabilidade e eficiência do processo, sabendo que o aumento em sua concentração está relacionado com a diminuição da produção de biogás (Hill *et al.*, 1987).

Foi verificado um comportamento usual das bactérias fermentativas, o que causou um aumento dos ácidos nos dois primeiros reatores (R1P1, R1P2, R1P3, R1SAÍDA,

R2P1, R2P2 e R2SAÍDA). No entanto, no ponto R3SAÍDA foi verificado um pico de produção dos ácidos em concentrações mais elevadas, o que pode indicar dificuldade das arqueias metanogênicas em converter a grande quantidade de ácidos sintetizada nos reatores anteriores (R1 e R2) (Figura 6).

Figura 6 – Perfil dos Ácidos Voláteis Totais no RAHLF.



Fonte: Autora, 2022.

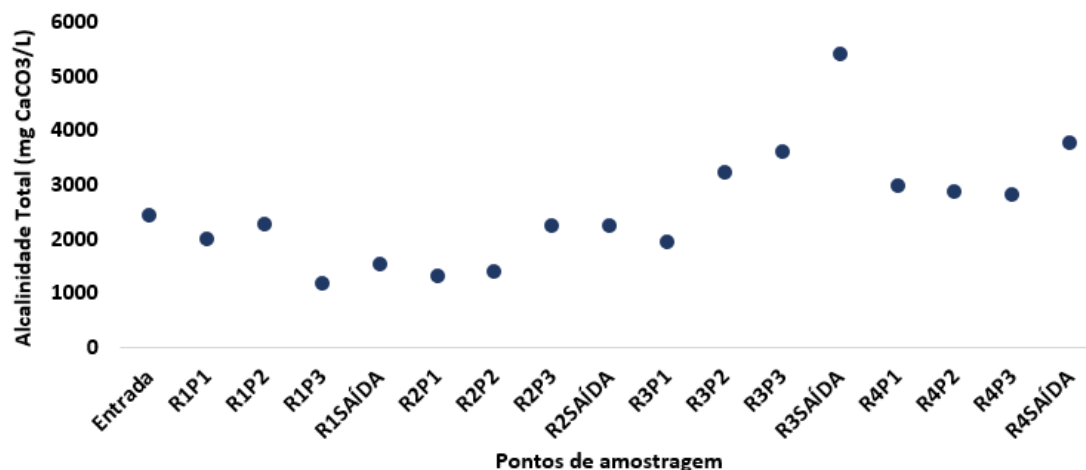
Conforme o perfil estudado (Figura 6) é possível constatar um comportamento usual das bactérias fermentativas, o que causou um aumento dos ácidos nos dois primeiros reatores (R1P1, R1P2, R1P3, R1SAÍDA, R2P1, R2P2 e R2SAÍDA). No entanto, no ponto R3SAÍDA foi verificado um pico de produção dos ácidos em altas concentrações no reator, o que pode indicar dificuldade das arqueias metanogênicas em converter a grande quantidade de ácidos sintetizada nos reatores anteriores, pois tanto o R3 quanto o R4 são os reatores metanogênicos e, assim, sua função é converter esses ácidos voláteis em biogás e, em conjunto, a continuidade da ação das bactérias fermentativas nos reatores metanogênicos.

Alcalinidade

O equilíbrio da digestão anaeróbia é um fator de extrema importância para o desenvolvimento sadio do sistema e está associado a capacidade da alcalinidade do sistema em neutralizar os ácidos formados e tamponar o pH quando ocorrer acumulação de ácidos voláteis. A partir disso, foi verificado que alcalinidade total apresentou correlação com os ácidos voláteis totais. A alcalinidade diminuiu com a concentração

elevada de ácidos voláteis gerados principalmente nos reatores fermentativos (R1P1, R1P2, R1P3, R1SAÍDA, R2P1, R2P2, R2P3 e R2SAÍDA). A partir do R3, observou-se o aumento dos valores da alcalinidade (Figura 7).

Figura 7 – Perfil da Alcalinidade Total no RAHLF.



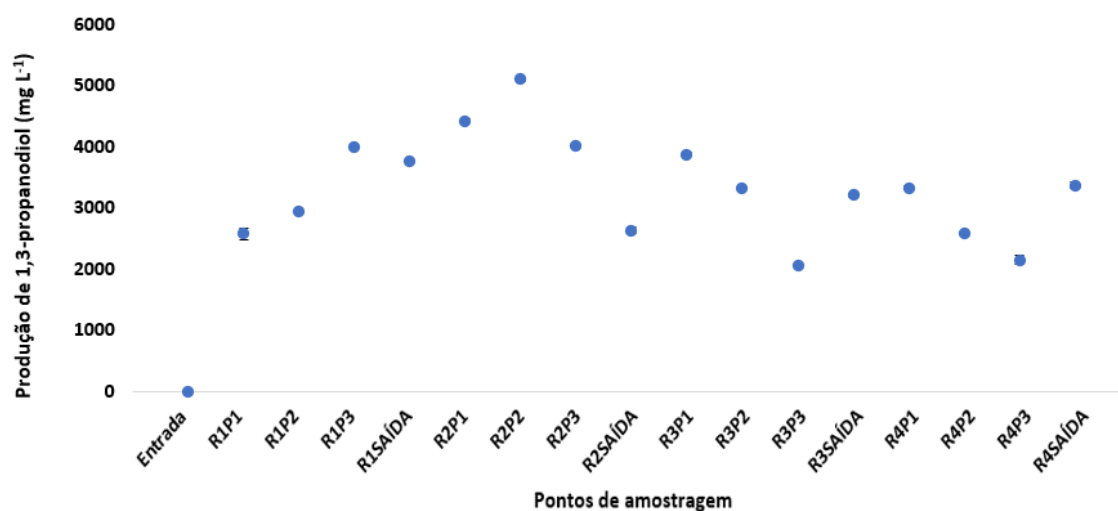
Fonte: Autora, 2022.

No ponto de saída do terceiro reator (R3SAÍDA) foi verificado um pico no valor da alcalinidade total (Figura 7 - R3SAIDA). Fato semelhante foi verificado nas análises de AVT (Figura 6 – R3SAÍDA), o que pode estar relacionado com uma sobrecarga do reator e uma deficiência da alcalinidade em promover o equilíbrio do sistema. Ainda, a partir do R4, foi observado uma diminuição da alcalinidade, relacionado à queda dos ácidos no quarto reator, com consequente continuidade na produção de biogás.

1,3-Propanodiol

Segundo Biebl *et al.* (1999), o 1,3-propanodiol é um composto orgânico bifuncional que pode ser utilizado para muitas reações de síntese, em especial como um monômero para policondensações para produzir plásticos como poliésteres, poliéteres e poliuretanos. Como já visto, essa substância pode ser um produto da via redutora de consumo do glicerol bruto. Foi constatado a produção de 1,3-propanodiol pelo RAHLF como principal produto de valor agregado gerado pelo sistema (Figura 8).

Figura 8 – Perfil da produção de 1,3-propanodiol no RAHLF.



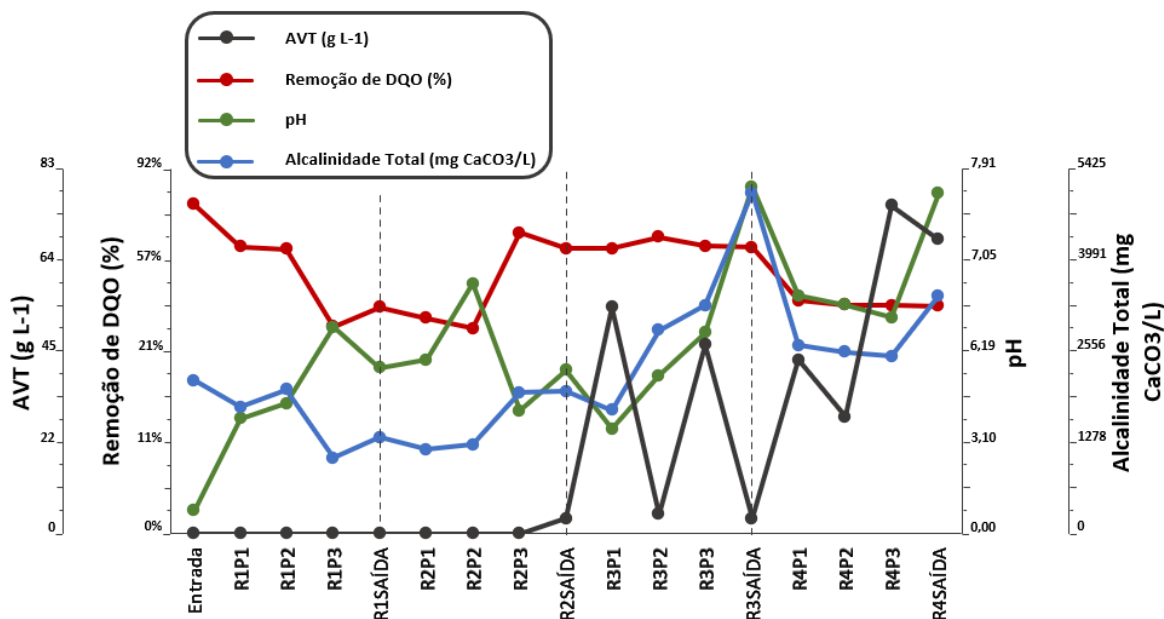
Fonte: Autora,2022.

A produção do 1,3-propanodiol chegou a seu valor máximo, equivalente a 5104,8 mg L⁻¹, ainda no segundo reator (R2) como consequência do processo fermentativo das bactérias fermentativas. As nuances demonstradas a partir do terceiro reator (R3) foram consequência da atividade das arqueias na quebra dos produtos gerados nos reatores fermentativos e geração de biogás. A partir do R3, o 1,3-propanodiol deixa de ser produzido e passa a ser consumido pelas arqueias – justificando seus picos negativos em R3P3 e R4P3; no entanto, essa passagem pelos reatores metanogênicos não foi suficiente para removê-lo totalmente, chegando ao valor de 3364,5 mg L⁻¹ na saída do R4.

Análise comparativa dos resultados

A partir dos resultados previamente apresentados, foi feita uma correlação dos resultados A linha tracejada permite uma diferenciação mais facilitada dos 4 reatores constituintes do RAHLF. A correlação entre os valores de pH, AVT e alcalinidade foi demonstrada onde a alcalinidade diminuiu com o pH, conforme gerações crescentes de ácidos graxos voláteis (AVT), demonstrando que a solução tampão adicionada foi fundamental para a estabilização e balanceamento do sistema. Essa evidencia foi verificada entre os pontos R1P3 e R2P2, nos quais o decaimento do pH e alcalinidade e gerações crescentes AVT na fase fermentativa do sistema RAHLF (R1 e R2) (Figura 9).

Figura 9 – Análises físico-químicas do perfil do RAHLF.



Fonte: Autora, 2022.

De maneira geral, a remoção da DQO e consequente formação de biogás só ocorreu a partir do final do segundo reator (R2) e início do terceiro reator (R3), o que é justificável tendo em vista que os reatores R3 e R4 eram metanogênicos. Como mencionado, as arqueias metanogênicas só agem no sistema em condições ideais e, a partir do início da produção de metano foi observado uma elevação do pH, o que permitiu melhores condições para ação das arqueias e a ocorrência da conversão efetiva dos ácidos graxos em biogás (Figura 9).

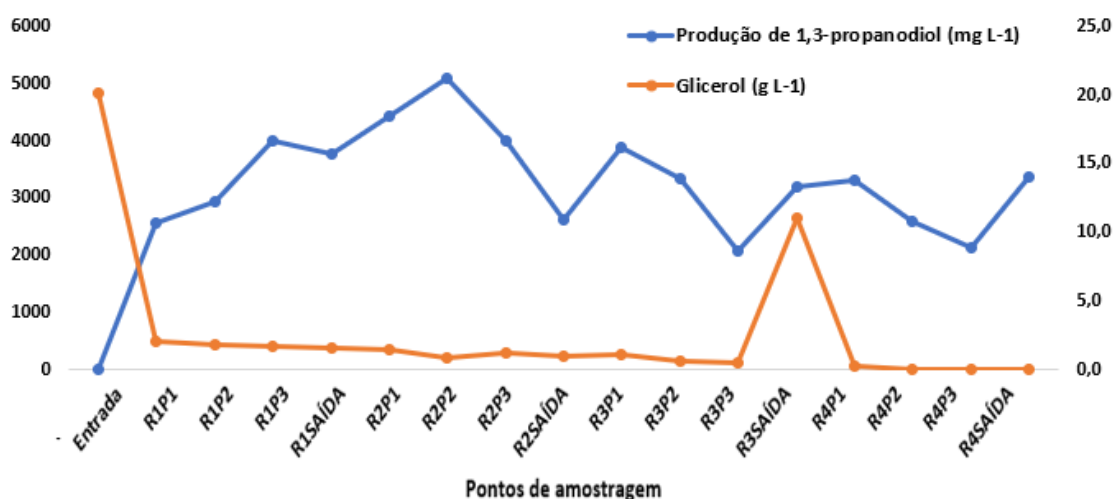
O R3 foi o reator de maior conversão de ácidos em metano, o que permitiu o maior valor de produção de metano equivalente a $82,2 \text{ L CH}_4 / \text{m}^3 \text{ d}^{-1}$ (Tabela 2). Porém, a partir da saída do terceiro reator foi observado uma diminuição expressiva do pH, o que pode indicar a sobrecarga do sistema e a incapacidade das arqueias metanogênicas de consumir os ácidos gerados (LOPES PEREIRA, E., MONTENEGRO CAMPOS, C. M., MOTERANI, F., 2009) (Figura 9).

O ponto de saída do terceiro reator (R3SAÍDA) pode estar relacionado com a existência de caminhos preferenciais do efluente, tendo em vista a existência dos meios suporte (conduítes corrugados) no interior dos reatores, após um longo período de funcionamento, o que permitiu a imobilização da biomassa no reator que podem ter dificultado a neutralização dos ácidos ainda presentes no R3 e R4. Como o sistema

RALHF estava em operação a mais de dois anos, a formação de caminhos preferenciais pode ter ocorrido e, dessa forma, ter influenciado nos resultados esperados nos reatores metanogênicos com relação ao consumo de ácidos e formação de biogás, principalmente (Figura 9).

A efetiva produção de 1,3-propanodiol a partir do consumo do glicerol por meio da rota metabólica redutora foi confirmada. Gerações mais elevadas foram de 5.104,8 mg L⁻¹ de 1,3 PD no ponto R2P2, o que foi justificável, tendo em vista que no primeiro e segundo reator (R1 e R2) predominou a ação das bactérias fermentativas. Ainda, como constatado nas análises anteriores, observou-se que na saída do R3 ocorreu um pico de concentração do glicerol indicando como um local de imobilização do glicerol e dificuldade da ação dos microrganismos (Figura 11).

Figura 11 - Consumo de glicerol e produção de 1,3-propanodiol.



Fonte: Autora,2022.

A efetiva produção de 1,3-propanodiol a partir do consumo do glicerol por meio da rota metabólica redutora foi confirmada. Gerações mais elevadas foram de 5.104,8 mg L⁻¹ de 1,3 PD no ponto R2P2, o que é justificável, tendo em vista que no primeiro e segundo reator (R1 e R2) predomina-se a ação das bactérias fermentativas. Ainda, como constatado nas análises anteriores, observou-se que na saída do R3 ocorreu um pico de concentração do glicerol indicando como um local de imobilização do glicerol e dificuldade da ação dos microrganismos (Figura 11).

CONCLUSÃO

A digestão anaeróbia se mostrou como alternativa sustentável, economicamente viável e eficaz na degradação do glicerol e produção de produtos de valor agregado, além de viabilizar a geração de energia.

A co-digestão com esgoto sanitário foi eficiente para promover a diluição da carga orgânica do glicerol bruto e seus contaminantes, propiciando condições favoráveis ao consórcio microbiano para a produção de biogás e produtos de valor agregado. O biogás gerado pelos reatores, sendo hidrogênio (R1) e metano (R2, R3 e R4), são produtos do processo anaeróbio e podem ser usados como uma fonte de energia limpa e renovável, passível de ser aproveitada localmente, em usinas de produção de biodiesel.

O perfil analisado do RAHLF em série possibilitou compreender os consumos elevados de glicerol bruto em cada segmento do reator, no qual os dois primeiros (R1 e R2) se comportaram como reatores fermentativos, convertendo o glicerol em ácidos voláteis e realizando a produção de subprodutos de valor agregado, como o 1,3-propanodiol. Os dois últimos reatores (R3 e R4) se comportaram como reatores metanogênicos, com a formação de CH₄.

A aplicação do glicerol bruto na geração de biogás é uma alternativa eficiente, promissora e sustentável nas usinas de biodiesel. Esse resíduo gerado como subproduto da cadeia de produção do biocombustível pode ser reaproveitado para a produção de outros produtos valorizados concomitantemente aos seus consumos.

REFERÊNCIAS

ADAMES, L.V.; PIRES, L.O.; ADORNO, M.A.T.; MAINTINGUER, S.I.. Produção de hidrogênio em reator anaeróbio de fluxo contínuo utilizando glicerol bruto oriundo da produção de biodiesel. *Revista Matéria*, [S. l.], v. 26, n. 2, 10 jun. 2021.

ADORNO, M. A. T., HIRASAWA, J. S.; VARESCHE, M. B. A. "Development and Validation of Two Methods to Quantify Volatile Acids (C2-C6) by GC/FID: Headspace (automatic and manual) and Liquid-Liquid Extraction (LLE)", *American Journal of Analytical Chemistry*, v. 05, pp. 406-414, 2014.

ADU-GYAMFI N., RAVELLA S.R., HOBBS P.J.. Optimizing anaerobic digestion by selection of the immobilizing surface for enhanced methane production. *Bioresour Technol.* 2012 Sep;120:248-55. doi: 10.1016/j.biortech.2012.06.042. Epub 2012 Jun 21. PMID: 22820114.

APHA, A. and W. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2005.

ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES DE BIODIESEL DO BRASIL, <https://aprobio.com.br/2017/01/10/brasil-recicla-30-milhoes-de-litros-de-oleo-de-cozinha-na-producao-de-biodiesel/>. Acesso em: 12 abr. 2022.

BIEBL, H.; MENZEL, K.; ZENG, A.P.; DECKWER, W.D. (1999). Microbial production of 1,3- propanediol. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 52, p. 289-297.

BIODIESELBR. Brasil produziu 6,76 bi de litros de biodiesel em 2021. Produção e Consumo, 2022. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/producao/brasil-produziu-6-76-bi-de-litros-de-biodiesel-em-2021-010222>. Acesso em: 14 mar. 2022.

CASTELLANELLI, C.; MELLO, C. I.; RUPPENTHAL, J. E.; HOFFMANN, R. Óleos comestíveis: o rótulo das embalagens como ferramenta informativa. I Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí. 2007. Correio do estado disponível em: <<https://www.correiodoestado.com.br/noticia/programa-de-coleta-de-oleo-vegetal-entra-em-vigor/109526/>>. Acesso em: 14 abr. 2022.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG), 2007. v. 5, 380 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias).

CUEL, M. F.; KWONG, W. H.; ZAIAT, M.; FORESTI, E. Solution of a heterogeneous modeling of a horizontal-flow anaerobic immobilized biomass (HAIB) reactor by the sequencing method. *Canadian Journal of Civil Engineering*, Ottawa, v. 38, n. 4, p. 415–421, 2011.

DAMIANOVIC, M. H. R. Z.; FORESTI, E. Dynamics of sulfidogenesis associated to methanogenesis in horizontal-flow anaerobic immobilized biomass reactor. *Process Biochemistry*, London, v. 44, p. 1050-1054, 2009.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, v. 28, n. 3, p. 350–356, 1956.

EGOBURO D.E., DIAZ PEÑA R., KOLENDER A., PETTINARI M.J. (2017) Optimization and Validation of a GC–FID Method for Quantitative Determination of 1,3-Propanediol in Bacterial Culture Aqueous Supernatants Containing Glycerol. *Chromatographia* 80:1121–1127. <https://doi.org/10.1007/s10337-017-3310-6>

FRANKE-WHITTLE, I. H., WALTER, A., EBNER, C., INSAM, H. (2014). Investigation into the Effect of High Concentrations of Volatile Fatty Acids in Anaerobic Digestion on Methanogenic Communities. *Waste Manage.*, 34, 2080– 2089.

GUERI, Matheus Vitor Diniz; SOUZA, Samuel Nelson Melegari de; KUCZMAN, Osvaldo. Parâmetros operacionais do processo de digestão anaeróbia de resíduos alimentares: uma revisão. *BIOFIX Scientific Journal*, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 17-25, 2018. DOI:[dx.doi.org/10.5380/biofix.v3i1.55837](https://doi.org/10.5380/biofix.v3i1.55837)

GUPTA, A.R., YADAV, S.V., RATHOD, V.K., "Enhancement in biodiesel production using waste cooking oil and calcium diglyceroxide as a heterogeneous catalyst in presence of ultrasound", *Fuel*, v. 158, pp. 800-806, Out. 2015.

HEJNA, A., KOSMELA, P., FORMELA, K., *et al*, "Potential applications of crude glycerol in polymer technology – Current state and perspectives", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 66, pp. 449-475, Dez. 2016.

HERBERT, D., PHILIPPS, O. S., STRANG, R. E. Carbohydrate analysis. *Methods Enzym*, 5B, p. 265-277, 1971.

HILL, D. T., COBB, S. A., BOLTE, J. P. (1987). Using volatile fatty acid relationships to predict anaerobic digester failure. *Transactions of ASAE*, 30, 496-501.

HORI, T.; HARUTA, S.; UENO, Y.; ISHII, M.; IGARASHI, Y. Dynamic transition of a methanogenic population in response to the concentration of volatile fatty acids in a thermophilic anaerobic digester, *Applied Environmental Microbiology*, Washington, v. 72, p. 1623-1630, 2006.

KIM, W.; CHO, K.; LEE, S.; HWANG, S. Comparison of methanogenic community structure and anaerobic process performance treating swine wastewater between pilot and optimized lab scale bioreactors. *Bioresource Technology*, Amsterdam, v. 145, p. 48–56, 2013.

KURAHASHI, K., KIMURA, C., FUJIMOTO, Y., *et al*, "Value-adding conversion and volume reduction of sewage sludge by anaerobic co-digestion with crude glycerol", *Bioresource Technology*, v. 232, pp. 119–125, Maio 2017.

LI, D., LI, W., ZHANG, K., *et al*. "Nutrient removal by full-scale Bi-Bio-Selector for nitrogen and phosphorus removal process treating urban domestic sewage at low C/N ratio and low temperature conditions", *Process Safety and Environmental Protection*, v. 140, p. 199–210, 2020. DOI: 10.1016/j.psep.2020.05.011.

LOPES PEREIRA, E., MONTENEGRO CAMPOS, C. M., MOTERANI, F. Efeitos do pH, acidez e alcalinidade na microbiota de um reator anaeróbico de manta de lodo (UASB) tratando efluentes de suinocultura. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*. 2009, 4(3), 157-168. ISSN: 1980-993X.

MARAGKAKI, A. E., FOUNTOULAKIS, M., GYPAKIS, A., *et al*. "Pilot-scale anaerobic co-digestion of sewage sludge with agro-industrial by-products for increased biogas production of existing digesters at wastewater treatment plants", *Waste Management*, v. 59, p. 362–370, 2017. DOI: 10.1016/j.wasman.2016.10.043.

MARTÍN, M. A. *et al*. Kinetic evaluation of the psychrophilic anaerobic digestion of synthetic domestic sewage using an upflow filter. *Bioresource Technology*, v. 101, n. 1, p. 131–137, jan. 2010.

NAGASAKI, K.; KWON, S. H.; TAKEMOTO, Y. An interesting correlation between methane production rates and archaea cell density during anaerobic digestion with increasing organic loading. *Biomass and Bioenergy*, Kidlington, v. 78, p. 17–24. 2015.

PROGRAMA DE RECICLAGEM DE ÓLEO DE FRITURA DA SABESP., http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/programa_reciclagem_oleo_completo.pdf. Acesso em: abril de 2022.

RISSOLI, C.A. (2004). Estudo de parâmetros operacionais do reator UASB tratando esgoto doméstico e avaliação da biodegradabilidade do seu efluente. Dissertação de Mestrado, Publicação PTARH.DM -073/04, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 125p.

RODRIGUES, C. V., OLIVEIRA SANTANA, K., NESPECA, M. G., *et al.* "Energy valorization of crude glycerol and sanitary sewage in hydrogen generation by biological processes", *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 45, n. 21, p. 11943–11953, 2020. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2020.02.168.

RODRIGUES, C.V., SANTANA, K.O., NESPECA, M.G., *et al* "Crude glycerol by transesterification process from used cooking oils: Characterization and potentialities on hydrogen bioproduction", *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 41, pp. 14641–14651, 2016.

SARMA, S.J., BRAR, S.K., SYDNEY, E.B., *et al*, "Microbial hydrogen production by bioconversion of crude glycerol: A review", *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 37, n. 8, pp.6473-6490, Abril 2012.

SEIFERT, K., WALIGORSKA, M., WOJTOWSKI, M., *et al.*, "Hydrogen generation from glycerol in batch fermentation process," doi: 10.1016/j.ijhydene.2009.02.045. *Int. J. Hydrogen Energy*, v. 34, n. 9, pp. 3671-3678, 2009.

SHIN, S. G.; YOO, S.; HWANG, K.; SONG, M.; KIM, W.; HAN, G.; HWANG, S. Dynamics of transitional acidogenic community along with methanogenic population during anaerobic digestion of swine wastewater. *Process Biochemistry*, London, v. 46, p. 1607-1613, 2011.

SILVA, G.P.; MACK, M.; CONTIERO, J. (2009). Glycerol: A promising and abundant carbon source for industrial microbiology. *Biotechnology Advances*, 27, p. 30-39.

SILVA, F. M. S., OLIVEIRA, L. B., MAHLER, C. F., *et al.* "Hydrogen production through anaerobic co-digestion of food waste and crude glycerol at mesophilic conditions", *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 42, n. 36, p. 22720–22729, 2017. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2017.07.159. .

URBINATI, E.; OLIVEIRA, R. A. Anaerobic-aerobic treatment of swine wastewater in UASB and batch reactors in series. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 124-142, feb. 2014.

ZAIAT, M., CABRAL, A. K. A., FORESTI, E. "Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo Para Tratamento de Águas Residuárias: Concepção e Avaliação Preliminar de Desempenho", *Revista Brasileira de Engenharia*, v. 11, n. 2, p. 33–42, 1994. .

ZAIAT, M., VIEIRA, L. G. T., CABRAL, A. K. A., *et al.* "Rational Basis for Designing Horizontal-Flow Anaerobic Immobilized Sludge (HAIS) Reactor for Wastewater Treatment", *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, v. 14, n. 1, p. 251–262, mar. 1997. DOI: 10.1590/S0104-66321997000100001.

Capítulo 16 - DOI:10.55232/10830014.16

PROJETO E FABRICAÇÃO DE PROTÓTIPO DE ESTERILIZADOR DE MEIO AMBIENTES PORTÁTIL

Daniel Rodrigues Oliveira, Beatriz Vitorina Pacheco Aragão, Kairo Bruno Almondes da Silva, Luan de Souza Sampaio

RESUMO: No ano de 2020 e 2021 a pandemia do COVID-19 passou a fazer parte do cotidiano de todos os cidadãos, e devido a proliferação da COVID em âmbito global, e também devido a facilidade de contágio deste vírus, mostrou-se uma grande necessidade, tanto de buscar formas alternativas de proteção contra o mesmo, já que os equipamentos de proteção individual (EPI's) acabaram mostrando uma escassez referente a acessibilidade de posse dos mesmos, como também na alta demanda constante de limpeza nos ambientes hospitalares e nos ambientes públicos onde ocorre um grande fluxo de bactérias e do vírus oportunista tratado em questão. Nesse contexto atual, também se mostrou necessário uma forma alternativa de combater o vírus, pelo fato de que ocorreu, de forma global, uma alta elevação de concentração de pessoas diagnosticadas com o vírus da COVID-19. O presente projeto de pesquisa tem o objetivo de desenvolver um equipamento que além de ser portátil, também utiliza a radiação ultravioleta para o combate do coronavírus, reduzindo a carga viral do ambiente ao seu redor. As lâmpadas de UV são as fontes de radiação mais usadas para eliminação de germes e bactérias. Sendo lâmpadas projetadas especialmente para produzir raios de UV Germicida, com vidro especial que bloqueia os raios que geram ozônio. Até o presente momento de execução do projeto foi desenvolvido a programação em Arduíno para o funcionamento de todo o equipamento, assim como o esquema eletrônico necessário, e fabricado parte do protótipo com a parte estrutural.

Palavras-chave: Germicida, Raios Ultravioleta, EPC.

INTRODUÇÃO

Devido à concentração elevada de pacientes imunologicamente debilitados e/ou contaminados por agentes patológicos, principalmente ao patógeno covid-19 viu-se a necessidade de fabricar um esterilizador à ultravioleta. Os ambientes clínico-hospitalares enfrentam um grande problema, com a alta concentração de pacientes infectados com o covid-19 um vírus é altamente transmissível, como apresentado (G1, 2020) [1].

A falta de recursos e os baixos investimentos em hospitais públicos, sofridos pela política nacional tem dificultado, a qualidade de higienização dos ambientes hospitalares. A limpeza nos ambientes de atendimento com pacientes altamente contagiosos é imprescindível nesse momento, como a alta demanda constante, o fluxo de bactérias e do vírus oportunista se torna alto. Essa alta facilidade de contaminação do vírus não tem somente atingindo os pacientes, devido ao ar do ambiente se encontrar altamente contaminado. Nos últimos dois dias, hospitais vêm anunciando o afastamento de diversos funcionários por suspeita ou confirmação de Covid-19, a doença causada pelo novo coronavírus. Mesmo com a limpeza dos ambientes, e os profissionais de saúde utilizando os devidos equipamentos, continuam sendo infectados pelo vírus [2], [3].

Observa-se também situações onde dois ou mais indivíduos (pacientes ou não) dividem o mesmo ambiente, aumentando o risco de proliferação de patógenas veiculadas pelo ar. A pandemia do novo coronavírus impôs a toda sociedade desafios extremos devido a gravidade da doença. Neste panorama de rápida disseminação da doença e inexistência de vacina ou medicação eficaz no tratamento da COVID-19, faz-se necessário mecanismos de rápida detecção da doença e mecanismos eficientes de proteção aos profissionais de saúde.

Como resposta ao problema não solucionado o grupo de pesquisa resolveu apresentar um sistema de esterilização do ar é o esterilizador à ultravioleta. As lâmpadas de UV são as fontes de Radiação mais usadas para eliminação de germes e bactérias. Sendo lâmpadas projetadas especialmente para produzir raios de UV Germicida, com vidro especial que bloqueia os raios que geram ozônio [4].

A lâmpada germicida é construída com quartzo, com camada interna de fósforo que converte a luz UV para luz visível. O tubo de quartzo transmite 93 % dos raios UV da lâmpada, as colisões entre elétrons e átomos de mercúrio provocam emissões de radiação ultravioleta,

que não é visível ao olho humano [5], [6]. Portanto, devido a necessidade de proteção dos profissionais da saúde, justifica-se o projeto de pesquisa que visa a construção de um equipamento capaz de reduzir a carga viral dentro do ambiente hospitalar.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é a de fabricar um equipamento portátil que faz uso da radiação ultravioleta para o combate do coronavírus; cumprindo como objetivos específicos:

- Compor um equipamento de esterilização portátil
- Facilitar a esterilização de ambiente de forma simples e de baixo custo.
- Reduzir o colapso das unidades de saúde;
- Produzir formas alternativas de controle de propagação do coronavírus.

METODOLOGIA

Primeiramente foi realizado um levantamento bibliográfico acerca de alguns critérios que são relevantes para o desenvolvimento do projeto, que foram: Esterilização do ar, projeto conceitual e a estratégia para o funcionamento adequado do protótipo. Para o desenvolvimento do trabalho se seguiu a seguinte metodologia descrita a seguir:

Levantamento Bibliográfico

As lâmpadas de UV são as fontes de Radiação mais usadas para eliminação de germes e bactérias. Sendo lâmpadas projetadas especialmente para produzir raios de UV Germicida, com vidro especial que bloqueia os raios que geram ozônio. A lâmpada germicida é construída com quartzo, com camada interna de fósforo que converte a luz UV para luz visível. O tubo de quartzo transmite 93 % dos raios UV da lâmpada, as colisões entre elétrons e átomos de mercúrio provocam emissões de radiação ultravioleta, que não é visível ao olho humano [4], [5].

Depois de se entender a aplicação e funcionamento da luz UV para esterização de ambientes foi desenvolvido o projeto conceitual do equipamento. Nesta etapa a equipe se reuniu para propor ideias usando a metodologia do brainstorming. Durante esta etapa foi selecionada a ideia principal do projeto, que é a de fabricar um equipamento portátil que faz uso da radiação ultravioleta para o combate do coronavírus.

O exaustor coleta o ar do ambiente e canaliza para o tubo pvc. O ar que circula pelo tubo atravessa a luz UV, assim o vírus que está nessa massa de ar é aniquilado. Para se atingir 100% de eficiência na inibição da carga viral dessa massa de ar seria necessário que a massa de ar fosse atingida pela luz UV durante um tempo longo (em torno de 30 s à 1 minuto).

Para que o equipamento esterilizador seja eficiente em esterilização e tenha um consumo razoável de energia, é necessário que o ar contaminado com o vírus passe um determinado tempo de residência dentro da tubulação sendo exposto à radiação UV (O tempo mínimo de residência do ar dentro da tubulação é de 30 segundos) e que o equipamento não permaneça trabalhando ativamente durante todo o seu tempo de uso. Para solucionar isso, foram aplicados conhecimentos de velocidade média como mostrado na Eq. (1), descritos em (Automação,2021) [6] e de vazão volumétrica para se chegar a uma solução.

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ (m/s)} \quad (1)$$

Onde:

v_m : Velocidade média (m/s)

Δs : variação de deslocamento (m)

Δt : variação do tempo (s)

Há algumas fórmulas para se calcular a vazão volumétrica, sendo que foram utilizadas apenas duas delas, as quais são: a velocidade do fluido dentro do tubo multiplicado pela área de seção transversal conforme Eq. (2), descritos em (Automação,2021) [6] e, um determinado volume recalado dividido pelo tempo de recalque. Sabendo que o tempo mínimo de residência do ar dentro do tubo é de 30 segundos, podemos aplicar a formula da velocidade média visto na Eq. (2), que consiste no espaço percorrido dividido pelo tempo gasto para percorrê-lo.

$$V_c = v * A \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (2)$$

Onde:

V_c : Vazão volumétrica (m³/s)

v : Velocidade da vazão (m/s)

A : Área da seção transversal da tubulação (m²)

No que diz respeito ao tempo de trabalho ativo do equipamento, foi aplicada a primeira fórmula citada da vazão volumétrica, onde é multiplicada a velocidade do ar calculada anteriormente pela área de seção transversal da tubulação, que é encontrada multiplicando-se o valor de π pelo diâmetro da tubulação ao quadrado e dividido por quatro conforme pode ser visto na Eq. (3).

$$t_p = \frac{V_s}{v_c} \text{ (s)} \quad (3)$$

Onde:

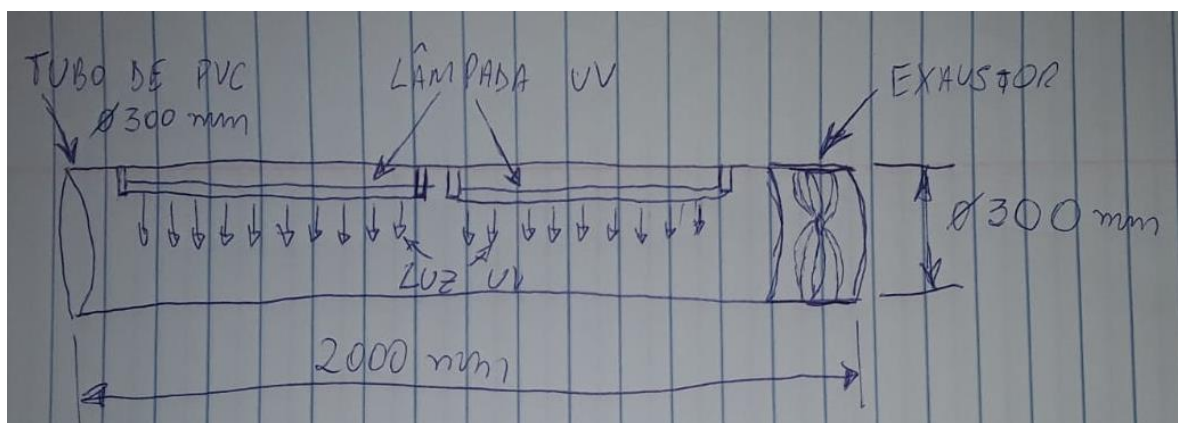
t_p : Tempo de recalque (s)

V_s : Volume do ambiente (m^3)

Projeto Conceitual

Nesta etapa a equipe se reuniu para propor ideias usando a metodologia do brainstorming, onde foi selecionada a ideia principal do projeto. De posse da solução proposta se fez um desenho de esboço do equipamento, mostrado na Fig. 1:

Figura 1. Desenho de esboço do equipamento portátil de esterilização.

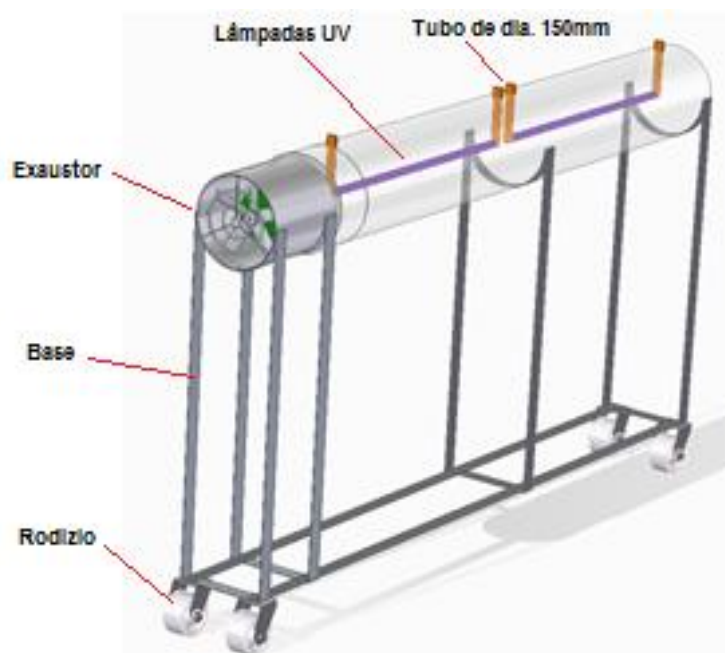


Fonte: Autores, 2021.

Projeto CAD do equipamento

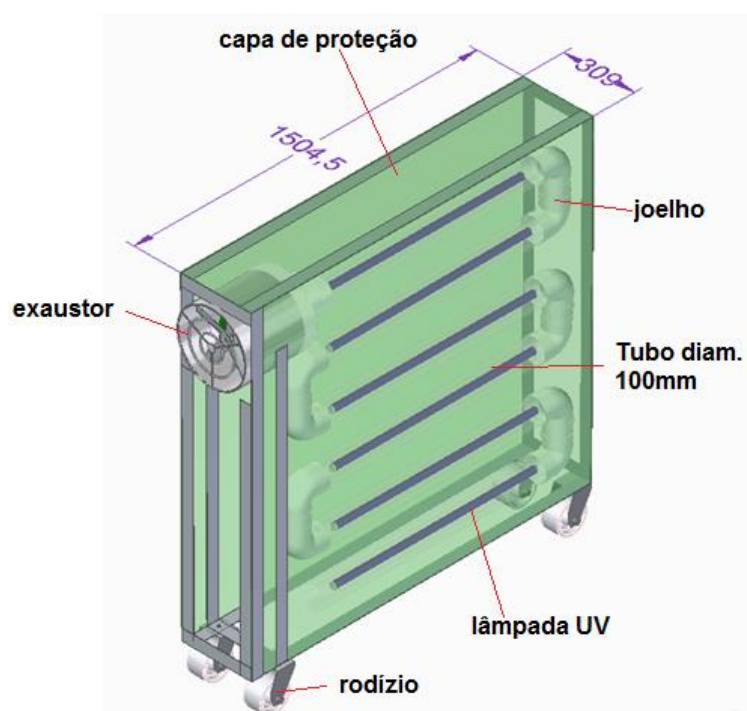
Foram feitos os desenhos de detalhe do projeto utilizando softwares CAD para que pudesse ser construído posteriormente o protótipo do equipamento. O desenho em três dimensões nas Figs. 2 e 3 mostram respectivamente os desenhos de conjunto do equipamento projetado de duas propostas diferentes com suas partes constituintes:

Figura 2. Desenho de conjunto em três dimensões do equipamento projetado (modelo 1).



Fonte: Autores, 2021.

Figura 3. Desenho de conjunto em três dimensões do equipamento projetado (modelo 2).



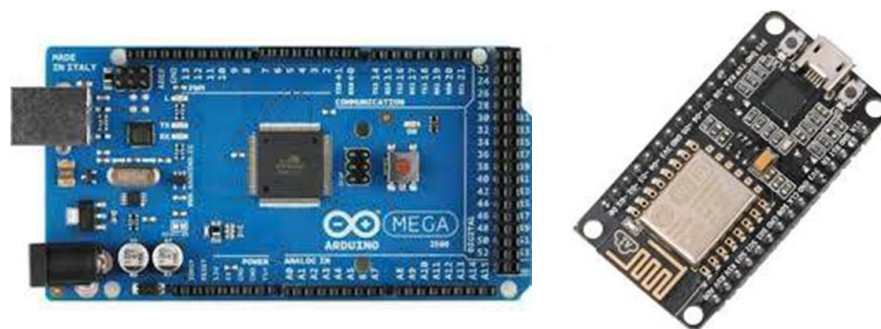
Fonte: Autores, 2021.

Desenvolvimento de esquema eletrônico e programação

O sistema eletrônico de acionamento e controle será constituído de chaves estáticas para o acionamento e desligamento rápido do sistema de potência, utilizando Placa eletrônica com

microcontrolador ATMEGA321 conectado a sensores e às chaves estáticas em conjunto com ESP8266 para a criação de uma rede wi-fi. Na Fig. 4 é mostrado o microcontrolador à esquerda e a direita o módulo ESP8266 para o controle do equipamento:

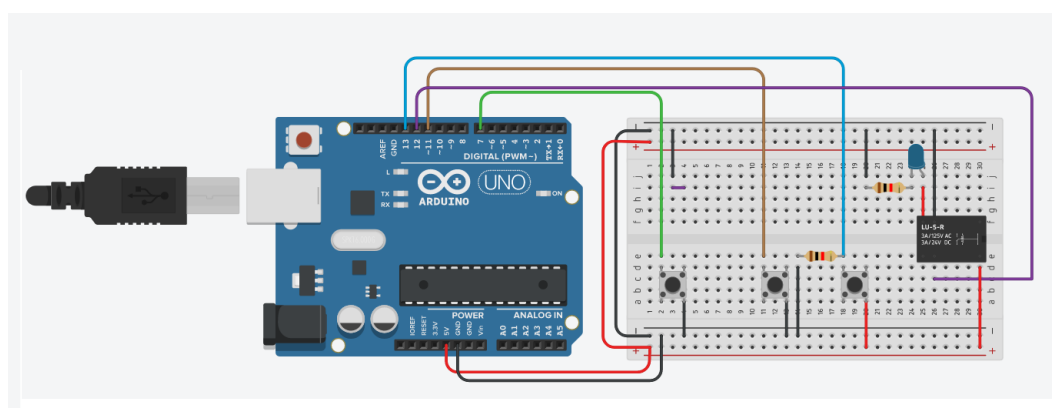
Figura 4. Componentes eletrônicos do equipamento: microcontrolador à esquerda e a direita o módulo ESP8266.



Fonte: Autores, 2021.

Tratando se de uma pesquisa aplicada, foi elaborado um método de automatização do equipamento em questão a fim de tornar possível seu acionamento tanto de forma manual quanto por meio de um aparelho celular. Para realizar tal automatização foi necessário ser feito o uso um software específico para programação (IDE arduino), um arduino (plataforma (hardware) de programação), botões, jumpers, resistores, protoboard e um ESP8266 (plataforma (hardware) programável com wi-fi embutido). Na Fig. 5 pode ser visto o esquema eletroeletrônico desenhado para o protótipo:

Figura 5. Esquema eletroeletrônico para o protótipo.

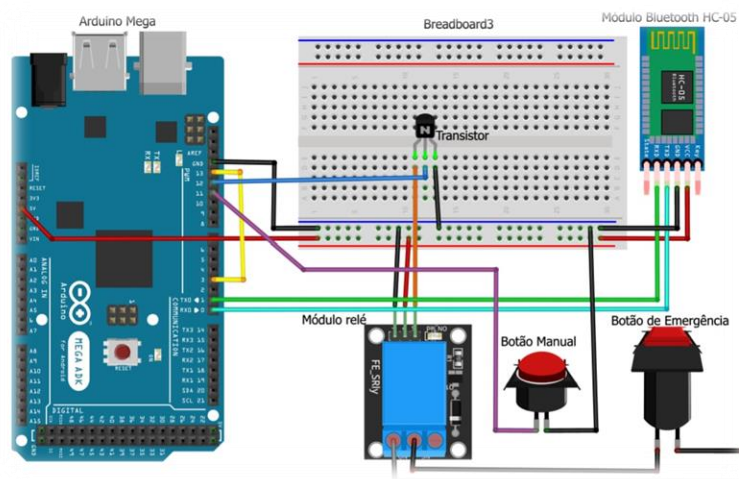


Fonte: Autores, 2021.

Como toda máquina e equipamento se obriga a ter em seus funcionamentos meios de interrupção em caso de emergência, foi criada uma lógica de programação que resulta no acionamento de um rele que chaveia a alimentação de todo o equipamento, sendo esse

acionamento dependente de condições específicas. Esta lógica consiste na verificação do estado de uma variável que controla a interrupção de emergência do equipamento e no recebimento de um sinal de nível lógico alto/baixo enviado pelo ESP8266 ou pelo botão instalado no circuito e recebido pelo Arduino. Fazendo o uso de um aplicativo chamado “Blink” pode-se mudar o nível lógico do sinal enviado pelo ESP8266 através de um aparelho celular. Na Fig. 6 abaixo é mostrado o esquema eletrônico do protótipo contendo o botão de emergência, botão de acionamento, módulo bluetooth e módulo relê a ser utilizado para ligar o motor do exaustor e lâmpadas.

Figura 6. Esquema eletroeletrônico para o protótipo contendo botões de acionamento e módulo Bluetooth.



Fonte: Autores, 2021.

Fabricação do Protótipo

Para confecção do protótipo, serão utilizados os seguintes equipamentos e materiais apresentados na Tab. (1):

Tabela 1. Ferramentas e equipamentos utilizados na fabricação do protótipo.

Equipamento, ferramental e material	Quantidade
Máquina de soldagem p/ eletrodo revestido	1
Impressora 3D	1
Computador com softwares CAD, IDE Arduino e Hepetier Host	1
Miniretífica	1
Serra manual	1
Eletrodos revestidos	4 varetas
Filamento para impressão 3D diam. 1,75mm	1 kg

Fonte: Autores, 2021.

Após a fabricação da parte de estrutura e encaixe dos equipamentos e componentes do protótipo será necessário a implementação do sistema de acionamento e controle que consistirá em: Implementação de um sistema de controle autônomo e Sistema de acionamento de potência com resposta ultrarrápida.

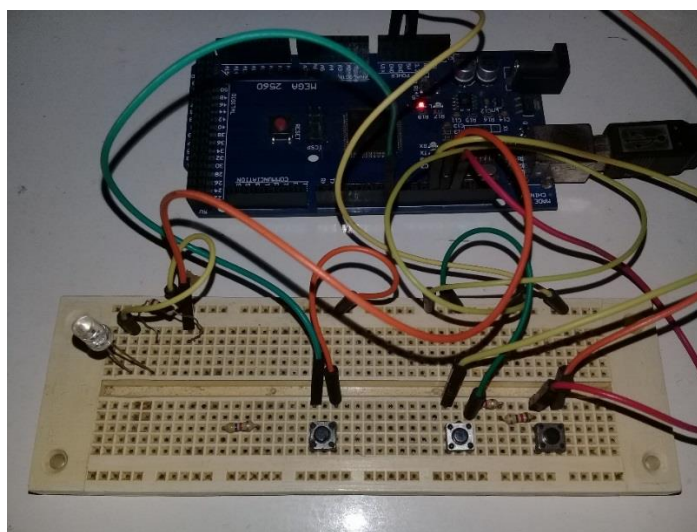
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo de caso buscou analisar a execução do projeto, mostrando as patologias que ocorreram e a suas formas de correção e melhorias.

Desenvolvimento de Esquema Eletrônico

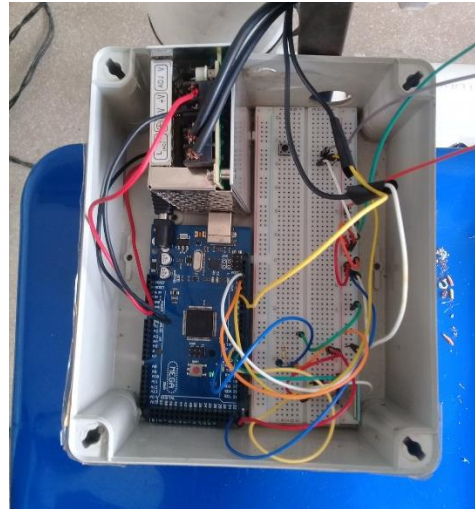
Foi montado um circuito para experimentação e feitos alguns testes. Os resultados obtidos foram exatamente os esperados, foi possível controlar a saída de acionamento do rele tanto de forma manual quanto via interface. Foram feitos também testes de interrupção de emergência e também se obteve êxito. Na Fig. 7 é mostrado os componentes eletrônicos do protótipo e como o mesmo foram arranjados de acordo com o esquema eletrônico desenvolvido. O circuito foi sendo aprimorado e posteriormente instalado no protótipo. Na Fig. 8 é possível o circuito eletrônico do protótipo já montado com os seus componentes eletrônicos em caixa de painel.

Figura 7. Dispositivos eletrônicos em placa protoboard ligados a placa Arduino para o controle do protótipo do exaustor.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 7. Circuito eletrônico do dispositivo montado na caixa do painel de acionamento.



Fonte: Autores, 2021.

Desenvolvimento da Programação

A programação desenvolvida controla o funcionamento de todo o equipamento através do controle do chaveamento da sua alimentação. Para realizar o controle do funcionamento de todo o aparelho esterilizador, o equipamento foi conectado a um circuito contendo um módulo bluetooth que possibilita a conexão de aparelhos celulares a ele. Por meio deste módulo, é então estabelecida uma conexão com o circuito principal do equipamento, sendo possível controlar seu funcionamento de forma totalmente remota.

Fabricação, montagem e Testes de Funcionamento

Até o momento foi possível realização das seguintes atividades de fabricação do protótipo:

- Pintura da estrutura metálica;
- Fabricação de painel elétrico de acionamento manual;
- Fabricação de base metálica na estrutura para fixação dos rodízios de movimentação do protótipo;
- Fabricação de anteparos para as tubulações;
- Fabricação de tampas para as tubulações.

Foi feita instalação dos tubos de pvc de 100mm na parte estrutural e instalado o exaustor de 100mm de diâmetro. Na Fig. 9 é mostrado a primeira montagem do equipamento. Na Fig. 10 é mostrado o protótipo já com o painel eletroeletrônico montado para acionamento. Nesta primeira montagem, procurou-se ajustar posição dos tubos, joelhos e exaustor e de que maneira as peças seriam fixadas.

Figura 9. Montagem de tubulação e exaustor na estrutura do protótipo.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 10. Painel eletroeletrônico montado (à esquerda); Anteparos (à direita).



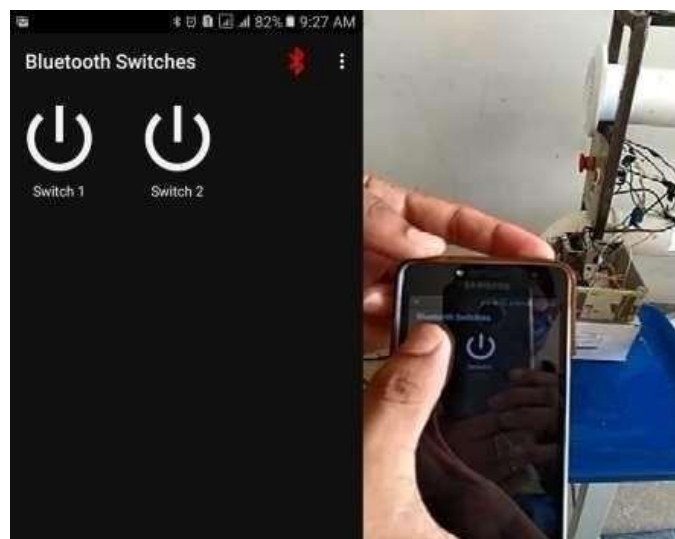
Fonte: Autores, 2021.

Dentro das tubulações foram montados anteparos feitos em polímero ABS impresso (mostrados na Fig. 10 à direita). Estes servem para promover desvios no fluxo de ar aspirado,

de maneira a se conseguir o tempo de residência necessário para a ação das lâmpadas UV como esterilizante, como descrito no levantamento bibliográfico.

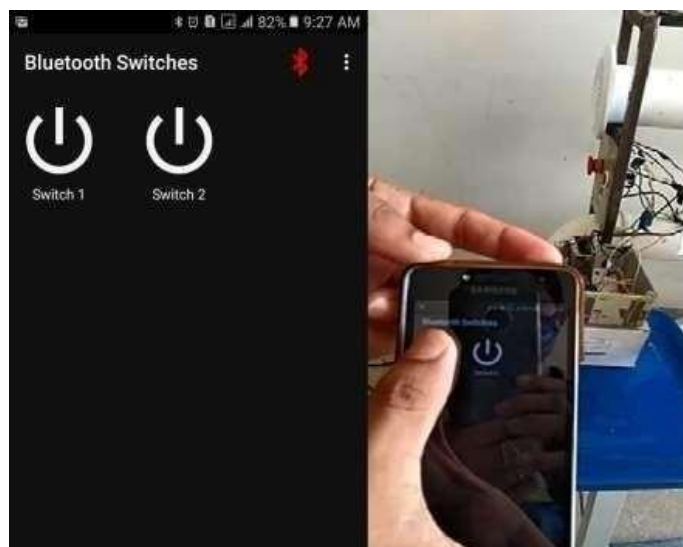
Após a montagem foram feitos testes de funcionamento do equipamento com o intuito de se testar o funcionamento da sua parte elétrica e acionamento do exaustor. Primeiramente foi testado o acionamento manual do protótipo como pode ser visto na Fig.11 e depois através de comando via bluetooth comandados por um aplicativo instalado em um celular (Fig. 12):

Figura 11. Teste de acionamento do dispositivo (exaustor e lâmpadas) através de acionamento manual.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 12. Teste de acionamento do protótipo através de aplicativo instalado no celular para comando via bluetooth.



Fonte: Autores, 2021.

A princípio, foi feita a configuração da programação em Arduino de acionamento do dispositivo de maneira que o mesmo permanecesse ligado durante 10 segundos e depois desligado, a fim de testar o ajuste do “timer” do aparelho para seu uso de maneira automática e intermitente.

CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado para o conhecimento da vazão necessária dentro do exaustor dentro das tubulações, se pode estabelecer quais seriam os valores necessários a serem colocados na programação, o que foi feito posteriormente no período deste relatório. Para a efetiva vedação foi idealizado a colocação de borrachas de vedação nas arestas dos furos das tubulações e a fixação das tampas às tubulações através de braçadeiras. Além destes, foi elaborado e fabricado a caixa para a instalação dos componentes dos componentes eletroeletrônicos do protótipo, assim como o painel de operação do mesmo.

Foi realizado também correções e melhoramentos na programação desenvolvida em Arduino. Foi verificado que a programação continha erros com relação ao cálculo elaborado para se descobrir a vazão volumétrica necessária para se ajustar o setup do timer para o ligamento e desligamento automático do dispositivo de acordo com o volume ideal calculado e implementado no algoritmo da programação. Para isto, foi realizado uma pesquisa sobre o assunto fluidodinâmica a fim de verificar a forma correta de se efetuar o dimensionamento da vazão volumétrica dentro do dispositivo e conseqüente o tempo de permanência do ar ambiente dentro do aparelho de acordo com as dimensões do ambiente. Para o aumento do tempo de permanência do ar dentro do dispositivo também foram projetados e fabricados anteparos a serem instalados no interior das tubulações do protótipo.

Por fim foi montado o circuito eletrônico para experimentação e feitos alguns testes. Os resultados obtidos foram exatamente os esperados, foi possível controlar a saída de acionamento do rele tanto de forma manual quanto via interface. Foram feitos também testes de interrupção de emergência e também se obteve êxito. As próximas etapas do projeto serão o ajuste do tempo funcionamento do aparelho via aplicativo a partir dos dados das dimensões do ambiente e posteriores testes em campo para verificação da eficiência do mesmo quanto a ação de esterilização de ambientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Automação e Cartoons. Disponível em: <https://automacaoecartoons.com/2018/09/16/vazao-massica-vazao-volumetrica/>. Acesso em 22/02/2021.

G1. Disponível em: < <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/03/31/hospital-das-clinicas-de-sp-afasta-125-funcionarios-por-conta-do-coronavirus.ghtml> > . Acesso em 14/04/2020.

G1. Disponível em: < <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/03/30/hospital-albert-einstein-afasta-348-funcionarios-com-coronavirus.ghtml> >. Acesso em 14/04/2020.

LOBO, M. G. Avaliação da desinfecção de água por reator utilizando radiação ultravioleta. Dissertação: Mestrado. Mestrado em Engenharia de Processos. Programa de Pós-graduação da Universidade da Região de Joinville. Joinville, 2008.

ROSA, P. R. da SILVA. Curso de Física Básica. Volume I. Departamento de Física – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grade, 2009. IBI. Por que impermeabilizar?. São Paulo, 2021b.

STERIL-AIRE. Disponível em:

<https://www.sterilair.com.br/?gclid=CjwKCAjwkPX0BRBKEiwA7THxiCL20oxQdipr894qRScu074na7usE vRBKaQdro7uHev6TGivW-j2axoC5zkQAvD_BwE>. Acesso em 15/04/2020. IBI. A capacitação de mão-de-obra para a impermeabilização. São Paulo, 2021d.

TECHNOLAMP. Disponível em: < <http://www.technolamp.com.br/uv%20lamp.htm> >. Acesso em: 16/04/2020.

RODRIGUES, J. P. P.; MENDES, M. MA. PATOLOGIAS OCORRIDAS POR INFILTRAÇÕES RELACIONADAS COM A IMPERMEABILIZAÇÃO E MÉTODOS DE CORREÇÕES. Trabalho de Conclusão de Curso, p. 58, 2017.

A LOGÍSTICA DAS PLACAS DE AÇO DA COMPANHIA SIDERÚRGICA DO PECÉM-CE

Luciano Balula Cardoso, Luciano Balula Cardoso, Karoline Rocha Alcântara, Rita de Kassia Marques de Oliveira, Wladson de Queiroz Alcântara, Karla Alamar Costa

RESUMO: O trabalho questiona quais os aspectos caracterizadores do subsistema de logística integrada das placas de aço na Companhia Siderúrgica do Pecém-CE. Para orientar essa investigação, foram definidos os seguintes pressupostos de pesquisa: (1) existe um fluxo de trabalho integrado entre os subsistemas logísticos de suprimento, produção, distribuição e reverso; (2) existem equipamentos especializados para operação de logística integrada das placas de aço; (3) há presença de operadores logísticos no subsistema de logística integrada; e (4) a logística das placas de aço tem contribuído positivamente para as importações e exportações no estado do Ceará. Assim, foi estabelecido como objetivo: identificar as características presentes no subsistema de logística integrada das placas de aço na Companhia Siderúrgica do Pecém-CE. Para tanto, foi empregada pesquisa descritiva, com fase documental para levantar referencial teórico e aplicação de questionário semi-estruturado a colaboradores da CSP e operador logístico, com gravação das entrevistas e observação direta. Como considerações finais, os pressupostos foram validados e descritos, detalhando o processo micrologístico realizado na CSP e ainda não encontrado na literatura pelos autores, levantado como premente a pavimentação de rodovias para redução de custos logísticos e facilitação do escoamento das placas de aço, além da necessidade do aprofundamento de estudos com abordagem sistêmica para detectar gargalos macrologísticos e impulsão de unidades produtivas do estado coligadas ao Porto do Pecém: aumentando sua capacidade de receber, armazenar e despachar cargas.

Palavras-chave: Logística. Placas de Aço. CSP.

INTRODUÇÃO

Com o grande desenvolvimento industrial na região do Pecém, situada no município de São Gonçalo do Amarante, no Estado do Ceará, o Complexo Industrial do Porto do Pecém passa por um processo de ampliação de dezembro de 2013 com previsão para conclusão nesse ano de 2019. Acredita-se, inclusive, que essa expansão industrial portuária ocorre devido à construção e à atuação da Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP) no município, que possui como produto final a fabricação das placas de aço.

Esses resultados recaem sobre o subsistema de logística integrada, operada a partir da CSP, com a logística de suprimentos, logística de produção das placas de aço, logística de distribuição e logística reversa. Por sua vez, a viabilidade desses subsistemas é impactada pelos equipamentos macrologísticos que o envolvem: subsistema marítimo, rodoviário e ferroviário, subsistema de energia elétrica, água, esgoto e comunicação.

Nesse contexto, queremos descobrir quais os aspectos caracterizadores do subsistema de logística integrada das placas de aço na Companhia Siderúrgica do Pecém-CE? Com isso, queremos entender como os atores dessa cadeia logística operam de modo integrado para favorecer a balança comercial do estado do Ceará e a comunidade local, de modo a saber quais aspectos desse sistema podem apresentar ou não gargalos logísticos e passarmos a reclamar ou elogiar de modo mais assertivo nossos direitos políticos e sociais, como cidadãos conscientes.

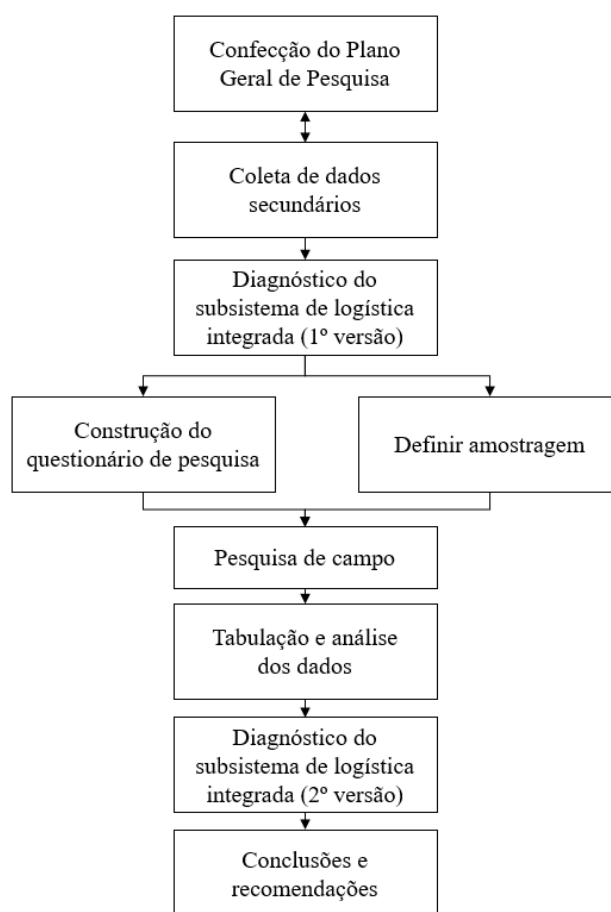
Para orientar essa investigação, a partir da revisão da literatura, foram levados os seguintes pressupostos: (1) Existe um fluxo de trabalho integrado entre os subsistemas logísticos de suprimento, produção, distribuição e reverso; (2) Existem equipamentos especializados para operação de logística integrada das placas de aço; (3) Há presença de operadores logísticos no subsistema de logística integrada; e (4) A logística das placas de aço tem contribuído positivamente para as importações e exportações no estado do Ceará.

Diante disso, estabelecemos para o objetivo de pesquisa identificar as características presentes no subsistema de logística integrada das placas de aço na Companhia Siderúrgica do Pecém-CE. Para tanto, foi empregada uma pesquisa descritiva, com fase documental para levantar referencial teórico e aplicação de questionário semi-estruturado a profissionais na CSP e operador logístico, com gravação das entrevistas e observação direta.

METODOLOGIA

A pesquisa é do tipo descritiva e observacional, visando identificar as características presentes no subsistema de logística integrada das placas de aço na CSP. Para isso, foi elaborado o diagrama da figura 1, descrevendo as etapas da pesquisa.

Figura 1 – Fluxograma das etapas do estudo



Fonte: Elaborada pelos autores.

A primeira etapa da pesquisa foi a confecção do Plano Geral da Pesquisa (quadro 1), conforme Apolinário (2006) e Booth, Colomb e Williams (2005). Isso para alinhamento entre ao problema de pesquisa, pressupostos, objetivo geral, variáveis, questões de pesquisa e referências. A partir do problema, foi desdobrado o objetivo e identificada a variável conceitual.

Quadro 1 - Plano Geral de Pesquisa

Problema	Pressupostos	Objetivo geral	Variável Conceitual	Variáveis Operacionais	Questões de pesquisa
Quais os aspectos caracterizadores do subsistema de logística integrada das placas de aço na Companhia Siderúrgica do Pecém-CE?	(1) Existe um fluxo de trabalho integrado entre os subsistemas logísticos de suprimento, produção, distribuição e reverso	Identificar as características presentes no subsistema de logística integrada das placas de aço na Companhia Siderúrgica do Pecém-CE	Subsistema de logística integrada	Fluxo de trabalho integrado	Q1, Q2
	(2) Existem equipamentos especializados para operação de logística integrada das placas de aço			Equipamentos especializados	Q3
	(3) Há presença de operadores logísticos no subsistema de logística integrada			Operadores logísticos	Q4
	(4) A logística das placas de aço tem contribuído positivamente para as importações e exportações no estado do Ceará.			Importações e exportações no estado	Q5

Fonte: Elaborado pelos autores

A partir disso, iniciou a segunda etapa da pesquisa, a “coleta de dados secundários”, quando foram identificadas as referências e, a partir dela, selecionadas os pressupostos e variáveis operacionais da pesquisa.

Na terceira etapa, foi realizado o primeiro diagnóstico do subsistema de logística integrada, almejando uma visão ampla aos pesquisadores dos subsistemas de logística integrada. Foi realizada a primeira descrição das características desse subsistema aliado aos elementos macrologísticos intervenientes.

Após isso, foi realizada a construção do questionário e definido que se usaria uma amostragem não-probabilística, intencional: dada a proximidade social dos pesquisadores com os 3 respondentes, dada o cargo que assumiam em suas empresas e o conhecimento das

atividades logísticas que vivenciavam no dia a dia.

Na pesquisa de campo, foi aplicado o questionário, que contou com cabeçalho e perguntas de identificação inicial, mais 05 questões semi-estruturadas relacionadas com as variáveis de pesquisa. A primeira entrevista foi aplicada em fevereiro de 2018, com o supervisor de transporte da empresa Termaco Logística. A segunda entrevista foi realizada em maio de 2018, com 1 gerente da CSP e a última entrevista em setembro de 2018, com outro gerente da CSP. Todas entrevistas duraram, em média, 1h e foram gravadas com gravador de áudio, coletados documentos das empresas, feitas visitas nas dependências das instituições para visualizar o processo de trabalho e durante as entrevistas os entrevistadores realizavam desenhos esquemáticos para ilustrar o fluxo dos subprocessos de logística integrada. Todos os materiais deram subsídio para a confecção dos resultados da pesquisa.

A tabulação dos dados ocorreu pela organização dos dados em planilha Ms Word, categorizando cada documento, anotação e informações coletadas pelas variáveis operacionais: os documentos coletados por pertinência a dada variável, os áudios foram transcritos e associados a variável pertinente, foram digitadas as respostas de cada questão do instrumento de pesquisa e associada a cada uma das variáveis operacionais. Feito isso, foram descritas as características do fluxo da logística integrada e confrontada à luz da literatura consultada, para elaboração das conclusões e recomendações finais, última etapa da pesquisa.

RESULTADOS

A Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP) é uma joint venture binacional, formada em 2008 pela composição societária entre a brasileira Vale (com 50% de participação), as sul-coreanas Dongkuk (com 30% de participação) e Posco (com 20% de participação) e instalada em São Gonçalo do Amarante, Ceará (CSP, 2019).

É por meio do modelo de service port que o Porto do Pecém se mantém e faz funcionar cada bem disponível (fixo e móvel) e carga é movimentada através de atividades executadas pelos trabalhadores, empregados diretamente pela autoridade portuária (VIEIRA, SANTOS, 2008).

Com capacidade instalada para 3 milhões de toneladas por ano, o portfólio de 180 tipos de placas de aço produzidos na CSP atende a várias indústrias, como naval, petrolífera, automotiva, construção civil e de torres eólicas em mais de 20 países. Em 2018, foram

produzidos 2.935.614 t de placas de aço e exportadas 2.970.110 t, tendo como destinos principais os Estados Unidos (951.094 t), Coreia do Sul (362.602 t), Turquia (341.605 t) e México (240.756 t) (CSP, 2019; ADECE, 2019; SCALIOTTI, 2019).

Com investimento de US\$ 5,4 bilhões, a CSP é a primeira usina integrada no Nordeste e a trigésima instalada no Brasil. Para viabilizar sua missão de “produzir aço de forma segura, competitiva e sustentável, cuidando das pessoas, promovendo o desenvolvimento regional e gerando valor para nossos clientes, fornecedores e acionistas”, realiza 25% dos investimentos (aproximadamente R\$ 2 bilhões) em equipamentos modernos e de alta eficiência para controle e monitoramento das emissões atmosféricas, descarte de efluentes e gerenciamento de resíduos e prioriza a contratação de colaboradores locais: 57% dos empregados da CSP são cearenses, na área operacional, 82% são cearenses. (ADECE, 2019; CSP, 2019; SCALIOTTI, 2019).

Além dos empregos gerados, o relacionamento da CSP com a comunidade ocorre por meio de projetos, como o Programa Território Empreendedor. Em parceria com o SEBRAE/CE, novos pequenos negócios são estimulados nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante (municípios no entorno do Complexo Industrial e Portuário do Pecém - CIPP) por meio de cursos, oficinas, palestras e consultorias. É uma rede de cooperação público-privada, com 150 empresas já cadastradas e 80 engajadas e atuantes, compostas por empreendedores informais, micro e pequenas empresas, potenciais empreendedores e empreendedores rurais. Uma das oportunidades geradas ao partícipe da rede é fornecer para grandes empresas da região (CSP, 2019; SEBRAE, 2019).

Localizada estrategicamente, a CSP tem impulsionado o crescimento econômico do Ceará. A CSP integra o CIPP no estado, que está dentro da primeira Zona de Processamento de Exportação (ZPE) brasileira. Abrange uma área de 571 hectares e aproveita a infraestrutura macrologística já instalada no Complexo: com fácil acesso marítimo, a malhas ferroviária e rodoviária, disponibilidade de energia elétrica, abastecimento de água e sistema de descarte de efluentes. Essa infraestrutura viabiliza operações da CSP e aumento da arrecadação de impostos e tributos pelo governo estadual, que por sua vez pode ampliar e melhorar a oferta de serviços públicos. Com isso, diante do tradicional déficit no comércio exterior do Ceará, houve uma mudança nas exportações de produtos metalúrgicos no estado, que cresceram de 1,41% em 2013 para 51,12% em 2017, mudando a pauta de exportações do estado e a destacada produção industrial no CIPP tem impactado positivamente no PIB estadual (ADECE, 2019; BACEN, 2019; IPECE, 2017).

Quanto a “operação das placas”, termo utilizado pelos colaboradores da CSP para identificar todo o processo produtivo das placas de aço na companhia, da produção à distribuição, o primeiro passo é a fabricação, sendo as principais matérias-primas utilizadas o carvão mineral, importado, principalmente, da Austrália, Canadá e Virgínia e o minério de ferro trazido de algumas cidades brasileiras como Ponta da Madeira-SP, São Luis- MA, Tubarão-SC e Carajás-PA, chegando ao Porto do Pecém por via marítima. O descarregamento conta com dois tipos de modais: o rodoviário e dutoviário.

Na execução do modal rodoviário é necessária a utilização de guindastes, o “Guindaste do Porto Móvel” (Mobile Harbour Crane - MHC’s), em que as moegas descarregam diretamente dentro das caçambas e, após serem carregadas, seguem para CSP, sendo descarregadas no pátio de matéria-prima onde são armazenadas, aguardando utilização. O dutoviário ocorre com o funcionamento de duas esteiras e dois equipamentos chamados de “Descarga Contínua do Navio” (Continuous Ship Unload - CSU), um conjunto para cada matéria-prima.

O processo de produção das placas de aço é iniciado na coqueria, paralelamente com sinterização. Na coqueria, o carvão mineral é destilado e aglomerado para a obtenção do coque (combustível com alto teor de carbono), isto é, o carvão é aquecido em fornos fechados com temperaturas elevadas e com ausência de oxigênio para a retirada de matérias voláteis contidas. Na sinterização, que é a unidade destinada à aglomeração de finos do minério de ferro para carregamento no alto-forno, os finos do minério são misturados com os finos do coque e do calcário (outra matéria-prima utilizada na produção das placas) e carregados pela esteira de sinterização. Neste processo, o calor da combustão do carvão funde os finos do minério, obtendo o sinter com características químicas, físicas e metalúrgicas apropriadas para a operação dos altos-fornos.

Após o processo de sinterização, o minério com o coque é transportado para o alto-forno, que é a unidade destinada à produção do ferro-gusa líquido (ferro mais carbono), e despejado em um transporte semelhante a um trem com capacidade de 350 t da gusa. Por meio desse transporte, o material é levado à aciaria e, com a adição do calcário e de outros elementos fundentes, é transformado em aço líquido.

Nesse processo de sinterização, há produção de escórias (resíduos provenientes da fusão de matérias-primas), que serão reaproveitadas pelas cimenteiras locais para utilização na produção de cimento, pois a escória tem a qualidade superior ao calcário e possui um custo

menor.

O processo seguinte é realizado na aciaria, o ferro-gusa é dirigido à estação de pré-tratamento por possuir muito carbono, o que o torna frágil e quebradiço. Devido a essa característica, o ferro-gusa é direcionando para conversores de oxigênio. Assim, por meio desse processo e com a adição de oxigênio, o carbono é extraído da gusa, promovendo sua dessulfuração.

Logo após, o carbono é refinado e a ele são adicionadas ligas especiais que o transformam em aço líquido. Em sequência, o aço líquido é tratado em equipamentos de metalurgia secundária, permitindo a fabricação de aços com elevado grau de pureza e qualidade.

Ao ser transformado em aço líquido, este é encaminhado ao processo de lingotamento contínuo, etapa final da produção das placas. Essa unidade de lingotamento é responsável pela transformação do aço líquido em produtos semiacabados sólidos, ou seja, as placas com suas medições específicas. Nesse processo, o aço líquido passa por uma solidificação progressiva ao atravessar moldes refrigerados e câmaras de spray de água. O calor é retirado do aço durante a passagem desse material pelo molde. Ao sair do molde, o material sofre pressão do peso da coluna vertical do aço, então, um conjunto de suportes define a espessura e a largura da placa. Por fim, esse processo é finalizado com o corte da placa conforme especificação do comprimento do produto final.

Após o processo de fabricação, as placas de aço são direcionadas ao pátio de estocagem da Siderúrgica, aguardando de 4 a 7 dias para o resfriamento, devido à temperatura elevada. As placas são empilhadas com até 7 peças por Ordem de Venda (OV). Ou seja, se um cliente X pede uma OV 100 para controlar os pedidos, elas serão divididas em vários itens (item 1, ov100; item 2, ov100). Por exemplo, item 1: por tamanho; item 2: por tipo de aço, e assim sucessivamente. Essas definições são de acordo com o pedido do cliente.

A escoação das placas para o Terminal Portuário do Pecém só deverá ser realizada quando elas atingirem uma temperatura de 60 °C no máximo. Ao chegar à temperatura desejada, inicia-se o processo de distribuição, um ciclo dividido em três partes, são elas: 1º carregamento, em que a placa é removida do pátio de estocagem e colocada na carreta; 2º trânsito: em que a placa é deslocada da Zona de Processamento de Exportação (ZPE) ao Terminal Portuário; 3º Descarga: em que é feito o descarregamento das placas no interior do porto.

Atualmente, existem três empresas responsáveis para fazer o transporte das placas, dentre elas podemos citar a Termaco Logística, de acordo com o Supervisor de Transporte, André Batista, a Termaco possui 7 carros ativos na operação. Todos esses carros possuem conjuntos: cavalo mecânico, carreta/prancha e alguns com dolly.

O dolly é um equipamento que dá mais capacidade para a distribuição da carga sobre o veículo, podendo transportar em média até 80 t de placas em uma viagem; as demais, com 4 eixos, transportam até 60 t. Uma vez autorizado o carregamento, os motoristas aguardam as instruções para saber qual a OV item e o local que deverá ser realizado esse carregamento. Após tal procedimento, eles se dirigem à portaria da ZPE, onde é autorizada a saída da carga.

O percurso realizado da CSP até o Porto é de 8 km de rodovia, pela CE-155. Ressalta-se que esse corredor viário estratégico para o estado se encontra sem pavimentação adequada para trânsito dos caminhões, trechos carroçáveis e agravado pelas chuvas. Em 2017, o Departamento Estadual de Rodovias (DER) do governo estadual iniciou obras de duplicação, com investimento R\$ 52.193.551,70 provenientes do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), mas até 2019 a obra não foi finalizada e há uma terceira nova empresa para realização do projeto, que conta com orçamento de R\$ 14 milhões, o trecho ainda passará pela retirada da rede elétrica do meio para a lateral da estrada, retirada estimada em R\$ 13 milhões, mais desapropriações locais, isso em meio a tubulação de gás existente da área. Para facilitar a entrada e saída de cargas no Porto, incluindo o escoamento das placas de aço da CSP, há construção do novo portão de acesso (Gate 2) ao Porto do Pecém, pela CE-576. Obra com investimento de R\$ 3,484 milhões (SEINFRA, 2017; O POVO, 2019; CABRAL, MESQUITA, 2019).

Ao chegar ao Porto, as carretas, após serem conferidos todos os dados da unidade e do condutor, adentram o espaço e se direcionam à balança para realizar a pesagem da carga e adquirir o tíquete, em que constam as informações impressas das unidades. Logo em seguida, seguem para o pátio de armazenamento.

A Cearáportos, responsável pela administração do Porto do Pecém, conta com a participação de dois prestadores de serviços portuários na operação das placas. Ela apresenta também um ciclo dividido em três partes: 1º recebimento, em que é feito o descarregamento das placas no armazém; 2º transferência, em que são transportadas as placas para o Terminal de Múltiplo Uso (TMUT) e 3º embarque, em que, como próprio nome sugere, é feito o embarque

das placas no navio.

Cada ciclo requer procedimentos específicos, no entanto, todos os envolvidos foram treinados e capacitados para a execução do planejamento conforme elaborado. Cada frente de serviço é composta por uma equipe com um operador de empilhadeira, os auxiliares e o conferente de carga e descarga. Inclusive, este último é o profissional que orienta o posicionamento das carretas para o descarregamento e a armazenagem. Ao serem descarregadas, as placas são agrupadas de acordo as informações existentes no tíquete, em filas, pilhas e camadas.

Para a remoção delas, são utilizadas máquinas empilhadeiras que possuem capacidade de 30 a 45 t, podendo ser do tipo garfo, head stacker ou eletroímã. Assim, concluído o procedimento, a carreta retorna para a CSP para realizar uma nova viagem.

No porto, as placas ficam armazenadas no pátio até a definição de qual o navio a atracar. Quando se obtém essa informação, é autorizada a transferência da carga de um determinado navio para o Terminal de Múltiplo Uso (TMUT), que possui uma distância de aproximadamente 2.502 m da costa.

Iniciando a segunda parte do ciclo, mais uma vez, as placas são carregadas e amarradas em carretas sob responsabilidade de ambas as Prestadoras de Serviços Operacionais (PSO's). As placas são, portanto, transportadas e armazenadas nos espaços em que são determinados pelas autoridades portuárias. Ao atracar o navio, as placas de aço são levadas por empilhadeiras até a faixa do cais, onde será embarcada por guindaste para dentro do porão.

Como resultado desse processo logístico, a CSP se tornou a responsável por tornar o estado do Ceará o maior exportador nacional de produtos metalúrgicos, grupo de produtos que corresponde a 59,22% do total exportado pelo estado, especificamente, “semimanufaturados de ferro ou aço não ligado, de seção transversal retangular, que contenham, em peso, menos de 0,25%”, é o principal produto exportado do grupo de produtos metalúrgicos e corresponde a 81,4% das exportações do grupo (IPECE, 2018, p. 7).

A CSP também influenciou as importações no Ceará, em 2016 as importações foram consideradas atípicas devido a compras de máquinas e equipamentos para a instalação da CSP. Em 2017, os combustíveis minerais, produtos da indústria química, cereais, reatores nucleares, caldeiras, máquinas e suas partes e têxteis foram os cinco principais grupos de produtos

importados no estado (IPECE, 2017).

Coligado a CSP, o Porto do Pecém, mantendo posição estratégica para acesso aos principais mercados consumidores do mundo, realiza investimento de 1,3 bilhão para ampliação do Porto e apoio a logística das placas de aço, numa segunda fase de expansão: construção da ponte de acesso ao quebra-mar para facilitar o tráfego de caminhões carregados com as placas de aço da CSP, construção dos berços de atração 7, 8 e 9 para navios cargueiros e porta-containers, aquisições da correia transportadora de minérios e do descarregador de minérios (ROCHA, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo da pesquisa foi alcançado, foram identificadas as características presentes no subsistema de logística integrada das placas de aço na Companhia Siderúrgica do Pecém-CE à luz dos pressupostos levantados, confirmando que (1) existe um fluxo de trabalho integrado entre os subsistemas logísticos de suprimento, produção, distribuição e reverso. Mas deve-se fortalecer o fluxo reverso das escórias, que entra na cadeia produtiva da indústria cimenteira para produção cimento, reduzindo custos e aumentando a qualidade do produto final. De outro modo, é premente a reforma do sistema viário estratégico para CSP, por conseguinte para o estado, que é a CE-155: se encontra sem pavimentação adequada para trânsito dos caminhões, com trecho carroçável.

Ainda a respeito desse pressuposto, o Programa Território Empreendedor apresenta como benefício o acesso de pequenas e médias empresas na cadeia produtiva: fornecendo bens para grandes empresas (como CSP, por exemplo). Isso pode impulsionar a o fluxo de trabalho integrado da CSP com pequenas empresas da comunidade e influenciar a rede de fluxo de cargas na região da CIPP num longo prazo.

A hipótese que (2) existem equipamentos especializados para operação de logística integrada das placas de aço também foi validada. Foram descritos equipamentos de uso específico da produção de aço ao longo do processo produtivo, mas dada a expansão uma expansão da capacidade produtiva, a melhoria da infra e da superestrutura portuária poderia fomentar a operação logística da CSP com maior qualidade e capacidade.

Quanto a afirmação que (3) há presença de operadores logísticos no subsistema de logística integrada, com o trabalho pode-se identificar três empresas que realizam o transporte

das planas de aço, operando com equipamentos específicos na operação.

A última hipótese também foi validada e descrita: (4) a logística das placas de aço tem contribuído positivamente para as importações e exportações no estado do Ceará. A partir da pesquisa pode-se confirmar que a CSP propiciou ao estado do Ceará posição de destaque no cenário nacional e alcançou mercados internacionais antes não atendido pelo estado, com as placas de aço. Bem como modificou a pauta de importação, com a compra de matérias-primas necessárias e a instalação da própria empresa.

Com isso, podemos compreender que se destacam como aspectos caracterizadores do subsistema de logística integrada das placas de aço na Companhia Siderúrgica do Pecém-CE (como levantado no problema de pesquisa) o processo de produção do aço, iniciando no pátio de matérias-primas, seguindo para coqueira e sintetização, depois para o alto forno e aciaria e finalizando no lingotamento contínuo. Esse processo se integra aos equipamentos macrologísticos pelo modal rodoviário por onde segue para o Porto do Pecém.

Como contribuições práticas, análise descritiva da logística das placas de aço trouxe como relevante, primeiro, o detalhamento do processo micrologístico realizado na CSP, não encontrado na literatura pelos autores durante a etapa de coleta dos dados secundários, para além disso, a integração das operações da CSP com os equipamentos macrologísticos levanta questões fundamentais enfrentadas pelos governantes do estado do Ceará: (1) quais intervenções nos equipamentos macrologísticos podem promover maior desenvolvimento ao Estado? (2) quais gargalos no sistema macrologístico determinam o sucesso ou fracasso da logística das placas de aço produzidos na CSP? Os limitadores desse estudo ficam por conta de uma análise do sistema produtivo a montante da produção das placas de aço, com a montagem da rede de fluxos de cargas e localização de facilidades ao longo da cadeia produtiva, até porque a análise descritiva da logística das placas de aço, neste estudo, não teve essa intenção.

Para futuras pesquisas, adotar uma abordagem sistêmica para detectar gargalos macrologísticos sob uma metodologia diagnóstica de consulta a especialista e geração de cenários alternativos para estudar o fluxo de cargas e capacidade das vias, de modo a traçar proposições para mitigação ou eliminação desses gargalos, com isso, a CSP e outras unidades produtivas do estado coligadas ao Porto do Pecém, possam aumentar sua capacidade de receber, armazenar e despachar cargas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ (ADECE). Companhia Siderúrgica do Pecém. Disponível em: < <http://www.adece.ce.gov.br/index.php/siderurgica> >. Acesso em: 17 set. 2019.

APOLINÁRIO, F. Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa. São Paulo: Pioneira, 2006

BANCO CENTRAL DO BRASIL (BACEN). Boletim regional do Banco Central do Brasil – abril 2019. Disponível em: < <https://www.bcb.gov.br/content/publicacoes/boxbolreg/br201904b2p.pdf> >. Acesso em: 18 set. 2019.

BOOTH, W. C.; COLOMB, G. C.; WILLIAMS, J. M. A arte da pesquisa. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

CABRAL, B.; MESQUITA, C. Porto do Pecém terá portão que privilegia ‘rodovia das placas’. 11 fev. 2019. Disponível em: < <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/negocios/porto-do-pecem-tera-portao-que-privilegia-rodovia-das-placas-1.2062167> >. Acesso em: 20 set. 2019.

COMPANHIA SIDERÚRGICA DO PECÉM (CSP). Programa Território Empreendedor. Disponível em: < <https://www.cspecem.com/pt-br/sustentabilidade/meio-ambiente/relacoes-com-comunidade/programas/programa-territorio-empreendedor/> >. Acesso em: 20 set. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). Desempenho do comércio exterior do Ceará em 2018 – Informe. n. 145, fev. 2019. Disponível em: < https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2019/02/ipece_informe_145_05_Jan2019-1.pdf >. Acesso em: 20 set. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). Indicadores econômicos no Ceará – 2017. Disponível em: < https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2019/02/Indicadores_Economicos_2013_a_2017.pdf >. Acesso em: 17 set. 2019.

O POVO. Pecém: nova empresa assumirá obra na CE-155. 03 jun. 2019. Disponível em: < <https://www.opovo.com.br/blogsecolunas/neilafontenele/2019/06/02/pecem--nova-empresa-assumira-obra-na-ce-155.html> >. Acesso em: 18 set. 2019.

ROCHA, C. Nova ponte do Porto do Pecém é concluída. 15 jun. 2019. Disponível em: < <https://www.ceara.gov.br/2019/07/15/nova-ponte-do-porto-do-pecem-e-concluida/> >. Acesso em: 20 set. 2019.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). Programa Território Empreendedor. Disponível em: < <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ce/sebraeaz/programa-territorio-empreendedor,a1bce711679df510VgnVCM1000004c00210aRCRD> >. Acesso em: 20 set. 2019.

SCALIOTTI, Oswaldo. Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP) tem mês de maior produção de placas de aço. 13 mar. 2019. Disponível em: < <https://tribunadoceara.com.br/blogs/investe-ce/2019/03/13/companhia-siderurgica-do-pecem-csp-tem-mes-de-maior-producao-de-placas-de-aco/> >. Acesso em: 17 set. 2019.

SECRETARIA DA INFRAESTRUTURA (SEINFRA). Ceará de Ponta a Ponta: iniciadas as obras de duplicação da CE-155. 15 dez. 2017. Disponível em: < <https://www.seinfra.ce.gov.br/2017/12/15/ceara-de-ponta-ponta-iniciadas-as-obras-de-duplicacao-da-ce-155/> >. Acesso em: 18 set. 2019.

VIEIRA, G. B. B.; SANTOS, C. H. S. Logística e gestão portuária: uma visão ibero-americana. Caxias do Sul: Educs, 2008.

Capítulo 18 - DOI:10.55232/10830014.18

**OTIMIZAÇÃO DA GEOMETRIA DA PRÉ-FORMA DO
PROCESSO DE FORJAMENTO EM MATRIZ FECHADA
ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA**

Andre Rosiak, Diego Rafael Alba, Thomas Gomes Dos Santos, Diego Pacheco Wermuth, Lirio Schaeffer

RESUMO: No forjamento em matriz fechada multiestágios um dos fatores que levam a um processo bem-sucedido está relacionado ao design da forma da pré-forma. A pré-forma deve ser projetada com precisão para evitar a sobrecarga das matrizes e para garantir o preenchimento completo das cavidades. A qualidade da forma da pré-forma, que no passado dependia fundamentalmente da experiência do engenheiro, agora pode ser facilmente alcançada por meio da análise de elementos finitos. Neste estudo, uma rotina de otimização baseada em Metamodel Assisted Evolution Strategies (MAES) foi empregada no desenvolvimento do projeto da forma da pré-forma para o processo de forjamento em matriz fechada de uma biela. Os resultados numéricos alcançados permitiram reduzir significativamente a força de forjamento e o volume da pré-forma.

Palavras-chave: FORJAMENTO EM MATRIZ FECHADA, OTIMIZAÇÃO, ELEMENTOS FINITOS.

INTRODUÇÃO

O forjamento em matriz fechada é um processo de fabricação frequentemente usado para fabricar peças de produção em massa de alta qualidade a custos moderados (TAKEMASU et al., 1996). Componentes com geometria complexa, como bielas e virabrequins, são geralmente produzidos em uma cadeia de processos de múltiplos estágios (KNUST et al., 2017). Nestes processos o design das pré-formas é de grande importância, influenciando a quantidade de material perdido para a rebarba, a carga de conformação e o consumo de energia (BEHRENS et al., 2009). Para evitar a sobrecarga das matrizes e assegurar o preenchimento completo das cavidades, o design da pré-forma deve garantir o fluxo adequado de material durante o processo. No forjamento em matriz fechada o fluxo de material depende principalmente dos seguintes aspectos (LANGE, 1985):

- Geometria da cavidade
- Geometria da rebarba
- Geometria inicial e intermediária do billet
- Porcentagem de rebarba
- Transferência de calor entre o ferramental e o billet

A análise numérica por elementos finitos (Finite Element Method - FEM) é uma ferramenta poderosa no controle e na previsão de todos estes aspectos. A simulação numérica do processo de forjamento oferece a possibilidade de projetar todo o processo em um computador. Isso permite a redução do custo e do tempo da etapa de projeto da ferramenta, que pode ser alterado antes da fabricação das matrizes. Além disso, as melhores condições de processamento podem ser definidas sem a necessidade de experimentação (TAKEMASU et al., 1996). Dessa forma, atualmente, as pré-formas são projetadas via análise de elementos finitos e, dependendo da complexidade da forma requerida, o desenvolvimento é auxiliado e agilizado pelo emprego de rotinas de otimização.

Os algoritmos de evolução (Evolution Strategies - ES) são ferramentas poderosas para a otimização em ambientes de pesquisa. Contudo, exigem um alto número de avaliações o que pode ser proibitivo para uso industrial. Para reduzir o tempo e os custos consumidos na

análise, é utilizada uma ferramenta de avaliação substituta, chamada metamodelo. As Estratégias de Evolução Assistida por Metamodelo (Metamodel–Assisted Evolution Strategies - MAES) podem ser aplicadas em otimizações em conjunto com qualquer método de avaliação demorado (EMMERICH et al., 2002). O papel do metamodelo é apontar os resultados mais promissores que serão reexaminados por meio do software de avaliação. As MAES incorporam uma técnica de estimativa de erro local que permite ao método de otimização estimar a confiabilidade dos valores aproximados da função e explorar ainda mais essas informações (GIOTIS et al., 2001).

Destarte, neste estudo uma rotina de otimização é empregada no desenvolvimento de uma pré-forma capaz de produzir uma biela da liga de alumínio AA6351 em apenas uma etapa de forjamento a quente e reduzir a força de forjamento e o volume da rebarba. Ainda, aspectos importantes do projeto de componentes forjados em matriz fechadas são apresentados e discutidos.

METODOLOGIA

Simulação Numérica

A análise numérica empregada no projeto da geometria da pré-forma foi realizada no software comercial Forge®. Na otimização, a geometria do billet é automaticamente alterada, contudo as condições de contorno são mantidas. A Tabela 1 lista os parâmetros de entrada utilizados nas simulações numéricas do processo de forjamento.

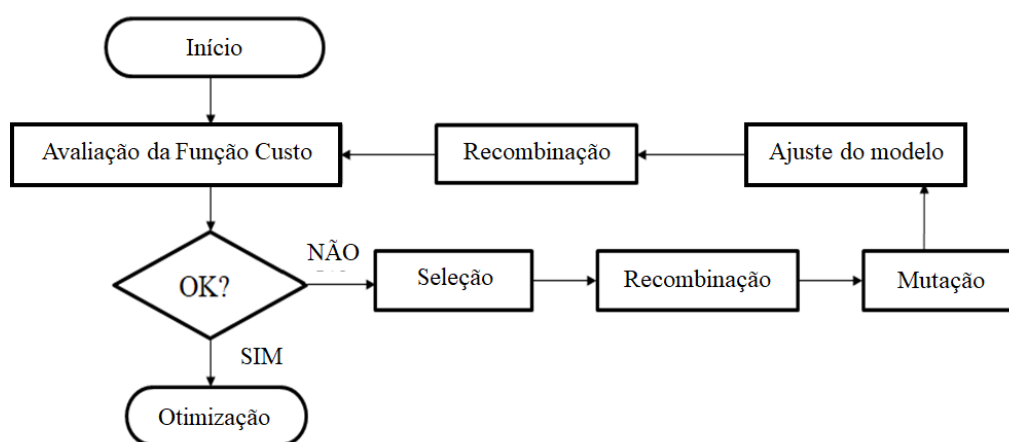
Tabela 1. Parâmetros de entrada do modelo numérico.

Tipo de malha	Triangular
Tamanho de malha	0,5mm
Material do billet	AA 6351
Temperatura do billet	400°C
Temperatura das matrizes	150°C
Coefficiente de atrito	0,3
Coefficiente de Transferência de Calor billet/ambiente (convecção)	0,5 kW(m ² .K)
Coefficiente de Transferência de Calor billet/ferramentas (condução)	30 kW(m ² .K)

Otimização

O software Forge@NxT possui um método de otimização automática baseado em estratégias de evolução auxiliadas pela técnica de metamodelo totalmente integrado. Essa estratégia é bastante robusta e permite resolver os problemas de otimização mais complexos na área de conformação. O fluxograma da Figura 1 mostra as etapas da rotina de otimização (DUCLOUX et al., 2010).

Figura 1. Fluxograma da rotina de otimização utilizada.



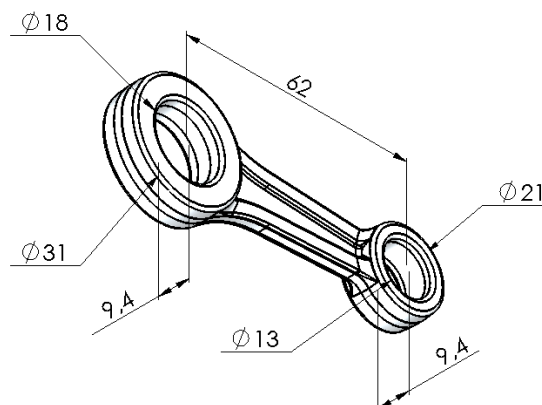
Fonte: DUCLOUX et al. (2010)

Os operadores de seleção, recombinação e mutação permitem a evolução contínua dos modelos, reduzindo o número de avaliações da função de custo e, conseqüentemente, o tempo necessário para a solução do problema abordado.

Parametrização da Otimização

Dentre as peças obtidas por forjamento em matriz fechada, bielas são consideradas peças complexas por apresentarem formas irregulares, com uma dimensão significativamente maior do que as outras e material distribuído segundo planos ou orientações diferentes (RODRIGUES e MARTINS, 2010). A Figura 2 mostra a biela foco deste estudo com as principais dimensões do componente.

Figura 2. Componente Forjado.



Fonte: Autores, 2021.

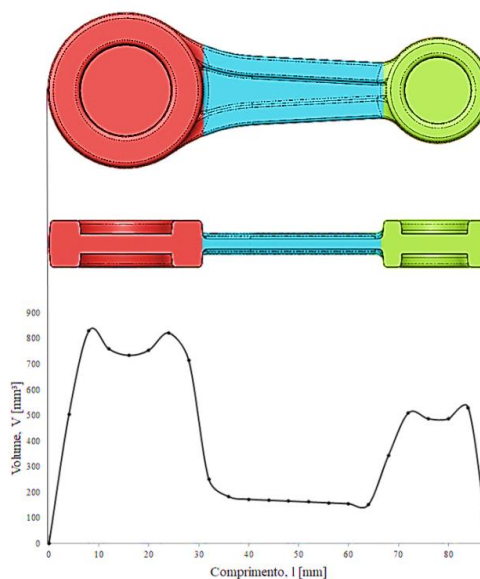
No desenvolvimento de pré-formas pra componentes complexos, inicialmente é criado um diagrama de distribuição de massa ou volume. A distribuição do volume da biela foi obtida através do corte de várias seções transversais e o resultado é mostrado na Figura 2.

O volume do anel maior da biela é superior a todo o volume do restante da peça, a região destacada em vermelho compreende 58,5% do volume do componente. Dessa forma, com base na distribuição do volume, foi projetada a pré-forma axissimétricas mostrada na Figura 4.

No projeto da pré-forma a viabilidade de produção da geometria também deve ser considerada. A definição do processo de obtenção da pré-forma é de extrema importância podendo afetar a produtividade e os custos de produção. A geometria proposta e mostrada na Figura 4 pode ser produzida por laminação cruzada. No processo, o billet inicialmente cilíndrico é inserido transversalmente entre 2 ou 3 cilindros com cavidades apropriadas para gerar eixos axialmente simétricos, com geometrias complexas, em apenas uma operação (TAKEMASU et al., 1996).

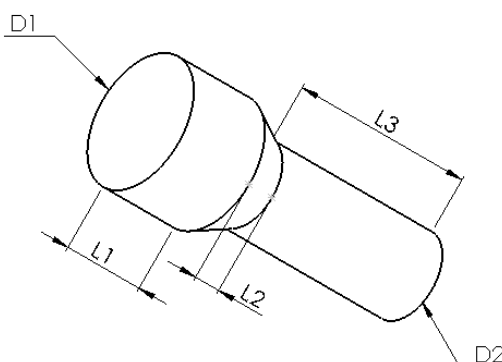
Na otimização as dimensões L1, L2 e L3 foram mantidas constantes, correspondendo a 20, 10 e 45mm, respectivamente. O comprimento da pré-forma é menor que o da biela, contudo, o escoamento longitudinal do material durante o fechamento das matrizes deve garantir que o material alcance todas as cavidades ao longo do comprimento da biela. Além disso, a pré-forma possui uma extremidade com maior volume para garantir o preenchimento do anel maior da biela.

Figura 3. Distribuição de volume ao longo da peça.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 4. Pré-forma inicial.



Fonte: Autores, 2021.

As variáveis a serem definidas na otimização foram os diâmetros $D1$ e $D2$. Na rotina de otimização estas dimensões são avaliadas e alteradas automaticamente a cada ciclo de otimização até que os objetivos da otimização sejam atingidos. Os objetivos, também chamados de “minimizáveis”, correspondem aos critérios usados pela ferramenta de otimização para encontrar a melhor solução. Foram definidos os seguintes objetivos:

- Os menores valores de $D1$ e $D2$ capazes de garantir que as matrizes sejam completamente preenchidas;

- A menor força de forjamento necessária para que as matrizes sejam completamente preenchidas.

Todas as soluções da otimização devem atender a algumas condições previamente definidas que correspondem às restrições da otimização. Foram definidas as seguintes restrições:

- As cavidades das matrizes devem ser completamente preenchidas durante o fechamento das ferramentas;
- A peça deve ser obtida sem o surgimento de dobras.

Considerando todos os “minimizáveis” e “restrições” a ferramenta de otimização calcula uma função, denominada função de custo, para definir a melhor combinação de D1 e D2.

As alterações automáticas geradas a cada etapa de otimização seguem alguns parâmetros definidos previamente. Neste caso, estes parâmetros são os valores máximos e mínimos de D1 e D2. Quanto mais restrita a amplitude entre os valores, mais rapidamente a solução é obtida, uma vez que menos cálculos são necessários. Os valores máximos foram de 30 e 25mm, correspondendo as dimensões utilizadas no modelo numérico inicial. Os valores mínimos foram definidos considerando o volume da biela mais uma adicional de 20%. Devido à complexidade da forma da biela, dificilmente um volume de rebarba inferior a 20% é capaz de garantir o preenchimento das matrizes. Dessa forma, os valores mínimos de D1 e D2 foram de 18 e 12mm.

Forjamento

Após a definição da geometria da pré-forma, o processo de forjamento foi realizado para validação dos resultados numéricos. No processo, as pré-forma da liga de alumínio AA6351 foram aquecidas em um forno resistivo a 400°C por 30 minutos para completa homogeneização da temperatura. Posteriormente foram transferidas para as matrizes de forjamento pré-aquecidas a 150°C. As matrizes foram montadas em uma prensa hidráulica marca FKL com capacidade de 6000 kN e velocidade de 5mm/s. A lubrificação foi realizada com a aplicação do lubrificante a base de grafite nas superfícies das matrizes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os resultados referentes à otimização da geometria da pré-forma para o forjamento da biela. Inicialmente são mostrados os modelos numéricos que apresentaram os melhores resultados considerando os critérios pré-definidos. Posteriormente, é aprofundada a análise da pré-forma definida como a melhor entre todas as testas. Por fim, são comparados os resultados numéricos e experimentais da pré-forma otimizada, de uma pré-forma cilíndrica e da pré-forma inicial. A amostra cilíndrica é abordada para que a possibilidade da realização do processo em 1 única etapa seja avaliada, enquanto a análise da pré-forma inicial permite observar a melhoria gerada pela otimização da geometria da pré-forma.

Definição da Pré-forma Ideal

A Tabela 2 lista as dimensões das pré-formas dos 10 modelos que apresentaram os melhores resultados após 200 ciclos de simulação e do modelo inicial (pré-forma 0).

O volume das pré-formas é mostrado na Figura 3. Entre o modelo inicial e o modelo com pré-forma de menor volume (pré-forma 1) foi verificada uma redução do volume de 50%. Devido ao método de otimização automática utilizado uma redução significativa do volume é alcançada rapidamente, para um número pequeno de ciclos. Posteriormente, o que ocorre é um refino dos resultados, que pode ser verificado nos 10 melhores modelos, em que a variação do volume é pequena.

Tabela 2. Dimensões das pré-formas dos 10 modelos que apresentaram os melhores resultados e do modelo inicial.

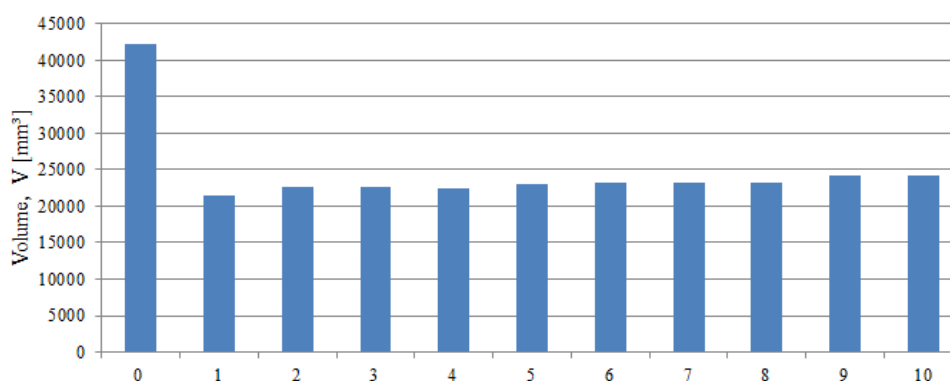
Pré-forma	D1 [mm]	D2 [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	L3 [mm]
0	30	25	20	10	45
1	21,0	18,0	20	10	45
2	22,0	18,2	20	10	45
3	21,6	18,5	20	10	45
4	22,0	18,1	20	10	45
5	22,8	18,1	20	10	45
6	22,5	18,3	20	10	45
7	23,4	17,8	20	10	45
8	23,35	18	20	10	45
9	23,3	18,6	20	10	45
10	23	18,8	20	10	45

Os resultados numéricos referentes à força de forjamento são apresentados na Figura 6. Assim como foi verificado nos resultados referentes ao volume, houve uma redução

significativa na força requerida no processo quando comparados os resultados do modelo inicial (pré-forma 12) e do modelo em que a força de forjamento foi mínima (pré-forma 2).

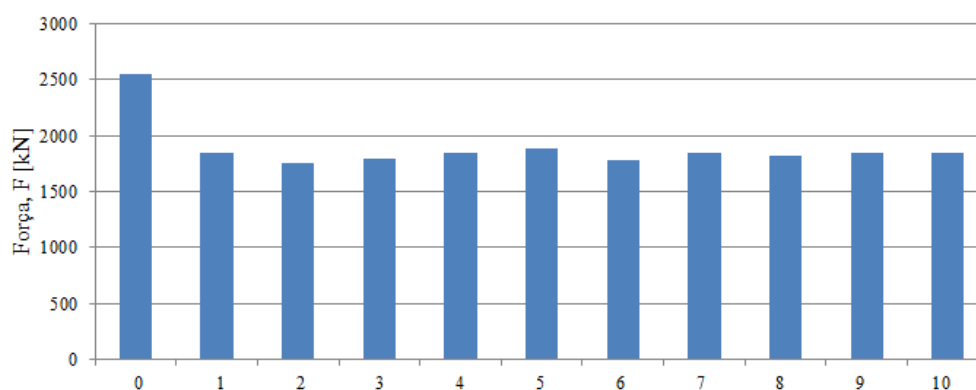
A Figura 7 relaciona o volume das pré-formas, a força de forjamento e a função custo para os 10 melhores modelos. Essa representação gráfica permite avaliar qual dos modelos é o melhor. A função custo pouco variou para os 10 melhores modelos. Quanto ao volume e a força de forjamento, ainda que a pré-forma 1 apresente o menor volume, a força necessária para o forjamento foi maior do que o da pré-forma 2. Isso ocorre devido a características específicas do escoamento de cada pré-forma. Como os melhores resultados referentes ao volume e a força de forjamento não convergiram, para selecionar a geometria da pré-forma ideal, questões econômicas específicas do processo associadas ao custo de matéria-prima e do ferramental devem ser consideradas. Como a variação da força de forjamento entre os dois melhores modelos não é significativa, optou-se pela pré-forma 1 que apresenta o menor volume entre todas as analisadas.

Figura 5. Volume das pré-formas.



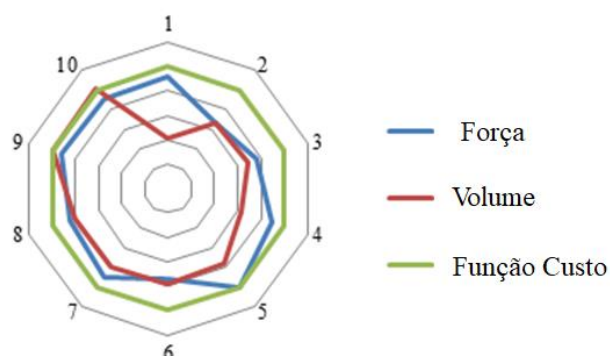
Fonte: Autores, 2021.

Figura 6. Força de forjamento.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 7. Relação entre a força de forjamento, o volume das pré-formas e a função custo dos 10 modelos com melhores resultados.

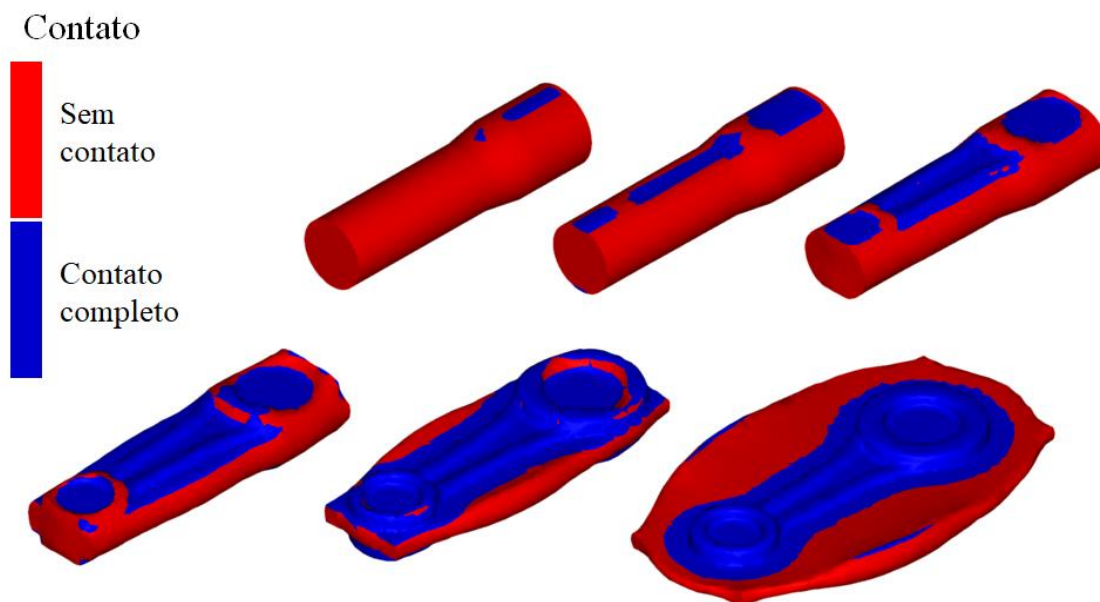


Fonte: Autores, 2021.

Análise da Pré-forma otimizada

O fluxo de material durante o fechamento das matrizes deve ser adequado para que defeitos como dobras e falta de preenchimento sejam evitados. A Figura 8 mostra o escoamento do material durante o processo e os resultados numéricos referentes ao contato entre as matrizes e a geratriz.

Figura 8. Contato entre a geratriz e as ferramentas durante o processo de forjamento.



Fonte: Autores, 2021.

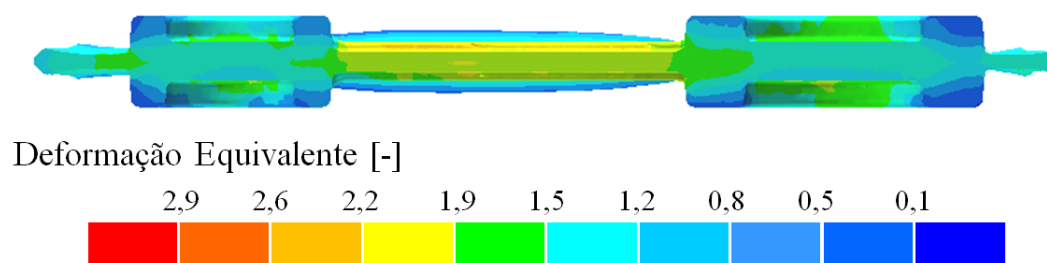
otimização e a não ocorrência destes defeitos associados ao fluxo de material é confirmada pela análise da Figura 8. Ao final do processo, as únicas regiões sem contato

completo entre as ferramentas e a geratriz estão na rebarba, mostrando que o preenchimento completo das cavidades das matrizes ocorreu.

Ainda analisando a Figura 8, é possível verificar que os anéis da biela são, assim como esperado, as últimas regiões a serem preenchidas. Enquanto o corpo da biela é preenchido ainda nos estágios iniciais do processo, os dois anéis são preenchidos completamente somente nos últimos instantes do fechamento das matrizes. A análise deste aspecto permite a obtenção de informações importantes sobre o dimensionamento da pré-forma. No forjamento de pré-formas superdimensionadas o preenchimento das cavidades ocorre rapidamente e, a partir deste instante, o restante do fechamento das matrizes resulta apenas no escoamento de material para a região da rebarba. Como resultado, ocorre um aumento acentuado da força de forjamento e das pressões nas ferramentas. O preenchimento completo das cavidades das matrizes apenas nos instantes finais do forjamento (Fig.8) demonstra que o dimensionamento da pré-forma é satisfatório.

A Figura 9 mostra a distribuição da deformação equivalente ao longo da seção longitudinal da biela.

Figura 9. Distribuição da deformação equivalente na peça forjada.



Fonte: Autores, 2021.

A deformação equivalente varia entre 0,15 e 2,92 ao longo da peça após a conformação. A deformação distribui-se de forma relativamente homogênea ao longo da peça, sem que regiões localizadas fossem submetidas a deformações acentuadas.

Comparação entre a pré-forma otimizada, cilíndrica e inicial

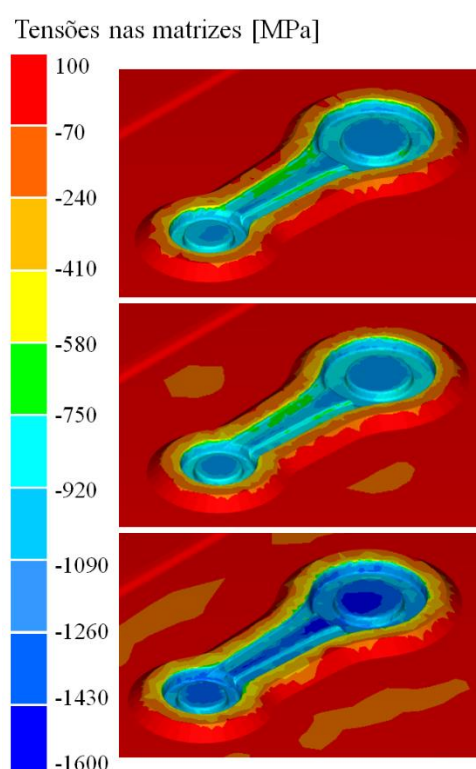
A otimização da pré-forma não reduz somente o volume de material perdido para a rebarba como também afeta as tensões geradas nas ferramentas. A Figura 10 mostra a distribuição das tensões nas matrizes de forjamento para a pré-forma otimizada (Fig.10a), para um billet cilíndrico (Fig.10b) e para a pré-forma inicial (Fig.10c).

A otimização da geometria da pré-forma reduziu não somente a magnitude das tensões geradas nas ferramentas, como também a área submetida a tensões elevadas. O forjamento do billet cilíndrico e da pré-forma inicial, devido ao maior volume da rebarba gera o tensionamento das regiões adjacentes à cavidade da biela. A redução da magnitude das tensões e da área tensionada tem a capacidade de aumentar a vida útil das ferramentas, uma vez que reduz a intensidade dos mecanismos de degradação a que as matrizes são submetidas durante os ciclos de forjamento. Na produção em larga escala, o aumento da vida útil das ferramentas reduz a necessidade de reparo e troca das matrizes, reduzindo significativamente os custos de produção.

Além das tensões nas ferramentas, o volume da pré-forma também afeta diretamente a força necessária para realizar a operação de forjamento. A Figura 11 mostra a evolução da força de deformação em função do deslocamento da matriz superior no forjamento da pré-forma otimizada, do billet cilíndrico e da pré-forma inicial.

No forjamento da pré-forma inicial, que possui o maior volume entre as analisadas, foi necessária uma força de 255t. A conformação do billet cilíndrico foi realizada com uma força máxima de 193t. A otimização da pré-forma permitiu que a força de forjamento fosse reduzida a 184t, 27% inferior a requerida para forjar a pré-forma inicial e 4% inferior a força utilizada para forjar o billet cilíndrico.

Figura 10. Distribuição das tensões geradas nas matrizes para o forjamento da pré-forma otimizada (a), do billet cilíndrico (b) e da pré-forma inicial (c).

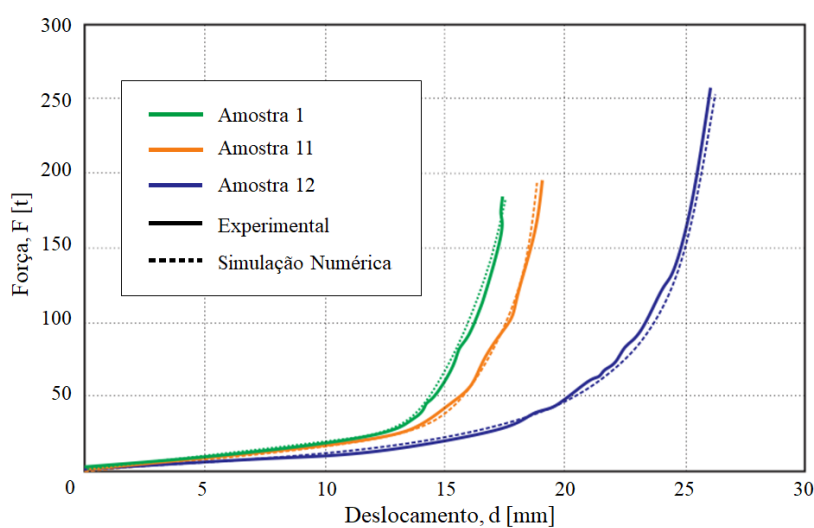


Fonte: Autores, 2021.

É possível verificar na Figura 11 que há excelente concordância entre os resultados numérico e experimental. A convergência dos resultados mostra que as condições de contorno inseridas no software, referentes à troca térmica e ao atrito, bem como o comportamento mecânico do material, refletiram de forma precisa as condições reais de processamento. Ainda, a concordância entre os resultados simulado e experimental validam a análise numérica apresentada nas seções anteriores.

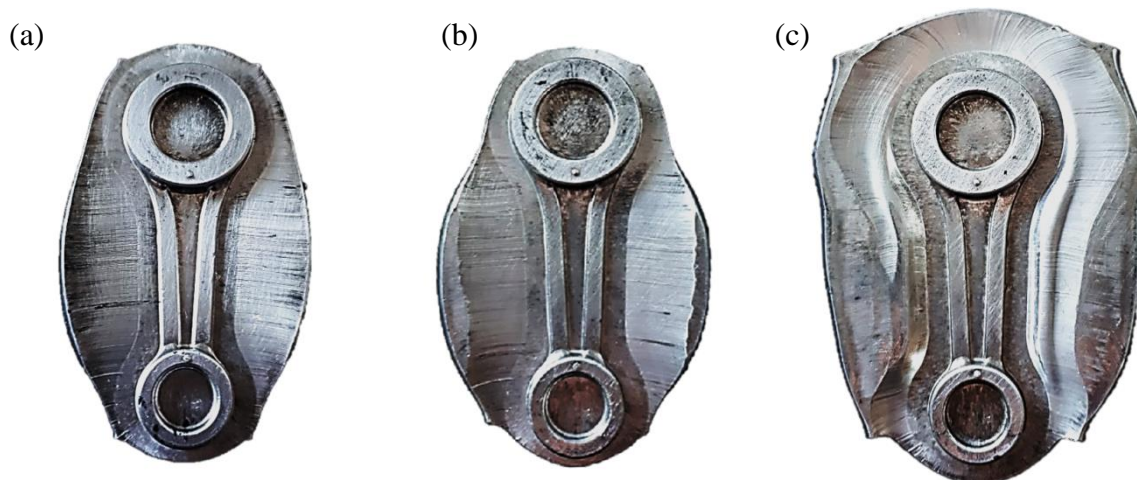
A Figura 12 mostra as peças obtidas nos três processos analisados. Fica evidente o superdimensionamento da pré-forma inicial (Fig.12c) que apresenta volume considerável de material perdido para a rebarba. O billet cilíndrico (Fig.12b) é capaz de gerar o preenchimento completo das matrizes, contudo necessita de maior volume de material do que a pré-forma otimizada (Fig.12a). A realização do processo com o billet cilíndrico, tornando desnecessária a operação de produção da pré-forma pode parecer atraente. Contudo, a realização do processo em apenas uma etapa apresenta como ponto crítico o posicionamento do billet. No forjamento do billet cilíndrico, qualquer pequena descentralização pode gerar defeitos associados ao fluxo de material. No forjamento da pré-forma otimizada, por outro lado, devido à distribuição de volume da pré-forma, a descentralização durante o posicionamento dificilmente acarretará a falta de preenchimento ou a formação de dobras.

Figura 11. Força de forjamento em função do deslocamento da matriz superior.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 12. Peças forjadas a partir (a) da pré-forma otimizada, (b) do billet cilíndrico e (c) da pré-forma inicial.



Fonte: Autores, 2021.

CONCLUSÃO

No projeto de um componente forjado, além dos requisitos de qualidade, busca-se sempre a redução de custos de processamento. A otimização da geometria da pré-forma, reduzindo o volume de material requerido, as forças de forjamento e as tensões nas ferramentas é uma das formas mais eficazes para suprimir gastos. Neste estudo, foi apresentada uma rotina de otimização capaz de obter a geometria adequada para o forjamento de uma biela. A análise numérica e experimental do processo permitiu concluir que:

- A otimização da geometria da pré-forma permitiu que o volume de material perdido para a rebarba fosse reduzido em 64%, quando comparado ao processo proposto inicialmente;
- A força de forjamento requerida no processo foi reduzida em até 27%;
- Através da análise numérica do processo de forjamento, foi verificado que a otimização da pré-forma possibilitou que a magnitude das tensões geradas nas ferramentas fosse reduzida, bem como a área tensionada.
- O processo experimental validou a análise numérica e uma biela livre de defeitos foi produzida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEHRENS, B.; NICKEL, R.; MÜLLER, S.; Flashless precision forging of a two-cylinder crankshaft. *Production Engineering* 3:381–389, 2009.

DUCLoux, R.; FOURMENT, L.; MARIE, S.; MONNEREAU, D.; Automatic Optimization Techniques Applied to a Large Range of Industrial Test Cases, University of Brescia, University of Bergamo. 13th ESAFORM Conference on Material Forming, 2010.

EMMERICH, M.; GIOTIS, A.; ÖZDEMİR, M.; BÄCK, T.; GIANNAKOGLU, K.; Metamodel - Assisted Evolution Strategies. *International Conference on Parallel Problem Solving from Nature, Parallel Problem Solving from Nature — PPSN VII* pp 361-370, 2002.

GIOTIS, A.; EMMERICH, M.; NAUJOKS, B.; GIANNAKOGLU, K.; BACK, T.; Low-cost stochastic optimisation for engineering applications. In *Proc. Int. Conf. Industrial Applications of Evolutionary Algorithms, EUROGEN2001*, Athens, GR, Sept. 2001, Barcelona, 2001.

KNUST, J.; PODSZUS, F.; STONIS, M.; BEHRENS, B.; OVERMEYER, L.; ULLMANN, G.; Preform optimization for hot forging processes using genetic algorithms. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 89:1623–1634, 2017.

LANGE, K.; *Handbook of Metal Forming*. New York, McGraw-Hill, 1985.

RODRIGUES, J.; MARTINS, P.; *Tecnologia Mecânica. Volume II - Aplicações Industriais*. Dinternal. Lisboa, Portugal, 2010.

TAKEMASU, T.; VAZQUEZ, V.; PAINTER, B.; ALTAN, T.; Investigation of metal flow and preform optimization in flashless forging of a connecting rod. *Journal of Materials Processing Technology* 59 95-105, 1996.

CARACTERIZAÇÃO GRANITO-EPÓXI COM 3% EM PESO DE GRANITO (PVT2241-2020)

Jorge Luiz Siqueira da Costa Neto, Guilherme Soares Damasceno, Havana Figueiredo Lima, Marcello Luiz da Silva Dos Anjos, Antonio Renato Bigansolli, Belmira Benedita de Lima Kühn

RESUMO: O Brasil por possuir grandes reservas de rochas ornamentais é considerado o quarto maior exportador destas no mundo. Na lavra, beneficiamento e acabamento final das rochas ornamentais são geradas grandes quantidades de resíduos chegando a um volume de cerca de 30% do material extraído. Estes resíduos não biodegradáveis geram diversos tipos de impactos ambientais, quando não descartado corretamente. Assim, o descarte e uso racional desses resíduos, sem gerar altos custos, são um grande desafio para o setor de rochas ornamentais. Por outro lado, a indústria de polímeros emprega a adição de cargas para obter melhores propriedades de seus materiais, e para isso, necessita de um estudo detalhado das características dos compósitos obtidos. Por esses motivos, diversos pesquisadores estudam a incorporação desses resíduos como carga em materiais compósitos. O presente trabalho tem como objetivo a caracterização do granito por espectrometria de infravermelho (FTIR) utilizado como carga em compósito com 3 % p/p de granito e na caracterização das partículas de granito e do compósito via Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). No espectro de FTIR do granito foram observadas bandas referentes ao quartzo e aos feldspatos e através das micrografias da amostra granito-epóxi foram observadas superfícies aparentemente homogêneas e partículas de pó de granito soltas na matriz indicando que não houve interação das partículas com a matriz polimérica.

Palavras-chave: granito-epóxi, micrografias, FTIR

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com grande influência mundial no setor de rochas ornamentais. Os ganhos econômicos somam mais de US\$ 500 milhões e as quantidades exportadas ultrapassam as 1,380 milhões de toneladas, os estados com maiores contribuições são Espírito Santo, Minas Gerais, Ceará e Bahia (MDIC, 2020). No entanto, no momento atual as exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais parecem ter sofrido os impactos da Covid-19 já no 1º trimestre de 2020. Os prognósticos econômicos, em âmbito brasileiro e mundial, apontam tempos difíceis para o setor. A recuperação dos patamares de desempenho pré-pandemia ainda é incerta (MDIC, 2020). O beneficiamento de rochas ornamentais, em especial o granito, possui diversas etapas em que a ordem de perda de materiais chega a 40%. Esses rejeitos, muitas vezes, não passam por um tratamento adequado sendo quase sempre descartados no meio ambiente. Nesse sentido, o reaproveitamento desses detritos surge como um fator atenuante de impacto ambiental e fonte de lucro das empresas fornecedoras.

O granito é caracterizado por ser uma rocha do tipo ígnea composta em sua maioria por feldspato, quartzo e mica, uma de suas principais utilizações é como elemento de carga para obtenção de compósitos (SILVA et al., 2005).

Compósitos são matérias que possuem duas ou mais fases sendo composto por uma fase matriz podendo ser metálica, polimérica ou cerâmica e outra de reforço. Os produtos caracterizados como compósitos possuem uma classificação como materiais de alta tecnologia em virtude da gama de especificidades que podem adquirir, sobretudo, no campo de propriedades mecânicas (COSTA et al., 1999).

A resina epóxi é um termorrígido muito utilizada como matriz em compósitos; esta resina ao sofrer um processo de cura para a formação de ligações cruzadas, torna-se um material rígido adquirindo características de infusibilidade e insolubilidade (CANEVAROLO, 2006). O uso desse composto como matriz para compósitos possui grande aceitação em virtude de grandes benefícios frente a outros tipos de materiais por possuir baixa contração no processo de cura e grande capacidade adesiva aos vários tipos de cargas (JESUS, 2005).

Neste trabalho foram produzidas e caracterizadas amostras granito-epóxi com 3

% em peso de granito e foi avaliada a interação matriz/carga via Microscopia Eletrônica de Varredura.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a interação de partículas de granito com epóxi em compósitos granito-epóxi com 3% em peso de granito; apresentando como objetivos específicos:

- Obter partículas de granito passantes em peneira de 270 mesh;
- Obter amostras granito-epóxi com 3% em peso de granito;
- Caracterizar via Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) partículas de granito e compósitos granito-epóxi;
- Realizar estudo da interface e da interação das partículas de granito com a resina epóxi em compósitos granito-epóxi com o objetivo de compreender a região interfacial nos compósitos.

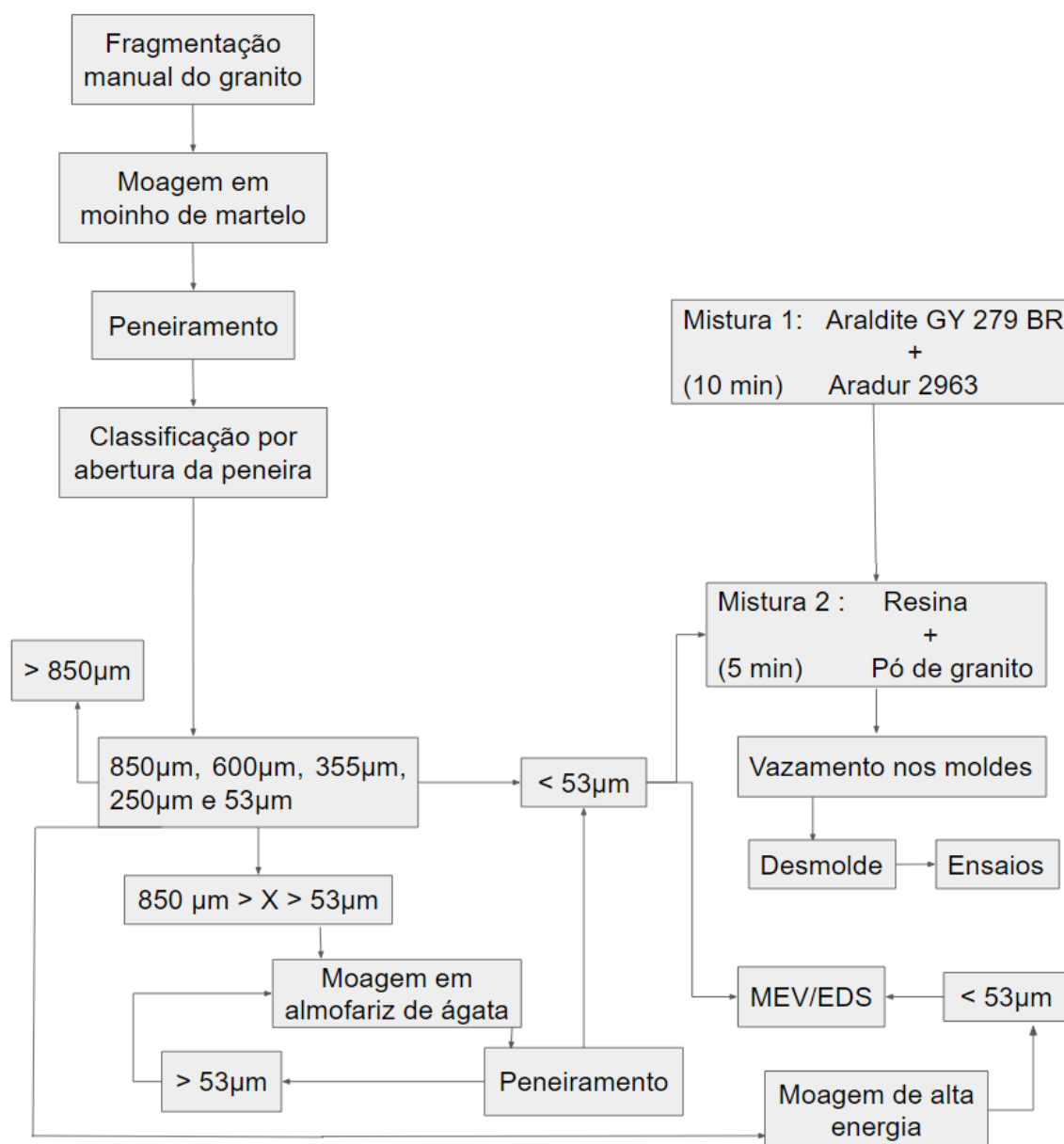
MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados resíduos de granito, originários da região de Alegre/ES, cedidos pela microempresa Marmoraria Jardim LTDA/Cruzeiro/SP e a resina Araldite GY 279 BR juntamente com o endurecedor Aradur 2963 provenientes da HUNTSMAN.

As amostras foram preparadas na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Inicialmente foram realizados a fragmentação e a moagem do granito, bem como a caracterização granulométrica e segregação das partículas por peneiramento. Em seguida foram preparados compósitos granito-epóxi. As partículas utilizadas na preparação dos compósitos foram caracterizadas por FTIR no Departamento de Química. A preparação das amostras, moagem e peneiramento foram realizados no Laboratório de Engenharia de Materiais, ambos os laboratórios pertencentes ao Departamento de Engenharia Química. As micrografias das amostras foram realizadas na escola de Engenharia de Lorena - EEL/USP e no Instituto Militar de Engenharia – IME.

A Figura 1 apresenta um fluxograma com a sequência da preparação e caracterização do granito, seguidos da preparação e caracterização das amostras.

Figura 1. Fluxograma ilustrando a etapa experimental.



Preparação do pó de granito

Como apresentado na Figura 1, o resíduo de granito fragmentado manualmente, por meio de um martelo até obtenção de pedaços com tamanho inferior à boca de alimentação do moinho de martelo, foi introduzido no moinho Tecnal Modelo TE-330. Em seguida o material foi classificado granulometricamente através de um agitador mecânico, contendo peneiras com aberturas de 850 µm / 20 #, 600 µm / 28 #, 355 µm / 42 #, 250 µm / 60 # e 53 µm / 270 #, Tabela 1, por um período de 5 minutos.

Partículas retidas em peneira de 42 mesh foram cominuidas em moinho de alta energia, por um período de 3 min a uma velocidade de 200 rpm. Após a moagem, o material passante em peneira de 270 mesh foi segregado.

Tabela 2 – Relação entre a abertura da peneira e o padrão mesh.

Abertura (μm)	Padrão Mesh (Tyler)
850	20
600	28
355	42
250	60
53	270

Partículas passantes em peneira de 28 # e retidas em peneira de 270 # foram maceradas em almofariz de ágata até obtenção de partículas passante em peneira de 270 # (Figura 3) e foram utilizadas na obtenção dos compósitos.

Figura 3 – Pó de granito antes e após ser macerado em almofariz de ágata.



Obtenção do compósito

Para a obtenção do compósito, primeiramente foi preparada a mistura 1 com o auxílio de um bastão de vidro. Esta mistura foi obtida após agitação, por um período de 10 min., da resina Araldite GY 279 BR e do agente de cura Aradur 2963, na proporção indicada pelo fabricante, isto é, phr = 42 (42 partes do endurecedor para 100 partes de resina, ou seja, para cada 100 partes em peso de Araldite adicionou-se 42 partes em peso de Aradur). Em seguida, a mistura 1 e o pó de granito foram pesados e misturados manualmente com o auxílio de um bastão de vidro por um período de 5 min. para a preparação da mistura 2. Por fim, a mistura 2 foi vazada nos moldes e os compósitos foram curados à temperatura ambiente, de aproximadamente 30°C por um período de 48h. Após este período os compósitos foram desmoldados.

Caracterizações via Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A amostra das partículas de granito e a superfície do compósito granito-epóxi foram caracterizados via MEV. Para a realização das micrografias, as amostras foram metalizadas e fixadas no porta amostra com fita adesiva dupla face.

O pó de granito foi caracterizado em MEV da marca Hitachi, modelo TM3000, com imagens obtidas no modo de Elétrons Retro-Espalhados (ERE), com aumentos de 50 e 500 vezes. As composições do pó de granito foram avaliadas por Espectroscopia de Energia Dispersiva de raios-X (EDS). As análises por EDS foram realizadas em um instrumento Oxford modelo Swift ED3000. As medidas de composição foram realizadas com padrão eletrônico, em uma microrregião para verificação da composição global da amostra, com o objetivo de auxiliar na identificação das fases presentes nas microestruturas.

As imagens da superfície do compósito granito-epóxi, com aumentos de 100 à 40.000 vezes, foram realizadas em FEI modelo Quanta FEG250 com detector cátodo de luminescência CENTAURU.

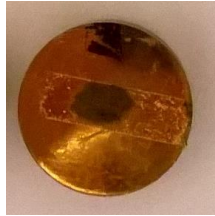
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do Granito

A Figura 4 mostra uma foto da baquelite sobre a qual as partículas de granito,

100% passante em peneira de 270 mesh, foram depositadas e revestidas com ouro e utilizadas nas análises via MEV/EDS.

Figura 4 – Amostra das partículas de granito metalizadas com ouro.



A Figura 5 mostra a micrografia de MEV no modo Elétrons Retro-Espalhados (ERE) das partículas de granito, as imagens apresentam um aumento, respectivamente de 50 e 500 vezes em relação ao objeto real. As magnificações das imagens estão expressas numericamente e por meio de uma pequena barra desenhada na imagem, cujo comprimento indica uma medida para ser usada como referência para o tamanho de objetos da imagem. Na imagem (a) a barra representa 2 mm do objeto real e na imagem (b) a barra representa 2 μm do objeto real. Na imagem (b) é observado que o pó do granito apresenta diferentes tamanhos de partículas, morfologia irregular e facetada. Embora as partículas apresentem dimensões bem heterogêneas, a imagem mostra que estas são menores que 100 μm .

A Figura 6 mostra a região na qual a análise por EDS foi feita no pó de granito e a Figura 7 apresenta o espectro de EDS, onde estão identificados os elementos presentes na amostra de granito identificados por EDS.

Figura 5 – Micrografias (MEV/ERE) do pó de granito obtido na moagem realizada no almofariz.

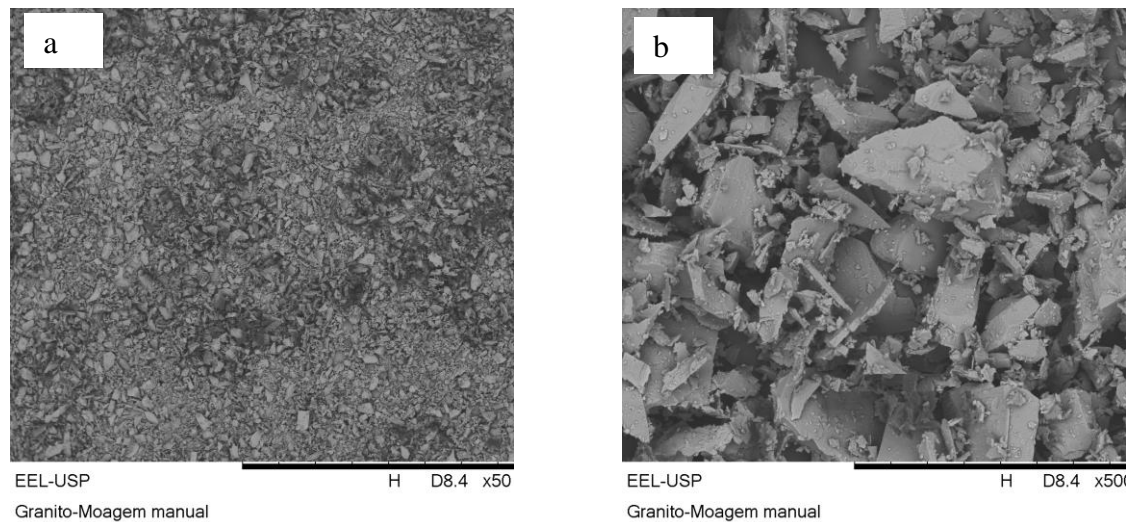


Figura 6 – Micrografia do pó de granito com a área analisada por EDS em destaque.

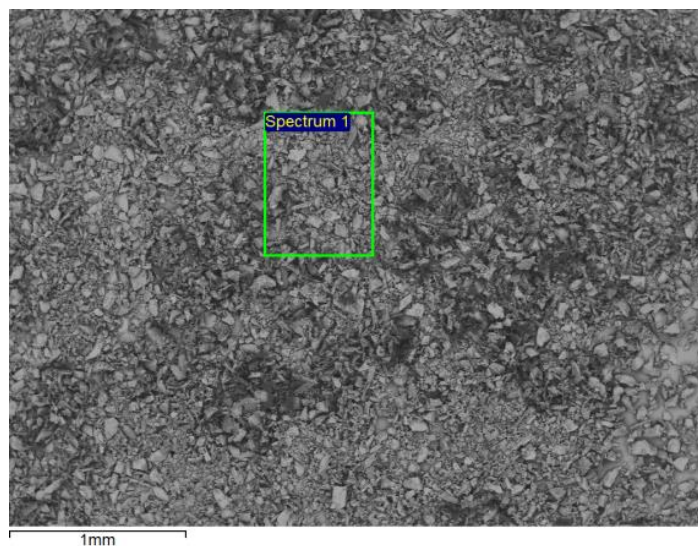
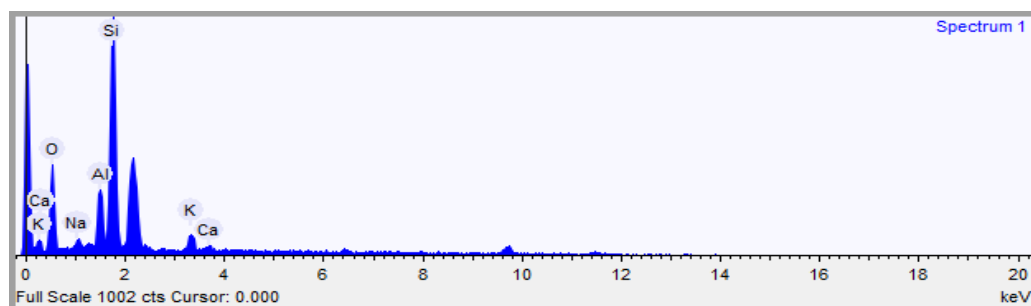


Figura 7 – Espectro de EDS correspondente à composição do granito.



Considerando que os granitos são constituídos principalmente de quartzo e feldspatos e que o quartzo é rico em silício e os feldspatos são minerais constituídos de aluminossilicatos de potássio, sódio e cálcio (HARNEN, 2002; LUZ E COELHO, 2005),

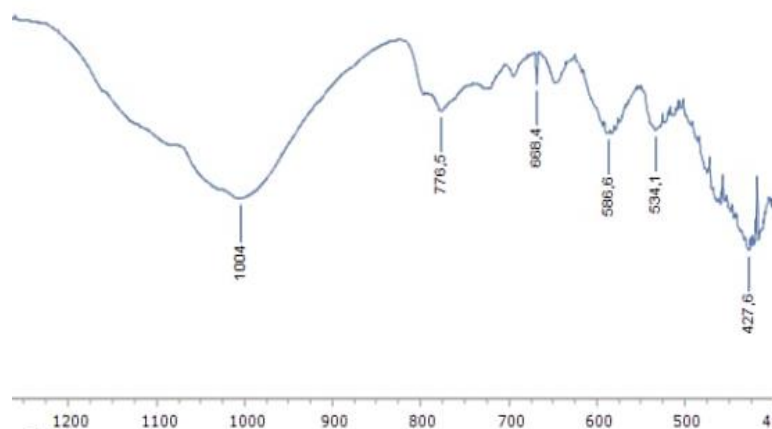
a presença dos elementos O, Na, Al, Si, K e Ca encontrados na microanálise via EDS indicados na Tabela 3 condiz com caracterizações químicas de granito (KLEIN; DUTROW, 2012).

Tabela 3 – Elementos presentes no granito identificados por Espectroscopia de Energia Dispersiva de raios-X (EDS).

Elementos	% em peso	% atômica
Oxigênio (O)	49,027	63,289
Sódio (Na)	1,707	1,534
Alumínio (Al)	7,834	5,997
Silício (Si)	35,300	25,959
Potássio (K)	4,804	2,537
Calcio (Ca)	1,327	0,684

No espectro de FTIR apresentado na Figura 8, é possível verificar a presença de bandas espectrais entre os comprimentos de onda de 1200 e 400 cm^{-1} .

Figura 8 – FTIR das partículas de granito entre 1200 cm^{-1} e 400 cm^{-1}



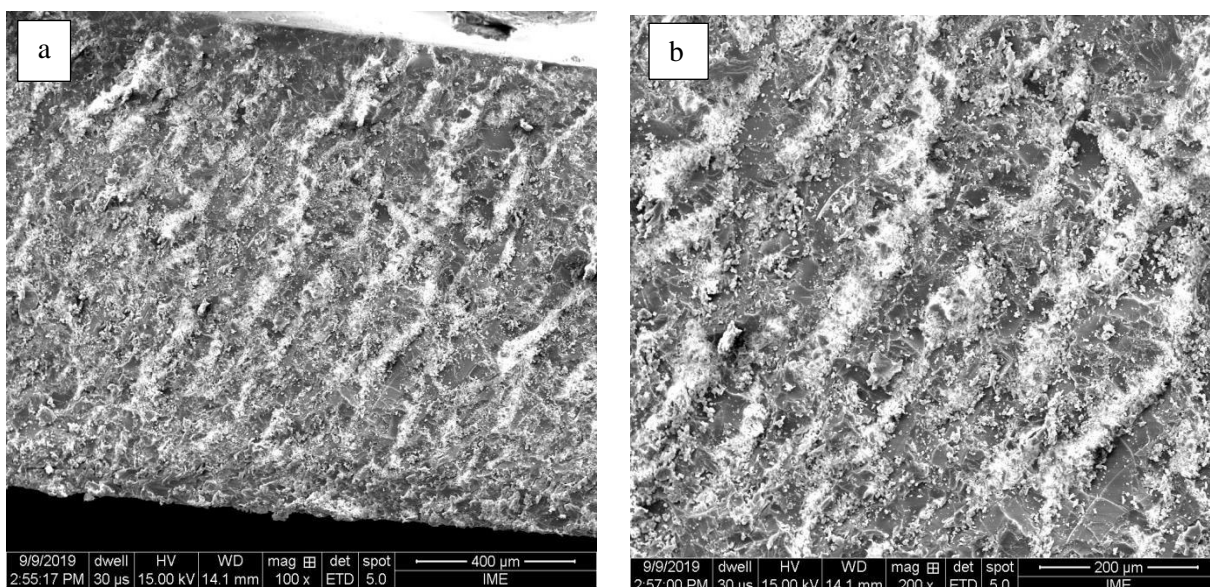
As bandas compreendidas entre 1200 e 950 cm^{-1} correspondem às vibrações de estiramento que podem caracterizar tanto as ligações Si-O-Si quanto as ligações Si-O-Al, e a banda presente em 778 cm^{-1} está associada ao quartzo (MAIA,2016; PLEVOVA, 2015). Segundo Plevova *et al* (2015), as bandas mais estreitas observadas na região espectral 800 a 500 cm^{-1} indicam a presença de feldspatos como $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ e KAlSi_3O_8 (albita e microclima, respectivamente), e as vibrações moleculares correspondentes aos

números de ondas 648 e 540 cm^{-1} são características de rochas graníticas com presença de albita (MAIA,2016). A banda espectral 1005 cm^{-1} aponta a existência de biotita ($\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F,OH})_2$) na amostra.

Caracterização do compósito granito-epóxi com 3 % p/p de granito via Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

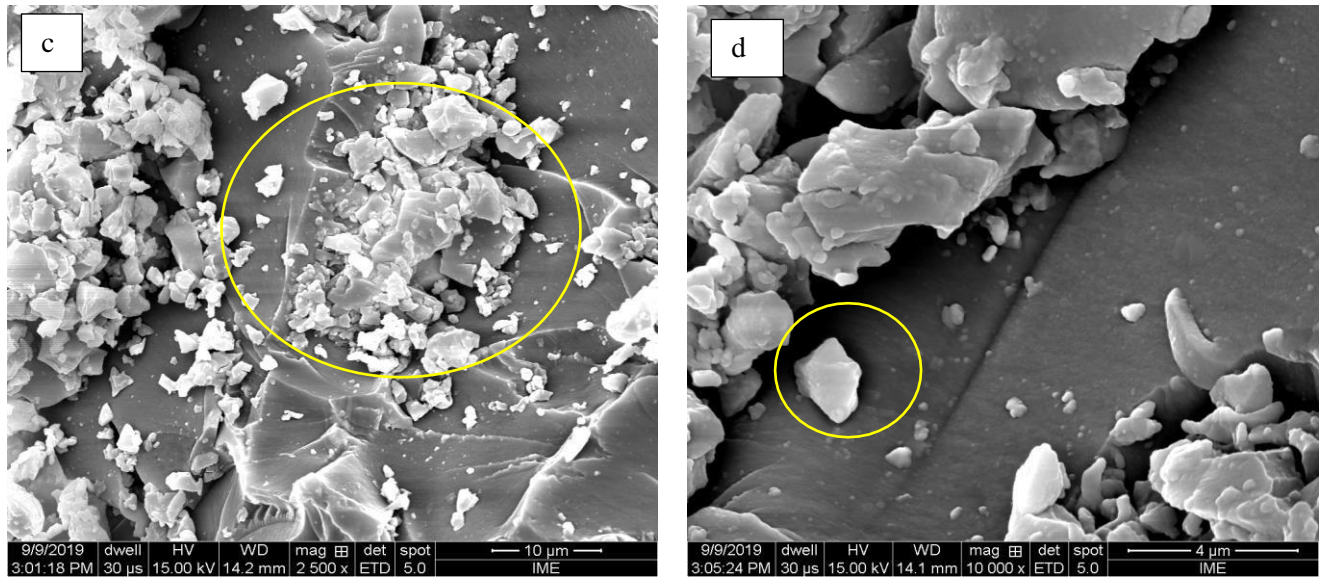
As Figuras 9 e 10 apresentam imagens da amostra granito/epóxi constituída por 3 % p/p de granito. As Figuras 9a e 9b foram obtidas com baixa magnificação (aumentos de 100 X e 200 X) e nelas são observadas uma superfície aparentemente homogênea.

Figura 9 – Micrografias da amostra composta por 97 % p/p de epóxi 3 % p/p de granito.



Nas Figuras 10a, 10b, 10c e 10d obtidas com aumentos de 1000 X, 2000 X, 2500 X e 10000 X são mostradas aglomerações de partículas de granito não aderidas à matriz de resina epóxi, Ramakrishna, Priya e Rai (2007) também observaram em seus estudos a presença de granito desprendido da matriz epóxi. A Figura 10b indica que as partículas de granito, quando comparadas à escala de $20\text{ }\mu\text{m}$, apresentam tamanhos inferiores ao desta escala e quando observadas as micrografias com aumentos de 2500 X (Figura 10c) e 10000 X (Figura 10d) é possível observar partículas com tamanhos inferiores a $4\text{ }\mu\text{m}$. A Figura 10d podemos observar que a partícula de granito circulado apresenta uma superfície facetada.

Figura 10 – Micrografias da amostra granito-epóxi com 3 % p/p de granito



Observamos que as partículas de granito utilizadas como elemento de carga no epóxi estavam soltas e deslocadas da matriz, indicando que não houve interação das partículas com a matriz, o que pode ocasionar efeitos de enfraquecimento no material compósito. Ramakrishna, Priya e Rai (2007) também observaram o desprendimento do granito da matriz epóxica, mesmo quando o granito foi revestido com agente compatibilizante trietoximetilsilano.

CONCLUSÃO

Na moagem de alta energia foi possível obter pó de granito com partículas micrométricas.

A microanálise via EDS indica a presença dos elementos O, Na, Al, Si, K e Ca no granito e através da espectrometria de infravermelho foram verificadas bandas espectrais referentes à biotita, ao quartzo e aos feldspatos, confirmando a presença dos elementos citados acima no granito.

Conclui-se que em todos os compósitos caracterizados foi observado a presença de partículas livres na matriz epóxi, indicando que não houve interação das partículas de granito com a matriz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Base de Dados Comex Stat do MDIC. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em 18 de Maio de 2020.

ABIROCHAS - Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, 2018.

CANEVAROLO Jr, S. V. Ciência dos Polímeros 2ª Edição "Sebastião V. Canevarolo Jr. Editora Artliber, 2006.

COSTA, Michelle L.; REZENDE, Mirabel C.; PARDINI, Luiz C. Métodos de estudo da cinética de cura de resinas epóxi. Polímeros, [s.l.], v. 9, n. 2, p.37-44, jun. 1999. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-14281999000200011>.

HARBEN, P. W. (2002). Feldspar. In HARBEN, P. W. e KUZVART, M. (1996). Feldspar.: The Industrial Minerals HandyBook – A Guide to Markets, Specifications, & Prices, 4th Edition, p.124-129.

JESUS, Marco Sousa. Desenvolvimento de um compósito Polímero-Metal À Base de Resina Epóxi Para Aplicações Em Moldes Rápidos. 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Programa de Pós Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102736>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

KLEIN, Cornelis; DUTROW, Barbara. Manual de Ciência dos Minerais. 23. ed. Albuquerque: Bookman, 2012. 706 p.

LUZ, A. B.; COELHO, J. M. Feldspato. In: Rochas & minerais industriais: usos e especificações. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. Parte II. Cap.19. p.413-430.

SILVA, J. B. et al. Incorporação de lama de mármore e granito em massas argilosas. Cerâmica, São Paulo, v. 51, n. 320, p.325-330, oct/dez 2005. Semanal. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S036669132005000400004&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 12 abr 2019.

Maia, C. 2016. <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/98094>.

Plevova E.; Vaculikova L.; Kozusnikova A.; Ritz M.; Simha Martynkova G. Thermal

Expansion behaviour of granites. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2015.
<https://www.researchgate.net/publication/282839470> Thermal expansion behaviour of granites.

RAMAKRISHNA, H. V.; PRIYA, S. P.; RAI, S. K. Flexural, Compression, Chemical Resistance, and Morphology Studies on Granite Powder-Filled Epoxy and Acrylonitrile Butadiene Styrene-Toughened Epoxy Matrices. Journal of Applied Polymer Science, Índia, v. 104, p. 171-177, 22 jan. 2007.

AÇÕES DE ROBÓTICA EDUCACIONAL NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DA REGIÃO DE GUARATINGUETÁ

Gabriel Henrique de Souza Silva Reis, Leonardo Mesquita e Paula Adriana Soares

RESUMO: INTRODUÇÃO: O Censo Escolar 2020 indica a redução de 1,2% no total de matrículas no ensino básico. Ao todo, foram registradas 47,3 milhões de matrículas no nível básico, cerca de 579 mil matrículas a menos em comparação com 2019. Nós temos praticamente a universalização do acesso de 6 a 14 anos com mais de 99% de frequência na escola. Mas a partir dos 15 anos, começamos um declínio na frequência, chegando até 78% na população de até 17 anos. (Agência Brasil, 2021) Para mudar esse quadro, é necessária a implantação de políticas que estimulem o jovem concludente do ensino médio a progredir nos seus estudos. Uma dessas políticas é a diversificação curricular, na qual execução de atividades de Robótica pode auxiliar no engajamento e redução de evasão dos jovens das escolas. Este trabalho apresenta o resultado parcial do projeto: Sustentabilidade também se aprende: ferramentas necessárias para solucionar problemas sociais, estabelecido da parceria entre UNESP – Campus de Guaratinguetá e OSCIP em resposta ao edital “Conectar para Transformar – 2020”, da empresa BASF. As ações do projeto foram iniciadas em 2020, mas devido a pandemia COVID-19, as atividades foram suspensas e retomadas no ano seguinte. Em 2020 foram realizadas oficinas virtuais de robótica, e em 2021 implementou-se na escola E.E Prof. Ernesto Quissak em Guaratinguetá-SP um Clube de Robótica, com ações que atendem ao proposto na ODS 4, Educação de Qualidade. (Ipea, 2021) OBJETIVO: Os objetivos deste trabalho são: Promover o entendimento sobre a Agenda 2030 para desenvolvimento sustentável e desenvolver ações para despertar o interesse de alunos de escolas públicas em buscar competências técnicas e profissionais, e de empreendedorismo, visando a conquista de seu primeiro emprego e condições de trabalho decente. MATERIAL E MÉTODOS: Este trabalho apresenta os resultados das ações executadas durante os anos de 2020 e 2021, atendendo a ODS 4, Educação de Qualidade, na escola E.E Prof. Ernesto Quissak em Guaratinguetá -SP, com adolescentes a partir dos 16 anos. Em 2020, devido a pandemia, foram realizadas oficinas virtuais de robótica, ensinando os conceitos fundamentais de programação e apresentando a plataforma Arduino com o uso maciço de um simulador online. Em 2021 foi instituído, em parceria com a escola um Clube de Robótica, no qual os alunos utilizaram a plataforma Arduino como elemento central no desenvolvimento dos seus próprios projetos. Portanto, as atividades do clube promovem o estudo de conceitos interdisciplinares, como física, matemática, raciocínio lógico, interpretação de texto entre outros já vistos por eles nas aulas tradicionais. RESULTADOS E DISCUSSÃO: Com os conhecimentos adquiridos, os alunos foram capazes de construir o protótipo de uma casa inteligente, com controle de iluminação, temperatura e sistema de alarme para indicar vazamento de gases. Além disso, eles estão desenvolvendo um sistema rastreador de luz solar que, integrado a um conjunto de placas solares a ser usado para alimentar os componentes eletrônicos necessários na montagem do protótipo da casa inteligente visando demonstrar o uso de geração de energia limpa e renovável em um ambiente residencial. CONCLUSÃO: Os alunos demonstraram maior interesse na busca por uma educação de qualidade, foco da ODS 4. Todos adquiriram conhecimentos aos quais não teriam acesso de outra forma, ficando mais preparados para os desafios do futuro na sociedade e no mercado de trabalho.

Palavras-chave: Robótica, Educação, Escola Pública

INTRODUÇÃO

O Censo Escolar 2020 indica a redução de 1,2% no total de matrículas no ensino básico. Ao todo, foram registradas 47,3 milhões de matrículas no nível básico, cerca de 579 mil matrículas a menos em comparação com 2019. Nós temos praticamente a universalização do acesso de 6 a 14 anos com mais de 99% de frequência na escola. Mas a partir dos 15 anos, começamos um declínio na frequência, chegando até 78% na população de até 17 anos (Agência Brasil, 2021).

Para mudar esse quadro, é necessária a implantação de políticas que estimulem o jovem que está concluindo o ensino médio a progredir nos seus estudos. Uma dessas políticas é a diversificação curricular, na qual a execução de atividades de Robótica pode auxiliar no engajamento e redução de evasão dos jovens das escolas.

Este trabalho apresenta o resultado parcial do projeto: Sustentabilidade também se aprende: ferramentas necessárias para solucionar problemas sociais, estabelecido da parceria entre UNESP – Campus de Guaratinguetá e OSCIP em resposta ao edital “Conectar para Transformar – 2020”, da empresa BASF. As ações do projeto foram iniciadas no ano de 2020, mas devido a pandemia de COVID-19, as atividades foram suspensas e retomadas no ano seguinte. Em 2020 foram realizadas oficinas virtuais de robótica, e em 2021 implementou-se na escola E.E Prof. Ernesto Quissak em Guaratinguetá-SP um Clube de Robótica, com ações que atendem ao proposto na ODS 4, Educação de Qualidade (Ipea, 2021) .

OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são: Promover o entendimento sobre a Agenda 2030 para desenvolvimento sustentável e desenvolver ações para despertar o interesse de alunos de escolas públicas em buscar competências técnicas e profissionais, e de empreendedorismo, visando a conquista de seu primeiro emprego e condições de trabalho decente.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho apresenta os resultados das ações executadas durante os anos de 2020 e 2021, atendendo a ODS 4, Educação de Qualidade, na escola E.E Prof. Ernesto Quissak em Guaratinguetá -SP, com adolescentes a partir dos 16 anos de idade.

Em 2020, devido a pandemia, foram idealizadas, montadas e ministradas oficinas virtuais de robótica, onde foram ensinados os conceitos fundamentais de lógica de programação, com foco na linguagem C e apresentando a plataforma Arduino com o uso maciço de um simulador online gratuito. A partir dessa base em 2021 foi instituído, em parceria com a escola um Clube de Robótica, no qual os alunos utilizaram a plataforma Arduino como elemento central no desenvolvimento dos seus próprios projetos, tendo constante supervisão dos professores e monitores envolvidos. Portanto, as atividades do clube promovem o estudo de conceitos interdisciplinares, como física, matemática, raciocínio lógico, interpretação de texto entre outros já vistos por eles nas aulas tradicionais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os conhecimentos adquiridos, os alunos foram capazes de construir o protótipo de uma casa inteligente, com cada grupo ficando responsável por um módulo do projeto, como o controle de iluminação, temperatura e sistema de alarme para indicar vazamento de gases. Além disso, um dos grupos ficou responsável pelo desenvolvimento de um sistema rastreador de luz solar que deve ser integrado a um conjunto de placas solares que será usado para alimentar os componentes eletrônicos necessários na montagem do protótipo da casa inteligente, visando demonstrar o uso de geração de energia limpa e renovável em um ambiente residencial.

CONCLUSÃO

Os alunos que participaram do projeto “Sustentabilidade também se aprende” se destacaram no ambiente escolar, demonstrando um maior interesse na busca por uma educação de qualidade, que é o foco da ODS 4. Todos adquiriram conhecimentos que não estão disponíveis no currículo tradicional do ensino médio, e que muito provavelmente não

teriam acesso de outra forma, os deixando em melhor posição para encarar os desafios do futuro na sociedade e no mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Brasil. Censo Escolar 2020 aponta redução de matrículas no ensino básico. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2021-01/censo-escolar-2020-aponta-reducao-de-matriculas-no-ensino-basico>>. Acesso em 14 de out. de 2021.

Ipea. ODS 4 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – Disponível em:<<https://www.ipea.gov.br/ods/ods4.html>>. Acesso em 14 de out. de 2021.

Capítulo 21 - DOI:10.55232/10830014.21

DO LIXO AO LUXO DA ARQUITETURA DO ESPETÁCULO

Lilit de Oliveira da Rosa, Katuscia Angélica Micaela de Oliveira

A publicidade e as redes midiáticas conseguem transformar espaços arquitetônicos, que antes tinham pouca visibilidade e valorização, muitas vezes sucateados e abandonados em edifícios magníficos, contemplados e supervalorizados pelo mercado imobiliário. Mostrando dois exemplos de edifícios: o Copan (LEMOS, 2014), número 200 da Avenida Ipiranga, no centro da cidade de São Paulo, com sua arquitetura modernista feita por Oscar Niemayer e Carlos Lemos, nos anos de 1951 até 1966 e que gerou muitas histórias e uma grande transformação de identidade no decorrer dos anos. O Edifício Martinelli, centro de São Paulo, foi projetado pelo arquiteto húngaro Vilmos (William) Fillinger, sendo um símbolo da construção vertical, e um marco da mudança da cidade para metrópole, e assim como o Copan passou por muitas transformações de identidade. Esses dois são a comprovações visíveis de uma mudança radical de imagem, que por muito tempo esses edifícios estavam em condições deploráveis de uso, que com sua baixa valorização se transformaram em guetos verticais, cercados pela violência, desleixo, sucateamento e vistos como um ambiente não promissor. Para depois de anos, estarem em visibilidade da mídia e se tornarem célebres de São Paulo. O Copan por sua vez, com o tempo foi ganhando representatividade nos estudos nas faculdades de arquitetura do país, que ajudando a construir a história de São Paulo, supervalorizam o edifício, que passou a ter um alto valor econômico, e abrindo espaço para turistas visitarem, contemplarem sua vista e cada vez mais atrair as pessoas a olharem para suas magníficas curvas. "O consumidor real torna-se um consumidor de ilusões." (GUY DEBORD, 1997, pag.36) pois, sai de um cenário infame para um cenário tramado. Já o edifício Martinelli, que feito aos poucos, andar por andar, passou de um edifício que abrigava o tráfico e que já foi palco de assassinatos, e que teve uma grande degradação extrema, foi desapropriado pela prefeitura, onde foi reformado e atualmente ele abriga as Secretarias Municipais de Habitação e Planejamento, as empresas Emurb e Cohab-SP, e a sede do Sindicato dos Bancários de SP além de diversos estabelecimentos comerciais na parte térrea. O objetivo da pesquisa é comparar que ambos os edifícios saem de uma perspectiva marginalizada, para um cenário contemporâneo da arquitetura do espetáculo, onde o antigo e monumental, com uma influência das comunicações midiáticas, se torna uma experiência desejada e um sentimento criado no público almejando esses espaços. A pesquisa é parte de estudos metodológicos bibliográficos e midiáticos referentes a arquitetura do espetáculo, as primeiras considerações finais relevantes é que a especulação imobiliária que sai ganhado nos alugueis que triplicam de preço, mas como no Copan, obrigando moradores antigos a saírem do mesmo, pelos altos valores exigidos pelos imóveis. E a expulsão de uma população de baixa e média renda, que habitavam esses edifícios para bairros mais pobres da cidade, dando lugar a classe alta que atualmente mora nessas edificações resinificadas.

Palavras-chave: Arquitetura, Mídia, Espetáculo.

Referências Bibliográficas:

DEBORD, Guy ., A sociedade do espetáculo: comentários sobre a sociedade do espetáculo. Rio de Janeiro: Contraponto, 1997. 237 p.

Lemos, A.C. Carlos. A História do Edifício Copan - Trilogia do Copan - Vol. 1 Ed:Imprensa Oficial. Ano 2014, pág 168.

Capítulo 22 - DOI:10.55232/10830014.22

UM ENFOQUE SOBRE A EXISTÊNCIA DO URÂNIO NO MUNICÍPIO DE POCINHOS-PB: UMA PROPOSTA CONTEXTUALIZADA PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE

Tatiana Porto Santos, Rayane Macedo Freitas

A radioatividade desde a sua descoberta passou de mera curiosidade de laboratório a ferramentas no ensino de radioatividade nas aulas de química. A contextualização dá significado ao ensino ao ser aplicado a vida social do aluno. A distância entre essa relação gera desinteresse levando uma aprendizagem muitas vezes não significativa. Nesse sentido a presente pesquisa tem como objetivo realizar uma proposta contextualizada nas aulas de Química no conteúdo de radioatividade. Para isso, usaremos como método facilitador no processo de ensino, dois artigos, que retratam a existência de urânio no município de Pocinhos-PB. Para atingir os objetivos do trabalho, foi desenvolvida e aplicada uma pesquisa com 52 alunos do 3º ano Ensino Médio. Para o levantamento de dados, foi proposto que os alunos respondessem dois questionários a saber: levantamento do conhecimento prévio e verificação da aprendizagem. Os resultados apresentados se destacam por serem viáveis ao processo educacional contribuindo para a compreensão do conteúdo nas aulas de radioatividade e sinalizaram uma boa aprovação pelos alunos, motivando-os para um melhor processo de ensino e aprendizagem estimulando a curiosidade dos mesmos para adquirir mais conhecimentos, a partir do fato ocorrido na cidade de Pocinhos-PB. INTRODUÇÃO: É primordial contextualizar os relatos populares, há um grande questionamento em relação a existência do urânio no município de Pocinhos, local esse que foi realizado pesquisas afins de comprovar a existência do urânio naquele município. Nos períodos de 1977 á 1982 a empresa nuclebrás realizou uma pesquisa no sitio bravo localizado no município de Pocinhos-PB, com o objetivo de fazer estudos sobre a existência de urânio no município, onde foram verificados valores radiometricos que foram bastantes elevados na área analisada (SOUZA, et al., 2012). Com base no contexto exposto acima foi realizado um enfoque, sobre a existência do uranio no município de Pocinhos, que diante do estudo realizado, teve como objetivo a contextualização nas aulas de radioatividade para alcançar bons resultados no ensino e na aprendizagem dos alunos, tendo em vista uma grande dificuldade de compreensão do conteúdo de radioatividade. METODOLOGIA: O presente estudo trata-se de uma pesquisa exploratória de natureza qualitativa. O público alvo da pesquisa foram 52 estudantes do 3º ano do Ensino Médio da Escola Antônio Galdino Filho, Escola pública Estadual da cidade de Pocinhos-PB, que fica situada no agreste do Planalto da Borborema. A proposta didática elaborada para o ensino de radioatividade foi desenvolvida baseada na utilização de conteúdos que se caracterizam com o cotidiano do aluno, contextualizando-se com o conteúdo a ser aplicado. CONCLUSÃO: A partir da pesquisa realizada foi possível concluir que essa metodologia utilizada para o Ensino de Química no conteúdo de radioatividade foi bastante

eficaz, mostrando bons resultados de acordo com os dados da pesquisa, analisados através dos questionários aplicados, onde ficou perceptível que a proposta de contextualização utilizando o enfoque ocorrido no município nas aulas de radioatividade sinalizou-se positiva e motivacional para os alunos, na perspectiva de formar cidadãos participativos na sociedade.

Palavras-chave: Contextualização, Radioatividade, Ensino de química.

Referências Bibliográficas:

SOUZA, E.M. et al. Ocorrência de urânio em Pocinhos, Paraíba anomalia de sitio bravo: petrografia e radiometria.2012.

Capítulo 23 - DOI:10.55232/10830014.23

ESTUDO DA VIABILIDADE DE SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM HABITAÇÃO PADRÃO NO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO PRETO

Júlia da Silva Gonçalves, Marília Vasconcellos Agnesini, Edson Salerno Junior

A avaliação do desempenho dos ambientes construídos em relação à sustentabilidade é um avanço para a construção civil no caminho que tange à preservação do meio ambiente. Por décadas, o setor focou em prazo, preço e quantidade, ignorando os problemas ambientais e as consequências negativas que geram para a natureza. A aplicação de projetos com elementos ecológicos e a reutilização de água em construções melhoram o desempenho do ambiente construído e diminuem os impactos ambientais. A escassez de água é causada pelas alterações climáticas e é agravada pelas alterações no uso do solo, intensa urbanização, desmatamento ao redor dos mananciais e falta de saneamento básico. As práticas de reúso de água ganham destaque na busca pelo desenvolvimento mais sustentável, sendo as melhores fontes aquelas disponíveis nos mananciais ou oferecidas de forma responsável pelos órgãos públicos. Um exemplo são as águas pluviais, que promovem conservação de água e reduz o escoamento superficial, diminuindo a carga nos sistemas de drenagem urbana. Nesse contexto, foi realizado um estudo de caso no município de Ribeirão Preto, localizado no interior de São Paulo. A região é de clima tropical, com verão chuvoso e inverno seco. O índice pluviométrico anual é de 2.496,2 mm/m². No entanto, mesmo com esses aspectos, a cidade sofre de escassez nos meses de seca, tendo a necessidade de fechar e remanejar o abastecimento de água. Embora o município seja abastecido pelo Aquífero Guarani, é fundamental a conservação para gerações futuras. Além disso, a região enfrenta um desequilíbrio hídrico, com a impermeabilização do solo nas áreas de recargas e a infiltração não é suficiente para repor a água captada: a exploração hídrica é cerca de treze vezes maior que a recarga da chuva. Verifica-se também o comprometimento na qualidade da água, devido ao dinamismo econômico do município, deixando as áreas de recarga mais vulneráveis à contaminação. Assim o município apresenta condições e características adequadas para a implantação do projeto, pois além de preservar o recurso hídrico subterrâneo, eleva o desempenho das residências. Diante dos fatos apresentados, o presente projeto tem como objetivo, introduzir o estudo e a análise da viabilidade da captura e do reúso de água pluvial, através da cobertura de habitações padrões, por meio da apresentação dos possíveis usos e destinos para a água coletada, do retorno financeiro do sistema e das vantagens para o meio ambiente. O trabalho foi iniciado com dados coletados em artigos e sites sobre a cidade de Ribeirão Preto, como: o índice pluviométrico, o volume da captação de água do Aquífero, os dados do saneamento básico, a área média de uma moradia, a média de moradores por domicílio, o volume de água gasto em cada atividade diária de uma residência e o valor mensal cobrado pelo Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto. O volume de água pluvial captada foi calculado utilizando a área média de cobertura de

uma residência padrão multiplicada pelo índice pluviométrico da região. Os tipos de reúso não potável foram escolhidos com base nas tarefas diárias da população brasileira, como jardinagem, lavagem de pátios e veículos, descarga em bacia sanitária, entre outros. Os resultados indicaram que 142,28 m³/ano de água pluvial seriam captados na cobertura de uma residência padrão, onde só iriam ser necessários cerca de 122,35 m³/ano para atender os reúsos selecionados, o que representa redução de 48,8% do volume consumido e uma economia de 304,80 reais, por ano. Assim, concluiu-se que o sistema de reutilização de água pluvial captada em coberturas de residências padrão apresentou vantagens econômicas, melhorou a qualidade do ambiente construído e diminuiu o consumo de água subterrânea.

Palavras-chave: Captação de água de chuva. Reúso não potável. Construção sustentável

Referências Bibliográficas:

Departamento de Águas e Energia Elétrica. Hidrologia – Banco de Dados Hidrológicos, DAEE. Disponível em: Acesso em: 2 de maio de 2021.

Departamento de Água e Esgotos de Ribeirão Preto. Tarifas para Uso Residencial, DAERP, Ribeirão Preto. Disponível em: Acesso em: 25 de ago. de 2021.

Meio Ambiente. Dicas de Economia, Sabesp. Disponível em: Acesso em: 23 de ago. de 2021.

Painel Saneamento. Município Ribeirão Preto, Trata Brasil. Disponível em: Acesso em: 23 de ago. de 2021.

Villar, P. C.; Ribeiro, W. C. Sociedade e gestão do risco: o aquífero Guarani em Ribeirão Preto-SP, Brasil. Revista de Geografia Norte Grande, Pontificia Univerddad Católica de Chile Santiago, Chile, n. 43, p. 55, set. 2009.

Capítulo 24 - DOI:10.55232/10830014.24

A APLICAÇÃO DO LIGHT STEEL FRAME PARA HABITAÇÕES UNIFAMILIARES NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Débora de Brida Fontanella, Aline Eyng Savi

O Brasil, apesar de usufruir de numerosas riquezas e recursos naturais, possui tecnologias relativamente inferiores a outros países. No ramo da construção civil não é diferente, onde métodos arcaicos de construção ainda são utilizados. Em sua maioria, afetando econômica, ambiental e socialmente o país. Os resultados de uma construção dependente de condicionantes ambientais, qualidade de mão de obra, e tempo de execução prolongado auxiliam a acentuar o déficit habitacional existente. Com base nesse cenário, o projeto de iniciação científica (PIC-170), com encerramento em setembro de 2020, teve como objetivo identificar e expor as particularidades e patologias do sistema Light Steel Frame (LSF) quando implantado na região sul do Brasil, e a sua praticabilidade na execução de habitações de interesse social (HIS). A metodologia foi a revisão de literatura, com consulta às bases de dados: Scopus, Web Science e Scielo; e as palavras-chaves: “light steel frame” e “habitação de interesse social”. O período selecionado foi de 2015 a 2020. Selecionou-se 75 artigos e após leitura dos resumos, restaram 19 que foram agrupados por temas: LSF, vantagens e desvantagens do sistema, diferentes aplicações, uso em HIS; sendo discutidas essas abordagens. O Light Steel Frame consiste em um consumo consciente de matérias primas, e redução no desperdício de materiais. A técnica se sobressai por um alto grau de racionalização e qualidade, e execução mais rápida em relação a outros sistemas. Estruturado a partir de perfis de aço galvanizado, pré-fabricados e comumente nomeados por montantes, o LSF torna a construção mais leve e reduz a necessidade de grandes fundações. De acordo com suas características analisadas, o LSF é um método passível de construção de caráter social, visando os benefícios ambientais, como a redução drástica no consumo de água e a minimização dos resíduos gerados. Este tipo de construção também chama atenção por seu custo benefício, adquirido ao longo dos anos, onde há pouca necessidade de manutenções. A racionalização da construção, além da utilização de materiais pré-fabricados tornam a construção menos suscetível a problemas no pós obra, aliando a rapidez e qualidade. Todavia a dificuldade na execução de edificações acima de cinco andares e a exigência por mão de obra qualificada tornam o sistema nacionalmente pouco popularizado. O modo racionalizado de construção, seguindo uma padronização, quando construído em série, pode reduzir o valor e o tempo da obra drasticamente. Desta forma a construção de várias unidades familiares, com rapidez e qualidade, podem suprir de melhor maneira a grande carência habitacional do país. A construção civil brasileira, bem como seus métodos e tecnologias, possuem características retroativas quando comparadas a outros países, e conforme ao grande déficit habitacional existente, a utilização de novas tecnologias que viabilizam a construção em série de moradias torna-se indispensável. Pretende-se desenvolver um Projeto de pesquisa em Iniciação Científica com enfoque no método construtivo em Light

Steel Frame (LSF), analisando e identificando as particularidades do sistema quando implantado na região sul do Brasil, e a sua viabilidade na construção de habitações de interesse social (HIS). Desta forma, a metodologia a ser utilizada será de revisão de literatura, com consulta às base de dados: Scopus, Web Science e Scielo. Foram utilizadas as palavras-chaves: “Light Steel Frame” e “habitação de interesse social”. O período selecionado foi de 2015 a 2020. Foram selecionados 75 artigos e após leitura dos resumos, foram excluídos aqueles que não articulavam os dois temas, restando 19. Os artigos foram então agrupados por temas: LSF, vantagens e desvantagens do sistema, diferentes aplicações, uso em HIS; sendo discutidas essas abordagens. O método construtivo em questão, se destaca por um consumo consciente de matérias primas, além de minimizar o desperdício de materiais. A técnica

Palavras-chave: Light Steel Frame, Habitação de Interesse Social, Aplicação

Referências Bibliográficas:

TEIXEIRA, Lucas Alves Silva; SIMPLICIO, Maria da Conceição Azevedo. A Modernização da Construção Civil Através do Uso do Steel Frame. Boletim do Gerenciamento, [S.l.], v. 2, n. 2, out. 2018. ISSN 2595-6531. Disponível em: . Acesso em: 19 set. 2020.

GUIMARÃES, Marcio Martins; COSTA, Viviane da Silva; GONÇALVES, José Roberto Moreira Ribeiro. VANTAGENS AMBIENTAIS DO SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING NO SEGMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL. Tec-Usu, Rio de Janeiro, p. 39-54, 2019. Semestral.

CHEMIN, Acylyno Luiz; FELIPE, Wellington Ricardo; GOULART, Chemin. APLICAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO STEEL FRAME. Technoeng, Parana, v. 7, p. 1-15, 2013. Semestral.

SEFIC, 14, 2018, Canoas- Rs. COMPARATIVO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NOS SISTEMAS LIGHT STEEL FRAME E ALVENARIA ESTRUTURAL. Canoas: Unisalle, 2018.

VIVAN, André Luiz. PROJETOS PARA PRODUÇÃO DE RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES EM LIGHT STEEL FRAMING. 2011. 226 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

NICOLETTI, Renato Silva; SANTOS, Daniel Messias dos; ROSSETO, Leonardo Lucas. ANÁLISE DO DESEMPENHO E DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING PARA CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIAS POPULARES. Revista Construindo, Belo Horizonte, v. 11, n. 1, p. 59-61, 2019.

CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS – PATORREB, 6, 2018, Rio de Janeiro. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM INOVAÇÕES

TÉCNOLÓGICAS DAS VEDAÇÕES VERTICAIS DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS. Rio de Janeiro: Indefinida, 2018.

DAMASCENO, Igor Augusto. ANÁLISE DO SISTEMA ESTRUTURAL LIGHT STEEL FRAME: VANTAGENS E DESVANTAGENS NA CONSTRUÇÃO CIVIL 1. 2019. 8 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Especialização em Mba em Gestão de Obras e Projetos, Unisul, Tubarão, 2019.

SANTOS, Bárbara Héllen; COSTA, Karolaine Bandeira da. COMPARATIVO DA TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO LIGHT STEEL FRAME DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR. 2018. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Cesmac, Maceió – Alagoas, 2018.

MOLIN, Brayan Heron de Castro Dall; MALANDRIN, Lucas Lima. COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS ALVENARIA CONVENCIONAL, LIGHT STEEL FRAME E WOOD FRAME PARA HABITAÇÃO POPULAR. 2017. 97 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

CRASTO, Renata Cristina Moraes de. ARQUITETURA E TECNOLOGIA EM SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS: LIGHT STEEL FRAMING. 2005. 255 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas, Ouro Preto, 2005.

ZUEHL, Michele Endres. ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE AÇO – LIGHT STEEL FRAME. 2019. 88 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Santa Cruz do Sul – Unisc, Santa Cruz do Sul, 2019.

REIS, Pablo Marcos Manoel dos. ANÁLISE DE CUSTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA HABITAÇÃO POPULAR COM AVALIAÇÃO DE DOIS SISTEMAS: estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação em bloco cerâmico e estrutura de light steel frame. 2018. 77 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas – Unis/mg, Varginha, 2018.

FARACO, Gabriel Just; ANTUNES, Prof. Elaine Guglielmi Pavei; WANDERLIND, Prof. Augusto. Análise do Comportamento Térmico Com Diferentes Preenchimentos no Sistema Construtivo Light Steel Frame. Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil Unesc, Criciúma, p. 1-18, 2018. Seestral.

ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUIDO, 13, 2010, Canela. VANTAGEM PRODUTIVA DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING: DA CONSTRUÇÃO ENXUTA À RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA. Canela: Indefinida, 2010. 11 p.

Capítulo 25 - DOI:10.55232/10830014.25

IMPORTÂNCIA DA SECAGEM POR ASPERSÃO (SPRAY DRYNG) PARA OBTENÇÃO DE EXTRATOS SECOS DE FITOTERÁPICOS NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Eduardo Rodrigues da Silva, Isadora Alves Lovo Ismail

As plantas medicinais são uma grande fonte de metabólitos primários e secundários que contém ações farmacológicas de interesse para a medicina moderna. Os fitoterápicos são medicamentos que têm como matéria-prima os vegetais, caracterizados pela sua eficácia e dos riscos de seu uso para combater diversas enfermidades de forma natural. Aproximadamente um terço dos fármacos mais vendidos no mundo são oriundos de produtos naturais e seus análogos. Alguns exemplos isolados de planta, microrganismos e animais podem ser citados, como o anti-colinesterástico sinvastatina; o agente anti-hipertensivo captopril; o imunossupressor ciclosporina A; o anticancerígeno docetaxel; e os antibióticos e antifúngicos penicilina, eritromicina, claritromicina e anfotericina, esses intitulados de fitofármacos. Já os extratos secos de fitoterápicos são chamados de fitocomplexos, onde se constitui mais de um metabólito que completa o medicamento para ação farmacológica pretendida (CALIXTO, 2019). Exemplificando, extratos secos de *Gingko biloba* L. têm ações farmacológicas contra vertigem; extrato secos de *Hypericum perforatum* L. com ação antidepressiva e extratos secos de *Baccharis trimera* L. com ações anti-hepatotóxica. Sabe-se que os fitoterápicos podem ser encontrados através de extratos secos em drágeas ou extratos secos para preparações extemporâneas de infusos, decoctos aquosos. A importância de se manter o fitoterápico na condição de extrato seco se dá com as inúmeras vantagens, como o impedimento de crescimento microbiano, fúngico e a deterioração dos princípios ativos. Destaca-se o processo de secagem por aspersão como uma das operações unitárias que são utilizadas para obtenção de extratos secos, onde o processo de secagem realizado pelo spray drying ocorrendo em três fases, a primeira o líquido é disperso como gotículas, segundo, ocorre o contato com uma corrente de ar aquecido onde ocorre o processo de transferência de calor e, por fim, a evaporação do solvente dentro do ciclone, formando assim partículas sólidas denominadas pelos farmacêuticos de extratos secos (PETROVICK, 2010). O objetivo deste trabalho é expor a importância da secagem por aspersão (spray drying) para obtenção de extratos secos de fitoterápicos na indústria farmacêutica. A metodologia aplicada a este trabalho está pautada na revisão de literatura, em que foram consultadas fundamentações teóricas através de livros, dissertações, teses e artigos científicos. A importância e detalhe da utilização do spray drying é a sua capacidade de gerar extratos secos com qualidades em operações contínuas, como baixa umidade, solubilidade, densidade e higroscopicidade (SOUZA & OLIVEIRA, 2007). O spray drying é um processo que ocorre rapidamente e em temperaturas inferiores a 100°C, o que é uma grande vantagem, fazendo assim a degradação do extrato ser muito menor, preservando seus princípios ativos de interesse farmacêutico (CORTÉS-ROJAS, D.F., et al. 2014). A rapidez e o rendimento se destacam pela evaporação em segundos, formando inúmeras

gotículas favorecendo a tensão superficial para trocas térmicas; sua baixa agressividade sobreleva a produtos termossensíveis, trazendo uma qualidade maior para produtos intermediários para fitoterápicos e essa operação unitária consegue manipular as variáveis do processo para se obter controle da uniformidade e do tamanho das partículas (PETROVICK, 2010). E por fim, outra supremacia do uso do spray drying é que esse processo de secagem das micropartículas por pulverização pode contribuir para a aceitabilidade dos produtos pelos consumidores por diminuir o gosto amargo e adstringência dos princípios ativos, principalmente envolvendo fitoterápicos que contém taninos onde a adstringência desses metabólitos é característico (OSTROSCHI et al.,2018). Portanto, o extrato seco é a forma mais adequada e a melhor alternativa para preservação dos princípios ativos dos medicamentos fitoterápicos e o processo de secagem por aspensão (spray drying) assegura um extrato seco com os padrões desejados ressaltando, também, grandes vantagens para a indústria farmacêutica, pois o processo é contínuo, rápido e traz bons rendimentos.

Palavras-chave: Fitoterápicos, Secadores, Operação unitária

Referências Bibliográficas:

CALIXTO, J. B. The role of natural products in modern drug discovery. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.91, supl. 3, 2019.

CORTÉS-ROJAS, D.F. et al. Assessment of stability of a spray dried extract from the medicinal plant *Bidens pilosa* L.. Journal of King Saud University – Engineering Sciences, v.28, p.141-146, 2016.

DEWICK, P. M. Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach. 3ª ed. Chichester:John Wiley & Sons, 2009.

MATTOS, G. et al. Plantas medicinais e fitoterápicos na Atenção Primária em Saúde: percepção dos profissionais. Ciênc. saúde colet., v. 23, 2018.

OSTROSCHI, L.V. et al. Production of spray-dried proanthocyanidin-rich cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) extract as a potential functional ingredient: Improvement of stability, sensory aspects and technological properties. Food Hydrocolloids, v. 79, p. 343-351, 2018.

PETROVICK, P.R. et al. Secagem por aspensão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. Brazilian Journal of Pharmacognosy, v.20, p. 641-650, 2010.

SIMÕES, C.M.O. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 5ª ed. Universidade Federal De Santa Catarina: Editora UFSC; 2003.

SOUZA, C.R.F.; OLIVEIRA, W.P. Powder Properties and System Behavior during Spray Drying of Bauhinia forficata Link Extract. *Drying Technology: An International Journal*, p. 735-749, 2006.

SOUZA, C.R.F.; OLIVEIRA, W.P. Drying of Herbal Extract in a Draft-Tube Spouted Bed. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, v.87, 2009.

Capítulo 26 - DOI:10.55232/10830014.26

**QUÍMICA E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA:
CONTRIBUIÇÕES DOS CONCEITOS QUÍMICOS PARA A
DEFRAGMENTAÇÃO DE MITOS POPULARES E
INFORMAÇÕES SEM FUNDAMENTO DURANTE A
PANDEMIA**

Danilo Rafael Silva Santos, Lidiane Dutra Brito

Em março de 2020, foi decretado pela OMS a pandemia mundial do novo coronavírus, o que acarretou na disseminação, em meios virtuais, de mitos populares e informações sem fundamento científico, provocando preocupações em relação à desinformação da população quanto a conceitos básicos da Química. Buscando justamente analisar essa situação, visto a importância do compartilhamento de informações corretas durante o período da pandemia, e a justificar a importância da Química na vida cotidiana, o presente trabalho pretende por objetivo reconhecer as contribuições da Química no combate a desinformação acerca de conceitos relativos à saúde diante da pandemia; e analisar a importância da alfabetização científica na formação escolar em proporcionar uma melhor apuração de fatos e notícias que envolvem diretamente conceitos Químicos. Para tanto, a análise de referenciais bibliográficos, se tornou importante como método, buscando efetivar as colocações apontadas, no sentido de reconhecer o papel da Química nesse momento, e como se torna importante destacar esse componente curricular como essencial para a formação crítica e social da população. A Química é, basicamente, uma ciência experimental, responsável pelo estudo da matéria, bem como, a sua transformação, sendo, em razão das suas aplicações diversas, frequentemente denominada como “ciência central”. Além dos trabalhos desenvolvidos nas salas de aula, em laboratórios, nos centros de pesquisa e nas indústrias, essa área do conhecimento vem atuando de forma direta em situações vividas pela população durante a pandemia. É preciso ressaltar que, infelizmente, propagou-se algumas informações falsas durante a pandemia, por exemplo sobre curas caseiras milagrosas para o covid-19 (totalmente sem base científica), questionando a eficiência do álcool em gel na higienização das mãos, até mesmo várias receitas de como fazer o produto em casa que se multiplicaram nas redes sociais. Porém, o álcool em gel caseiro não é eficaz na prevenção contra a covid-19 e pode ser perigoso se mal produzido. Esses e outros fatos, refletem a desinformação por parte da população comum, levando pessoas a acreditarem em conteúdos pseudocientíficos espalhados nas redes para semear mentiras, enganar e extorquir a população. São nessas situações, que muitas pessoas acabam descobrindo que o conhecimento Químico é algo importante na sociedade, e dessa forma, por exemplo, saber o mecanismo de atuação dos produtos de higienização na eliminação do vírus, incentivaria ainda mais as práticas corretas, fazendo as pessoas entenderem, por exemplo, que não é necessário o uso do álcool em gel demasiadamente, somente quando não tiver disponível água e sabão por perto. Fica evidente, diante desse quadro, a necessidade de uma atuação mais intensa no desenvolvimento da educação científica, para que as pessoas sejam capazes de observar a

ciência no seu dia-a-dia e aplicar os conhecimentos em resolver problemas que fazem parte do seu cotidiano. Ao fazer-se uma análise da sociedade, observamos que a falta de uma cultura científica, faz com que as pessoas rejeitem a Ciência, e acolham facilmente as fake news e a pseudociência. Devemos utilizar esses acontecimentos para ajudar não só no aprendizado da Química por trás da pandemia, mas também na valorização do conhecimento científico e de práticas educativas que propõem condições e métodos para desafiar os indivíduos a pensar, analisar e questionar de forma crítica a realidade que os cercam. Sendo assim percebe-se uma certa defasagem na educação escolar, principalmente no que se refere a alfabetizar cientificamente a população, sendo algo a se analisar, principalmente pelos profissionais da área, que precisam repensar como, no caso específico deste trabalho, a Química é fundamental e pode contribuir para uma sociedade com maior capacidade de compreender e desenvolver habilidades que lhe serão fundamentais no futuro, como nessa eventualidade de pandemia que assolou o mundo no ano de 2020.

Palavras-chave: Química, Alfabetização Científica, Educação

Referências Bibliográficas:

BRASIL, MEC, Base Nacional Comum Curricular - BNCC 2a. versão, abril de 2016. Disponível em: <http://historiadabncc.mec.gov.br/documentos/bncc-2versao.revista.pdf>. Acesso em: 08 set. 2022.

LUCA, Anelise Grünfeld de.. O Ensino de química e algumas considerações. Linhas, Florianópolis, v. 1, p. 09-19, 2001.

MAIA, J.O.; SILVA, A. F. A.; WARTHA, E. J. Um retrato do Ensino de Química nas escolas de Ilhéus e Itabuna. XV Encontro Nacional de Ensino de Química, 2008, Curitiba-PR. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0400-2.pdf>. Acesso em: 08 set. 2022.