

Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS

Scientia Tec

Volume 10, Número 1, Agosto 2023



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Sul

e-ISSN 2318-9584

ScientiaTec

**ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS,
Porto Alegre, v. 10, n. 1, ISSN 2318-9584**

10.35819/scientiatec.v10i1

Conselho Editorial

Editora-chefe:

Maria Cristina Caminha de Castilhos França

IFRS - Campus Porto Alegre

Evandro Manara Miletto

IFRS - Campus Porto Alegre

Filipe Xerxeneski da Silveira

IFRS - Campus Porto Alegre

Gabriela Fernanda Cé Luft

IFRS - Campus Porto Alegre

Lizandra Brasil Estabel

IFRS - Campus Porto Alegre

Magali Lippert da Silva

IFRS - Campus Porto Alegre

Telmo Francisco Manfron Ojeda

IFRS - Campus Porto Alegre

Conselho Científico

André Frazão Teixeira (UTAD, Portugal)

Andréa Poletto Souza (IFRS, Brasil)

Carlos Roberto dos Anjos Candeiro (UFG, Brasil)

Clarice Monteiro Escott (IFRS, Brasil)

Diogo Onofre de Souza (UFRGS, Brasil)

Fernanda Valli Nummer (UFPA, Brasil)

Franclin Costa do Nascimento (IFB, Brasil)

Julie Thomas (UJM, França)

Júlio Xandro Heck (IFRS, Brasil)

Leandro Lesqueves Costalonga (UFES, Brasil)

Leonardo Xavier da Silva (UFRGS, Brasil)

Luciana Calabro Berti (UFRGS, Brasil)

Lucília Regina de Souza Machado (IFRS, Brasil)

Maria do Rocio Fontoura Teixeira (UFRGS, Brasil)

Maria Helena Paiva Henriques (UC, Portugal)

Valdir José Morigi (UFRGS, Brasil)

Editoração eletrônica

Maria Cristina Caminha de Castilhos França

Bruno Lentz - Bolsista Proppi (IFRS)

Avaliadores ad hoc

Aavid Almeida

Alessio Gava

Alexandre da Silva Adão

Alexandre Luís Gasparin

Alvaro Pereira

André Luiz da Motta Silva

Andréa Pereira Silveira

Antônio Nunes de Oliveira Vieira

Armando Traini Ferreira

Brehme D'napoli Reis de Mesquita

Cintia Raulino

Cristine Roberta Piassetta Xavier

Daniel Silva Rodrigues

Darlene Ana de Paula Vieira

Deyla Paula de Oliveira

Diego Ravarotto da Costa

Elisabete Costa da Silva

Emanoela Moreira Maciel

Evandro Manara Miletto

Fernanda Nummer

Gabriela Pereira Souza

Gradisca de Oliveira Werneck de Capistrano

Inaiara Leite Rodrigues

Janine Farias Menegaes

Joseane Jiménez Rojas

Juliano Batista dos Santos

Lauro Chagas e Sá

Lizandra Brasil Estabel

Lucilia Machado

Luís Pedro de Melo Plese

Marcela Paolis

Marcia Valeria Paixao

Marcos Irondes Coelho de Oliveira

Ricardo Allan de Carvalho Rodrigues

Rodrigo Luis dos Santos

Rodrigo Sychocki da Silva

Sérgio Mittmann dos Santos

Ursulina Ataíde Alves

Viviane Cristina de Mattos Battistello

Projeto mecânico de um equipamento portátil para ensaio de fadiga por flexão rotativa

10.35819/scientiatec.v10i1.6072

Jonathan Maciel Ziehlsdorff¹
Eduardo Cardoso Castaldo²
Cassiano Rodrigues Moura³

Resumo: O estudo da fadiga é realizado de forma teórica e prática através de ensaios em equipamentos específicos. Estes equipamentos não são encontrados facilmente disponíveis no mercado, o que gera um alto custo de aquisição. Diante disso este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento do projeto mecânico de um equipamento didático para ensaio de fadiga por flexão em barras simétricas rotativas. A metodologia aplicada neste trabalho caracteriza-se por meio de pesquisa tecnológica, que busca a geração de novos produtos. A fase de desenvolvimento inicia-se com o Projeto Informacional onde é realizada uma pesquisa sobre o mercado e os clientes potenciais para o equipamento, nesta fase as informações são estruturadas com auxílio da matriz QFD. Na sequência é desenvolvido o Projeto Conceitual onde a visão do mercado é transformada em um conceito tecnologicamente atrativo. Por fim é realizado o projeto Detalhado onde são realizados os cálculos referentes às questões técnicas de funcionamento do equipamento, bem como são apresentados os resultados do produto e suas principais características e componentes. Dentre os principais resultados são apresentados o layout do equipamento para a opção de projeto selecionada e o detalhamento técnico, envolvendo cálculos relacionados as variáveis mecânicas e a lista de componentes do produto.

Palavras-Chaves: Ensaio de fadiga; Equipamento; Projeto de produto; Engenharia de produto.

Abstract: The study of fatigue is carried out theoretically and practically through tests on specific equipment. These equipments are not easily available on the market, which generates a high acquisition cost. Therefore, this work aims to develop the mechanical design of a didactic equipment for bending fatigue testing in rotating symmetrical bars. The methodology applied in this work is characterized by means of technological research, which seeks to generate new products. The development phase begins with the Informational Project where a survey is carried out on the market and potential customers for the equipment, in this phase the information is structured with the help of the QFD matrix. Next, the Conceptual Project is developed, where the market vision is transformed into a technologically attractive concept. Finally, the Detailed project is carried out, where calculations are carried out regarding the technical issues of equipment operation, as well as the results of the product and its main characteristics and components are presented. Among the main results are presented the layout of the equipment for the selected design option and the technical detailing, involving calculations related to mechanical variables and the list of product components.

Keywords: Fatigue testing; Equipment; Product design; Product engineering.

¹ Estudante do IFSC, E-mail: jonymz@gmail.com

² Professor do IFSC, E-mail: eduardo.castaldo@ifsc.edu.br

³ Professor do IFSC, E-mail: cassianocrm@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O mercado industrial se apresenta cada vez mais exigente no que diz respeito à qualidade de materiais e serviços. Para permanecerem competitivas nesse contexto, as indústrias costumam testar seus materiais para que não haja um equívoco por parte da engenharia, ou até mesmo um déficit de qualidade no material comprado para sua produção. Esses testes são efetuados em laboratório da própria empresa, quando disponível, ou é terceirizado para um laboratório especializado fornecer esses dados à indústria.

Entre as alternativas de testes a serem efetuados está o ensaio de fadiga por flexão rotativa alternada simétrica, que consiste em um eixo submetido a esforços de flexão, os quais resultam em tensões de tração e compressão aplicadas simultaneamente à rotação no mesmo. Este teste é importante para determinar a vida de fadiga que determinado material terá quando submetido a uma carga de valor conhecido. Torna-se possível simular e comparar situações nas quais os eixos são expostos cotidianamente, trazendo mais confiabilidade ao produto. Segundo Collins (2006) as cargas repetitivas, variáveis e as cargas rapidamente aplicadas são muito mais comuns do que as cargas estáticas nas diversas práticas da engenharia atual. Além disso, alguns componentes de máquinas presentes em projetos de engenharia estão sujeitos a cargas variáveis ou cíclicas que aliada à fadiga do material podem gerar a sua fratura.

Segundo Juvinal e Marshek (2008) a fratura por fadiga se inicia, com uma trinca geralmente microscópica, em uma área crítica que recebe uma alta tensão local. Isso quase sempre ocorre quando existe um concentrador de tensões geométrico. Da mesma forma que ocorre com as demais propriedades mecânicas dos materiais, as características de fadiga podem ser obtidas por meio de ensaios de laboratório. Um dispositivo de ensaios deve ser projetado de forma que se consiga reproduzir no corpo de prova, as condições de serviço como nível de tensão, frequência no tempo e padrão de tensões (CALLISTER JUNIOR; RETHWISCH, 2012).

Alguns ensaios de fadiga são amplamente utilizados para determinar essas propriedades; são eles: por flexão em eixos rotativos; ensaio sob força normal (carregamento bidimensional alternado); eixo em balanço sob flexão alternada e

ensaio de torção alternada. O tipo de ensaio escolhido depende do tipo de sollicitação desejada (NORTON, 2013).

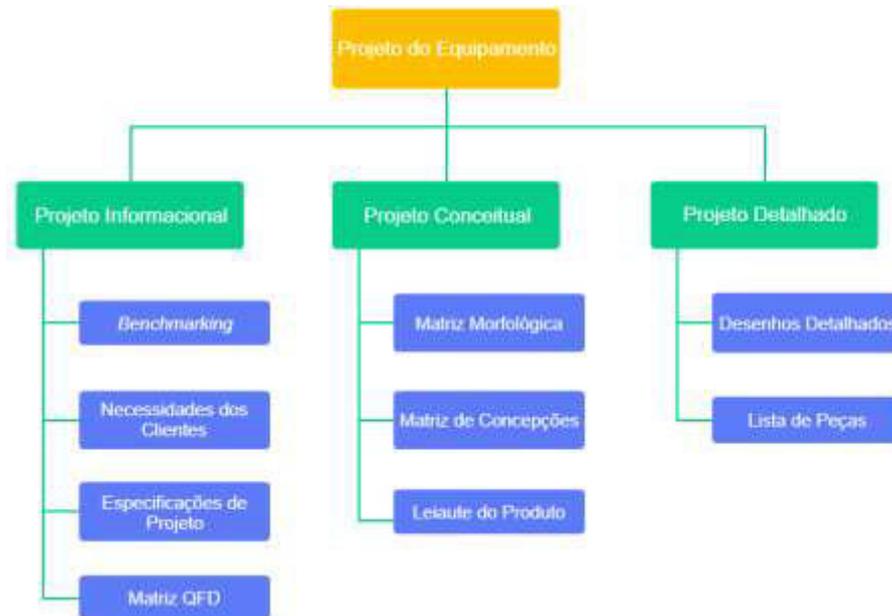
O fenômeno da fadiga por flexão alternada em barras rotativas, por vezes, não é bem compreendido por estudantes da área de engenharia e tecnologia mecânica devido à dificuldade em visualizar corretamente como surgem e atuam os esforços mecânicos causadores das falhas em componentes de máquinas, o que leva a total ou parcial incompreensão dos fenômenos físicos atuantes. Devido à baixa concorrência no mercado de empresas que desenvolvem e comercializa este tipo de equipamento, seu custo de aquisição por muitas vezes se torna inviável.

Diante disso o objetivo deste trabalho foi desenvolver um equipamento capaz de realizar ensaios de fadiga por flexão rotativa utilizando corpos de prova normatizados, a fim de obter um projeto de produto de baixo custo e fácil fabricação.

METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho caracteriza-se por meio de pesquisa tecnológica (CUPANI, 2011), que busca a geração de novos produtos. Em termos de objetivos ela pode ser classificada como pesquisa exploratória, pois visa compreender o problema atual para depois propor uma solução.

O procedimento metodológico do trabalho está dividido em três etapas conforme mostradas na Figura 1 que expressa uma reorganização de algumas fases do Processo de Desenvolvimento de Produto encontradas na literatura (BACK et al., 2008; ROZENFELD et al., 2006).

Figura 1: Fluxo metodológico adotado neste trabalho.

Fonte: Rozenfeld *et al*, 2006.

Na etapa inicial de Projeto Informacional é realizada uma pesquisa de Benchmarking para buscar informações sobre os produtos que são encontrados no mercado e estão disponíveis para comercialização. Na sequência as Necessidades dos clientes são clarificadas através de uma Matriz QFD (*Quality Function Deployment*), Akao (1990). Ao final do Projeto Informacional serão determinadas as especificações metas do produto.

A próxima etapa é o Projeto conceitual, onde será transformada a visão de mercado, obtida da fase do projeto informacional, em um conceito tecnologicamente atrativo para os usuários, nesta fase será desenvolvida uma Matriz Morfológica para auxiliar na busca por soluções para o Layout do projeto.

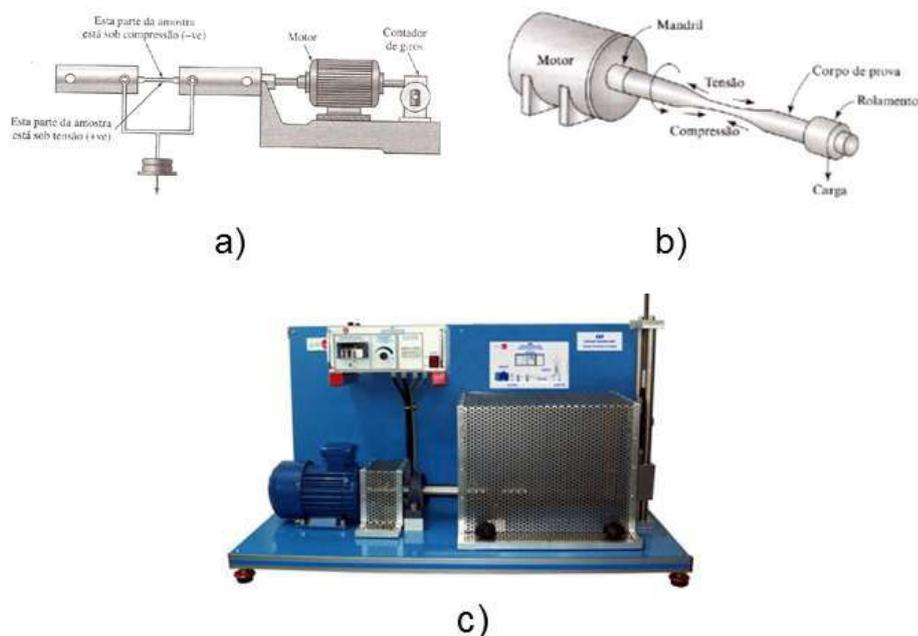
Por fim é desenvolvido o Projeto detalhado onde é apresentado o conceito do produto final, bem como seus componentes e cálculos referentes a questões técnicas do ensaio de fadiga realizado pelo equipamento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Projeto Informacional Benchmarking

Os equipamentos encontrados no mercado possuem configurações diferentes conforme é apresentado na Figura 2, onde se pode observar o equipamento de ensaio de fadiga por flexão rotativa em barras cilíndricas concebido por R. R. Moore (Figura 2 a) que compreende um motor elétrico responsável por prover o giro do corpo de prova, quatro mancalizações ao todo sendo duas delas fixas em uma base e outras duas acopladas a um suporte, onde se apoiarão os pesos que irão conferir as tensões de flexão na barra ensaiada.

Figura 2: Configuração dos equipamentos de ensaio por fadiga.



Fonte: Adaptado de Smith e Hashemi (2012); Askeland e Wright, 2015.

Na Figura 2 (b) é possível observar o equipamento que Askeland e Wright (2015) apresentam em sua literatura. Sua concepção é de um equipamento que tem como princípio a aplicação da solicitação na extremidade do corpo de prova e não no centro do mesmo, como observado na concepção anterior de R. R. Moore. Observa-se também que este se apresenta de forma construtiva mais simplificada, porém sem perder suas principais características de funcionalidade. Já o

equipamento comercializado pela empresa Edibon Equipamentos Técnico-Didáticos (Figura 2 c) mostra um conceito semelhante ao apresentado anteriormente por Askeland e Wright (2015), aplicando a carga na extremidade do corpo de prova. Neste equipamento percebe-se a presença de um sistema de controle eletrônico, que inclui contador de voltas e verificação do nível de carregamento na peça por meio de uma célula de carga.

Na Tabela 1 é apresentada uma análise comparativa das três concepções apresentadas acima, em termos de Atendimento (A) ou Não Atendimento (NA) às questões relacionadas às necessidades dos clientes.

Tabela 1: Dados comparativos das concepções apresentadas.

Necessidades dos Clientes	Equipamentos		
	R.R. Moore	Askeland	Edibon
Desligamento automático	A	N/D	A
Reprodutibilidade e Repetibilidade	A	A	A
Versátil (didático ou pesquisa)	A	A	A
Robusta	A	N/D	A
Fácil ajuste de carga (0 a máx.)	N/A	N/D	A
Capaz de testar corpos de prova diferentes e de diâmetros diferentes	N/D	A	N/D
Fácil Operação	A/R	A	A/R
Segura	N/D	N/D	A/R
Baixo Custo de Fabricação	N/A	A	N/A
Deve ser portátil	N/A	A	A
Bivolt	N/D	N/D	N/D

Legenda:

A = Atende

N/A = Não Atende

A/R = Atende com Restrições

N/D = Não Disponível

Fonte: Autores, 2022.

Necessidades dos consumidores

Nesta etapa foi realizado um aprofundamento na caracterização da qualidade esperada do produto tendo por base as necessidades dos consumidores. Tais necessidades foram obtidas junto a técnicos especialistas em ensaios e professores da área de mecânica bem como com a análise de outros projetos de máquinas similares observadas no Benchmarking.

Projeto mecânico de um equipamento portátil para ensaio de fadiga por flexão rotativa

Esses dados foram compilados e clarificados com auxílio da matriz QFD (Desdobramento da Função Qualidade) conforme mostrada na Figura 3, onde se pode observar a primeira Casa da Qualidade e suas correlações.

Figura 3: Matriz QFD desenvolvida para o projeto.

		<table border="1"> <tr> <td>Peso máx. 20kg</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Sistema monofásico</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Robustez do conjunto</td><td>--</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Proteções mecânicas</td><td>--</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Custo máximo de R\$1500,00</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Fixação do corpo de prova</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Desligamento automático</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Regulagem a carga aplicada</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Controle de velocidade</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Isento de manutenção</td><td></td><td></td><td>++</td><td></td><td>-</td><td></td><td>-</td><td></td><td>-</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Facilidade de operação</td><td></td><td></td><td>-</td><td></td><td>++</td><td>++</td><td>++</td><td>++</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Nível de vibração</td><td>--</td><td></td><td>++</td><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Direcionador de melhoria >>>></td><td><<</td><td>0</td><td>>></td><td>>></td><td><<</td><td>>></td><td>>></td><td>>></td><td>>></td><td>>></td><td>>></td><td><<</td></tr> </table>											Peso máx. 20kg													Sistema monofásico													Robustez do conjunto	--												Proteções mecânicas	--												Custo máximo de R\$1500,00	-	-	-										Fixação do corpo de prova					-								Desligamento automático					-								Regulagem a carga aplicada					-								Controle de velocidade					-								Isento de manutenção			++		-		-		-				Facilidade de operação			-		++	++	++	++					Nível de vibração	--		++	-									Direcionador de melhoria >>>>	<<	0	>>	>>	<<	>>	>>	>>	>>	>>	>>	<<	<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Correlação entre requisitos de cliente e de produto</th> </tr> <tr> <td>9</td><td>⊙</td><td>Forte</td> </tr> <tr> <td>3</td><td>○</td><td>Moderado</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>△</td><td>Fraco</td> </tr> <tr> <th colspan="3">Correlação</th> </tr> <tr> <td>++</td><td></td><td>Posit. Forte</td> </tr> <tr> <td>+</td><td></td><td>Posit. Fraco</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td>Inexistente</td> </tr> <tr> <td>-</td><td></td><td>Neg. Fraca</td> </tr> <tr> <td>--</td><td></td><td>Neg. Forte</td> </tr> </table>				Correlação entre requisitos de cliente e de produto			9	⊙	Forte	3	○	Moderado	1	△	Fraco	Correlação			++		Posit. Forte	+		Posit. Fraco			Inexistente	-		Neg. Fraca	--		Neg. Forte
Peso máx. 20kg																																																																																																																																																																																																																							
Sistema monofásico																																																																																																																																																																																																																							
Robustez do conjunto	--																																																																																																																																																																																																																						
Proteções mecânicas	--																																																																																																																																																																																																																						
Custo máximo de R\$1500,00	-	-	-																																																																																																																																																																																																																				
Fixação do corpo de prova					-																																																																																																																																																																																																																		
Desligamento automático					-																																																																																																																																																																																																																		
Regulagem a carga aplicada					-																																																																																																																																																																																																																		
Controle de velocidade					-																																																																																																																																																																																																																		
Isento de manutenção			++		-		-		-																																																																																																																																																																																																														
Facilidade de operação			-		++	++	++	++																																																																																																																																																																																																															
Nível de vibração	--		++	-																																																																																																																																																																																																																			
Direcionador de melhoria >>>>	<<	0	>>	>>	<<	>>	>>	>>	>>	>>	>>	<<																																																																																																																																																																																																											
Correlação entre requisitos de cliente e de produto																																																																																																																																																																																																																							
9	⊙	Forte																																																																																																																																																																																																																					
3	○	Moderado																																																																																																																																																																																																																					
1	△	Fraco																																																																																																																																																																																																																					
Correlação																																																																																																																																																																																																																							
++		Posit. Forte																																																																																																																																																																																																																					
+		Posit. Fraco																																																																																																																																																																																																																					
		Inexistente																																																																																																																																																																																																																					
-		Neg. Fraca																																																																																																																																																																																																																					
--		Neg. Forte																																																																																																																																																																																																																					
		Peso máx. 20kg	Sistema monofásico	Robustez do conjunto	Proteções mecânicas	Custo máximo de R\$1500,00	Fixação do corpo de prova	Desligamento automático	Regulagem a carga aplicada	Controle de velocidade	Isento de manutenção	Facilidade de operação	Nível de vibração	Plano	Índice de melhoria	Argumento de vendas	Peso absoluto	Peso relativo																																																																																																																																																																																																					
RC: Requisitos do Cliente	Desligamento automático	△	1	○	3	△	1	△	1	○	3	△	1	1	1	1	10	14																																																																																																																																																																																																					
	Reprodutibilidade e Repetibilidade	△	1	△	1	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	1	1	10	14																																																																																																																																																																																																				
	Versátil (didático ou pesquisa)	△	1	1	1	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	1	1	9	12																																																																																																																																																																																																				
	Robusta	○	3	△	1	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	1	1	9	12																																																																																																																																																																																																				
	Facil ajuste de carga (0 a max)	△	1	△	1	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	1	1	9	12																																																																																																																																																																																																				
	Uso em corpos de prova diferentes	△	1	△	1	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	1	1	8	11																																																																																																																																																																																																				
	Facil Operação	△	1	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	1	1	7	9,6																																																																																																																																																																																																				
	Segura	○	3	△	1	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	1	1	5	6,8																																																																																																																																																																																																				
	Baixo Custo de Fabricação	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	1	1	3	4,1																																																																																																																																																																																																				
	Deve ser portátil	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	○	3	1	1	2	2,7																																																																																																																																																																																																				
Bivolt	△	1	○	3	△	1	○	3	△	1	○	3	△	1	1	1	1	1,4																																																																																																																																																																																																					
Grau de importância (RP)		308,2	187,7	647,9	491,8	434,2	437,0	582,2	593,2	606,8	346,6	768,5	442,5				73	100																																																																																																																																																																																																					
Percentual		5,3	3,2	11,1	8,4	7,4	7,5	10,0	10,1	10,4	5,9	13,1	7,6																																																																																																																																																																																																										
Classificação		11	12	2	6	9	8	5	4	3	10	1	7																																																																																																																																																																																																										

Fonte: Autores, 2022.

Esta matriz de QFD possibilitou a conversão das necessidades em requisitos de projeto, bem como auxiliou sistematicamente na comunicação entre as informações relacionadas com a qualidade e os requisitos de projeto, explicando de maneira ordenada as atividades para se obter a qualidade esperada pelos clientes.

É importante ressaltar que será utilizada somente a 1ª Matriz do QFD, conhecida como Casa da Qualidade, não sendo realizados os desdobramentos das demais.

Os principais resultados da Matriz QFD são os pontos que mais exercem influência na decisão final do cliente, ou seja, são as especificações de projeto que tem maior ligação com suas necessidades. Estas especificações devem ser priorizadas na concepção do projeto a fim de assegurar a satisfação dos clientes. Dessa forma, pode-se observar que os pontos a serem priorizados são: Facilidade de operação; Robustez do conjunto; Controle de velocidade do motor; Facilidade de regular a carga aplicada e desligamento automático. No telhado da Matriz QFD, foram realizadas as interações entre as especificações de projeto, a fim de verificar o impacto que pode ser causado entre elas dentro do projeto. A facilidade de operação foi o aspecto que mais teve interações positivas, enquanto o custo de fabricação sofreu o maior impacto negativo. Isso representa que, para atender algumas especificações de projeto mais prioritárias, sacrificaria o quesito custo de fabricação (Ver Figura 3).

Especificações de projeto do produto

No que diz respeito aos aspectos mecânicos, os principais estão ligados ao tamanho adequado para a aplicação, sendo que neste âmbito está inclusa a portabilidade e robustez a fim de garantir resultados fidedignos e permitir facilmente transporte do equipamento; para isso, busca-se obter um peso máximo final de 20 kg. Com relação à alimentação elétrica, o sistema mais comumente encontrado é o monofásico. O sistema trifásico está presente nas indústrias e instituições de ensino, porém em menor quantidade de tomadas disponíveis. Portanto, a alimentação monofásica tornaria o equipamento mais versátil, podendo ser alimentado na grande maioria das tomadas convencionais.

A segurança também é um aspecto de suma importância, portanto, o equipamento deverá possuir anteparos e proteções nas partes móveis e girantes, a fim de garantir a integridade física do operador. Além disso, o equipamento deverá desligar no momento da ruptura do corpo de prova, para que a zona fraturada não seja danificada, e também, como já citado, para segurança do operador.

Evidentemente o projeto de um equipamento deve visar à facilidade de preparação e operação do mesmo. Desta forma, algumas de suas funções deverão

ser estudadas com cautela, como: fixação do corpo de prova, método de regulagem da carga e método de controle de velocidade do motor. A Tabela 2 apresenta uma compilação dos Requisitos de projeto levantados para o equipamento.

Tabela 2: Especificações de projeto.

Requisitos	Unid.	Objetivos	Sensor	Saídas Indesejáveis
Massa	kg	20	Balança	Peso muito superior a 20 kg
Alimentação	V	220 V monofásico		Sistema trifásico
Proteção	%	100% das partes girantes	Visual	Proteção muito inferior a 100% das partes girantes
Desligamento		Momento da ruptura	Visual	Não desligar o equipamento no momento da ruptura do corpo de prova
Preparação e Operação		Facilidade de Preparação e Operação		Ser difícil de preparar e operar

Fonte: Autores, 2022.

sendo que neste âmbito está inclusa a portabilidade e robustez a fim de garantir resultados fidedignos e permitir facilmente o transporte do equipamento; para isso, busca-se obter um peso máximo final de 20 kg. Com relação à alimentação elétrica, o sistema mais comumente encontrado é o monofásico.

O sistema trifásico está presente nas indústrias e instituições de ensino, porém em menor quantidade de tomadas disponíveis. Portanto, a alimentação monofásica tornaria o equipamento mais versátil, podendo ser alimentado na grande maioria das tomadas convencionais.

A segurança também é um aspecto de suma importância, portanto, o equipamento deverá possuir anteparos e proteções nas partes móveis e girantes, a fim de garantir a integridade física do operador. Além disso, o equipamento deverá desligar no momento da ruptura do corpo de prova, para que a zona fraturada não seja danificada, e também, como já citado, para segurança do operador.

Evidentemente o projeto de um equipamento deve visar à facilidade de preparação e operação do mesmo. Desta forma, algumas de suas funções deverão ser estudadas com cautela, como: fixação do corpo de prova, método de regulagem da carga e método de controle de velocidade do motor.

Projeto Conceitual

Após o levantamento realizado no projeto informacional, parte-se para o projeto conceitual, que consiste na geração de soluções alternativas que atendam às especificações definidas. O principal objetivo desta etapa é comparar possíveis soluções para um mesmo problema e, ao longo desse processo, definir a melhor e mais inovadora combinação de soluções para o produto.

Nesta etapa optou-se por utilizar um método sistemático de geração de concepções baseado em uma ferramenta chamada de “Matriz Morfológica”, conforme ilustrado na Tabela 3, onde se pode observar uma visão parcial desta ferramenta. Esse método consiste em uma pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos ou parâmetros, com o objetivo de encontrar novas soluções para o problema.

Com essa matriz é possível analisar e buscar concepções alternativas para o problema global. A matriz morfológica servirá de ponto de partida para o desenvolvimento de soluções de problemas individuais visando resolver o problema global, surgindo assim, as concepções do produto.

Tabela 3: Matriz Morfológica (parcial).

Alimentação	Alimentação do corpo de prova				
Fixação	Fixação dos componentes na base				
	Fixação do corpo de prova				
	Fixação da carga no corpo de prova				
	Mancalização das partes girantes				
Acionamento	Liga/Desliga				
Controle	Controle de carga aplicada				
	Controle de velocidade do motor				
	Controle do número de revoluções				
	Controle do desligamento				
Proteção	Proteção elétrica				
	Proteção mecânica				

Fonte: Autores, 2022.

Através da combinação dessas possibilidades de solução podem-se obter alternativas para a concepção do projeto. Foram desenvolvidas 2 possíveis compilações, que foram definidas buscando-se as melhores soluções que possam atender as necessidades do projeto, conforme apresentado na Tabela 4.

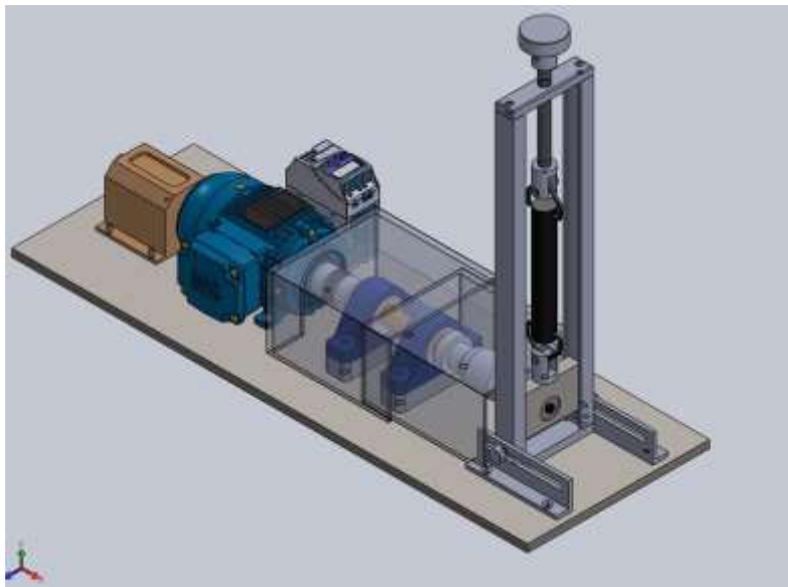
Após análise dessas concepções, optou-se pela alternativa A, uma vez que essa concepção apresenta uma funcionalidade satisfatória para o atendimento dos requisitos de projeto, aliado a um menor custo de fabricação, bem como simplicidade, robustez e confiabilidade que também são observados nessa concepção.

Tabela 4: Matriz de concepções.

		Alternativa A	Alternativa B
Alimentação	Alimentação do corpo de prova		
Fixação	Fixação dos componentes na base		
	Fixação do corpo de prova		
	Fixação da carga no corpo de prova		
	Mancalização das partes girantes		
Acionamento	Liga/Desliga		
Controle	Controle de carga aplicada		
	Controle de velocidade do motor		
	Controle do número de revoluções		
	Controle do desligamento		
Proteção	Proteção elétrica		
	Proteção mecânica		

Fonte: Autores, 2022.

Figura 4: Leiaute da máquina conforme concepção escolhida.

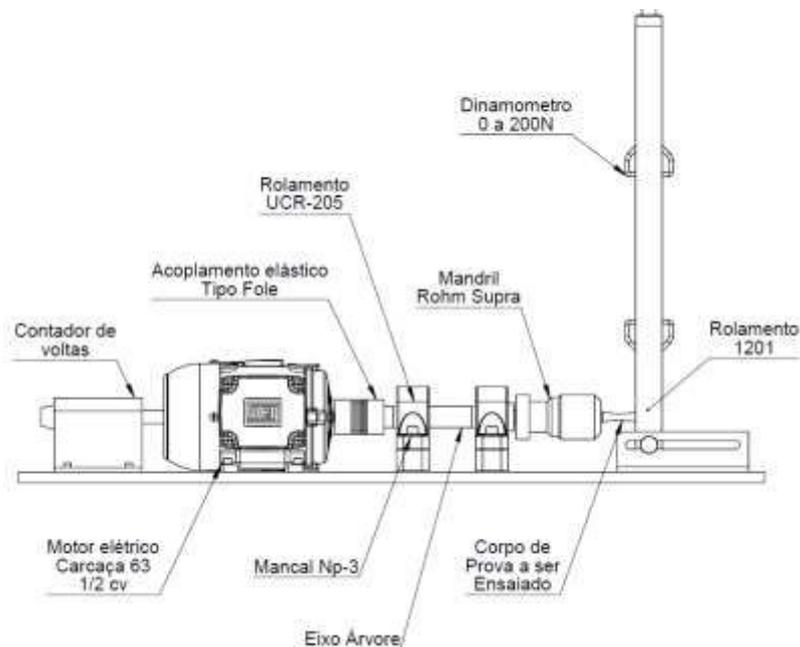


Fonte: Autores, 2022.

A próxima etapa desta fase consiste no desenvolvimento do Layout do produto que foi realizado através de modelagem em 3D com auxílio do software *SolidWorks®*, que se trata de uma ferramenta de Desenho Assistido por Computador, com isso pode-se gerar o conceito do produto conforme apresentado na Figura 4.

Projeto detalhado

Esta fase do projeto, foi realizada com base em alguns pontos da metodologia de Back et al. (2008) por se tratar de um projeto sem a realização montagem física do equipamento. O autor sugere a fabricação de um protótipo, avaliação e validação deste, o que não é o objetivo do presente trabalho. O objetivo do projeto do equipamento é suprir o maior número possível de necessidades dos clientes, utilizando para isso os requisitos de projeto. A Figura 5 apresenta os componentes principais do equipamento, sendo que alguns destes são detalhados a seguir.

Figura 5: Componentes principais do equipamento.

Fonte: Autores, 2022.

O eixo árvore do equipamento foi dimensionado de acordo com a norma ASME B106.1M-1985 apresentada por Norton (2013). Primeiramente encontrou-se a maior tensão de flexão atuante no eixo. Esse ponto está localizado no centro do mancal dianteiro a uma distância de 179 mm do ponto de aplicação da carga. Os cálculos relacionados às questões técnicas foram desenvolvidos através das equações apresentadas na Tabela 5, conforme descrito por Norton (2013).

Tabela 5: Cálculos relacionados às questões técnicas.

Variável	Equação	Resultado
Momento Fletor Máximo	$MF = F \cdot d$	$MF = 35800 \text{ N} \cdot \text{mm}$
Momento Fletor no Ponto Crítico	$MF = F \cdot d$	$MF = 30800 \text{ N} \cdot \text{mm}$
Diâmetro estimado do eixo	$d \cong \sqrt[3]{\frac{32 \cdot Mf}{\pi \cdot \tau_{adm}}}$	$d \cong 7,82 \text{ mm}$
Fator de segurança	(Nf)	$Nf = 2,5$
Fator de sensibilidade ao entalhe	(q)	$q = 0,88$
Fator geométrico de concentração de tensão	$Kt = A \cdot \left(\frac{r}{d}\right)^b$	$Kt = 2,12$
Fator de concentração de tensão por fadiga	$Kf = 1 + q \cdot (Kt - 1)$	$Kf = 1,99$
Limite de resistência à fadiga	$Sn' = 0,5 \cdot S_{ur}$	$Sn' = 886 \text{ MPa}$
Fator de carga	(CL)	$CL = 1$
Fator de tamanho ou gradiente	$CG = 0,896 \cdot d^{-0,097}$	$CG = 0,97$
Fator de Superfície	(CS)	$Cs = 0,52$
Fator de resistência à fadiga corrigido	$Sn = Sn' \cdot CL \cdot CG \cdot CS$	$Sn = 446,9 \text{ MPa}$
Torque do motor	$MT = \frac{30000 \cdot 368}{\pi \cdot 1720}$	$MT = 2043,1 \text{ N} \cdot \text{mm}$
Tensão de escoamento	(Sy)	$Sy = 1641 \text{ MPa}$
Cálculo do diâmetro do eixo	$d = \left\{ \frac{32 \cdot Nf}{\pi} \cdot \left[\left(Kf \cdot \frac{Ma}{Sn} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot d \left(\frac{Tm}{Sy} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$	$15,17 \text{ mm}$

Fonte: Autores, 2022.

O conjunto de acionamento do equipamento é composto por um motor de ½ cv de carcaça fundida. A potência é baixa pelo fato de o sistema exigir baixo torque, uma vez que não haverá carga de torque durante o processo, somente cargas de flexão. Essa carcaça se justifica pelo fato de ser a menor carcaça fundida encontrada comercialmente. Ela tem por característica física principal e crucial ao desenvolvimento do projeto, a distância de 63 mm entre o pé e o centro do eixo do mesmo.

A lista preliminar de componentes manufaturados e dos componentes comercialmente disponíveis pode ser observada na Tabela 6. O desenho do

conjunto completo, com a lista de componentes, e os detalhamentos de cada uma das peças que o compõem, encontram-se no Apêndice A.

Tabela 6: Lista de componentes.

Itens manufaturados		Itens comerciais	
Item	Qtd.	Item	Qtd.
Base	1	Motor elétrico 63 ½ cv	1
Corpo de prova	1	Mancal NP-3	2
Mancal dianteiro	1	Rolamento UCR-205	2
Guias frontais	2	Rolamento 1201	1
Eixo árvore	1	Mandril Rohm Supra 136	1
Topo frontal	1	Dinamômetro 0-200N	1
Fuso de regulagem	1	Parafuso M6x25	3
Adaptador superior	1	Parafuso M5x25	4
Adaptador inferior	1	Inversor de Frequência CFW100	1
Manípulo	1	Arruela lisa M6	4
Base Inferior	1	Parafuso M6x20	4
Cantoneira de regulagem	2	Parafuso M6x15 cab. Esc.	4
Proteção	1	Parafuso M8x25	1
Pino do dinamômetro	2	Anel de retenção RS8	2
Parafusos fixação das hastes	2	Pino guia 6x30	1
Arruela da ponta do fuso	1	Contador de voltas analógico	1
Calço dos mancais	2	Parafuso M5x10	4
Proteção dianteira	1	Acoplamento Fole	1

Fonte: Autores, 2022.

CONCLUSÕES

No que diz respeito ao projeto desenvolvido, este atingiu seu objetivo proposto com relação às especificações de projeto, uma vez que o produto apresentado é relativamente portátil, com baixo custo de fabricação em relação a alternativa B, além de alta rigidez mecânica e baixa complexidade técnica, aliado a bons níveis de segurança, versatilidade e facilidade de operação.

Devido a não fabricação do protótipo do equipamento não foi comprovada a eficácia da máquina, como sugestão para trabalhos futuros pode-se realizar uma

análise via simulação computacional para a verificação das funcionalidades. Porém acredita-se, baseado nos cálculos e na análise técnica do projeto, ser um equipamento eficaz e confiável para sua aplicação didática. O projeto é constituído por todos os elementos mecânicos necessários ao funcionamento do equipamento. Alguns controles, exclusivamente elétricos, não foram englobados no projeto da máquina, porém foram escolhidos os principais elementos norteadores que a equipe de projeto utilizaria.

Com relação às ferramentas de projeto, foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho e serviram para nortear muitas das decisões necessárias durante a fase de desenvolvimento do produto final.

A ferramenta de Desdobramento da Função da Qualidade (QFD) foi fundamental para a tomada de decisões quando da determinação dos itens a serem priorizados no projeto. Um software de modelagem em três dimensões foi crucial para que o projeto pudesse ser realizado com mais clareza e agilidade. Dele foram extraídos os desenhos finais das peças que englobam o equipamento, com todas as dimensões e tolerâncias dimensionais necessárias para sua confecção e montagem.

REFERÊNCIAS

AKAO, Y. **Quality function deployment**: integrating customer requirements into product design. Cambridge: Productivity. 1990.

ASKELAND, D. R.; WRIGHT, W. J. **Ciência e engenharia dos materiais**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

ASME B106.1M-1985 - **Design of Transmission Shafting**, The American Society of Mechanical Engineers, United Engineering Center, Copyright 1975, USA.

BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos**: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole Ltda., 2008.

CALLISTER J.; William D.; RETHWISCH, D. G. **Fundamentos da ciência e engenharia dos materiais**: uma introdução. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012.

COLLINS, J. A. **Projeto mecânico de elementos de máquinas**: uma perspectiva de prevenção da falha. Rio de Janeiro: Ltc, 2006.

CUPANI, A. **Filosofia da Tecnologia: um convite**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2011.

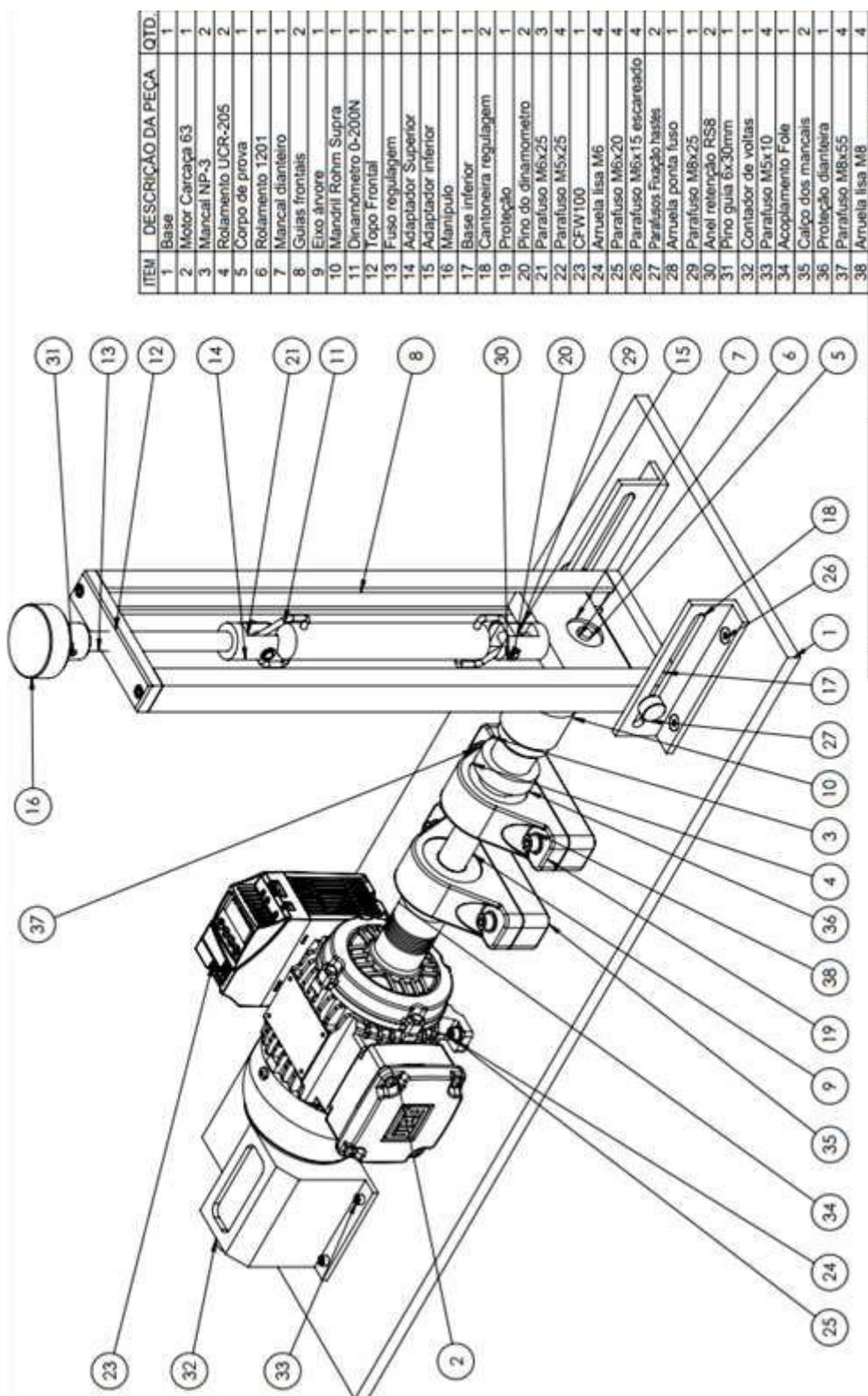
JUVINALL, R. C.; MARSHEK, K. M. **Fundamentos do projeto de componentes de máquinas**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2008.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ROZENFELD, H.; et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**: Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais**. 5. ed. Porto Alegre: Amgh Editora Ltda., 2012.

APÊNDICE A – Desenho detalhado



Performance e Ressignificação da Arte de Vitoria Basaia¹

10.35819/scientiatec.v10i1.6131

Juliano Batista dos Santos²

José Serafim Bertoloto³

Alyne Ramos de Campos dos Santos⁴

Resumo: O presente artigo tem como objetivo mostrar, apresentar, falar e expor um pouco do trabalho de Vitória Basaia. Artista plástica que propõe argumentos subjetivos na realização / construção de suportes para as artes, no propósito ou ideia do objeto real, ou seja, uma *performance* onde o corpo morfoseia-se na mistura, fusão em ser e ter, *versus* artista e obra, no sistema de referência dos valores de materiais apropriados através da objetivação e singularidade que se manifestam em objetos destinados pela diferenciação de aspectos ou pelos hábitos. Com o objeto "original" que se constrói em algo "coisa", a artista, com o fogo em punho, propõe o lanças chamas que executa, derrete e o transforma, no sentido da *phronesis* (heideggeriana). Involuntariamente ou intencional propõe esse "algo" almejada em criação.

Palavras-chave: Performance; Artes Plásticas; Ressignificação.

Abstract: This article aims to show, present, talk and expose some of the work of Vitória Basaia. Plastic artist who proposes subjective arguments in the realization / construction of supports for the arts, in the purpose or idea of the real object, that is, a *performance* where the body morphose in the mixture, fusion in being and to have, versus artist and work, in the system of reference of the values of appropriate materials through the objectification and uniqueness that manifest themselves in objects destined by the differentiation of aspects or by the habits. With the "original" object that is built into something "thing", the artist, with the fiery fire, proposes the flame flares that performs, melts and transforms it in the sense of *phronesis* (heideggerian). Involuntarily or intentionally proposes this "something" sought in creation.

Keywords: Performance; Plastic Arts; Resignification.

¹ De natureza analítico-reflexiva, este trabalho é uma versão revisada da comunicação intitulada *Variações Inusitadas: o universo da artista plástica Vitória Basaia*, apresentada no VII Congresso Internacional Interdisciplinar em Sociais e Humanidades (CONINTER) na Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

² Doutor em Estudos de Cultura Contemporânea pela UFMT, E-mail: julianojbs@gmail.com

³ Doutor em Comunicação e Semiótica pela PUC-SP, E-mail: serafim.bertoloto@gmail.com

⁴ Mestre em Ciências Ambientais pela UNIC, E-mail: alynercs@gmail.com

INTRODUÇÃO

Carioca, jornalista, artista plástica e animadora cultural, radicada desde 1981 em Mato Grosso. Inicia-se nas artes plásticas como autodidata. Além de pintora, gravurista, conceitualista e escultora, desenvolve pesquisas com pigmentos naturais e materiais recicláveis desde 1985 e em 1992 inicia o projeto Galeria do Povo. Desenvolve ainda o projeto *Não dê o peixe, ensine a pescar* que se resume no ensino de crianças, trabalhadores da rua, em reciclar o lixo da cidade, resignificando-o.

Vitória seria uma das poucas artista mato-grossense a produzir arte bruta, por seu espírito contraditório e rudeza da materialidade. Esta característica ímpar, dentro das artes plásticas brasileiras, não se pode perder. Na função de jornalista, infiltrou-se no movimento sociocultural mato-grossense, participando com ideias, sugerindo reformas, propondo debates, viabilizando confrontos e ajudando a descobrir fórmulas e novos talentos.

Já há alguns anos, mais acomodada, com um acervo de mais duas mil obras, transformou sua casa, na cidade de Várzea Grande, região metropolitana de Cuiabá, em um verdadeiro “museu”, ou seja, um gabinete de curiosidades, com obras espalhadas por todos os lados. Intitulando-se arqueóloga urbana, a artista leva à mão tudo o que lhe atrai o olhar. Recolhe para o ateliê os mais diversificados objetos encontrados nas incursões pela redondeza onde mora, nos trajetos corriqueiros, nas visitas em lojas de materiais de construção e de demolição.

Tintas vencidas, móveis velhos, pedaços de madeira, concreto, plástico, metal, estantes expositoras de lojas, enfim, objetos descartáveis jogados no lixo se transformam em projetos artísticos conceituais ou simplesmente em objetos escultóricos retorcidos, queimados, amalgamados, que causam um certo estranhamento, um frisson, um incômodo, um deslocamento da percepção primeira, uma angústia ou risadas pelo humor mórbido ou uma alegria causada pelo inusitado, pelo novo.

Casa Mundo, Seu Território (O Ninho)

A casa é o nosso canto do mundo. Ela é, como se diz amiúde, o nosso primeiro universo. É um verdadeiro cosmos. Um cosmos em toda a acepção do termo (BACHELARD, 1993, p. 24).

Sua casa é aberta ao público fazendo parte de vários roteiros para visitação. Na casa, nada escapa à sua interferência, que vai desde tapetes, sofás, móveis da cozinha, demais utensílios, até os lustres. Tudo tem o sabor, o odor, o bolor Basaia. Seu *modus vivendi* está impregnado pelas mais recônditas arestas (Cf. Figuras 1 e 2).

Figura 1: Entrada da casa: frente.



Fonte: Acervo da artista, 2018.

Figura 2: Entrada da casa: fundos.



Fonte: Acervo da artista, 2018.

No sentido bachelardiano, a casa é seu ninho, seu primeiro universo, pois todo espaço realmente habitado traz a essência da noção de casa, que abriga o devaneio, protege o sonhador para que sonhe em paz. “A casa é o abrigo primordial do homem, ela o acolhe e o faz sonhar; na casa ele pode desfrutar a solidão” (LUCENA, 2007, p. 2). Pensando como um território de várias casas, ou seja, uma moradia de vários corpos, que reinam em si.

Os espaços singulares são escolhidos para se fazer de moradas. A artista o escolheu assim. Segundo Brandão (2011⁵)

Casas-território se definem por outros critérios e valores. Da ordem do expressivo. São espaços necessariamente singulares nos quais as pessoas, que ali fazem morada, têm um encontro especial. De natureza íntima. Tem gente que precisa de muito pouco, às vezes, apenas uma poltrona que roubou as curvas de seu corpo.

Conforme, resumidamente, ao sistema cósmico do mundo, ao modo como ele funciona e a tudo o que ele rege e congrega. Como um sistema cósmico do mundo A *Máquina do Mundo*, “o poema, Drummond nos apresenta uma visão mítica, mas ao

mesmo tempo radical, do mundo e dos seres que o habitam”. No sentido de Brandão (2011) a:

Basaia está entre aqueles que se lançam no projeto de inventar mundo, do começo ao fim. Como máquina de criar universo (o único paralelo que temos é o divino), concebe seus elementos, forja criaturas, constrói-lhes moradas e, ao fim de tudo, sopra-lhes no rosto, instintos e narrativas (Cf. Figura 3).

De acordo Romão (2013, p. 38), em *O universo de Vitória Basaia: a poética da inquietação*, a

[...] maioria quase totalizante desses materiais fica abrigado na Casa Basaia, ou seja, repousam no território poético de Vitória aguardando o tempo de gestação. Segundo a própria artista, nesse período, os materiais obsoletos ficam se chocando, se energizando na espera de voltarem novamente à vida (Cf. Figura 4).

Figura 3: Criaturas emergem do imaginário.



Fonte: Acervo da artista, 2018.

Figura 4: Vitória Basaia em seu ateliê.



Fonte: Acervo da artista, 2018

“Sem esses ‘objetos’ e alguns outros igualmente valorizados, nossa vida íntima não teria um modelo de intimidade. São objetos mistos, objetos-sujeitos. Têm, como nós, por nós e para nós, uma intimidade” (BACHELARD, 1993, p. 65, grifo do autor). No ato de intenção de criar, faz a própria obra em reconhecimento da apropriação manifestada e da exemplaridade do resultado.

Hoje, desmaterializa-o, como se buscasse a essência da matéria que o construiu. “Os refugos, então, ganham outra ‘vida’ pelas mãos da artista. Como obras

⁵ As citações dos textos de Brandão (2011), empregadas neste artigo, não possuem paginação em seu documento original. Por isso a ausência de numeração das páginas nas referências. Há frente haverá outros casos.

de arte, renascidos de significação, os materiais retornam à sociedade, que antes havia lhes deixado de lado, continuando o ciclo da vida” (ROMÃO, 2013, p. 38, grifo do autor).

Em outra categoria de elementos desse universo, encontramos alguns ensaios topográficos. São peças que exploram/inventam topografias como as tetas pontudas (ou pequenos vulcões) produzidas com espinhos de árvore ou os planos de abóbadas dos condicionadores de ovos e frutas. Sobrevém aqui o desejo de tocar, de pisar, de experimentar, se fosse possível, um terreno assim (BRANDÃO, 2011).

Em Vitória Basaia, sua arte não só manifesta em objetos/escultóricos, mas também na pintura que executa com habilidades. Sua construção pictórica não tem o sentido narrativo ou literário, mas condensa indiciais que se reportam aos seres primitivos terrestres, seres míticos do imaginário coletivo, personagens oriundos da agregação de vários animais terrestres com forte influência aquática (Cf. Figura 5).

Entre uma série de objetos e outros afazeres artísticos, Basaia sempre se volta para os desenhos, que são feitos à mão utilizando pigmentos de terra socada, triturada ou giz pastel artesanal. Sobre o papel, constrói manchas coloridas que se transformam em seres metamorfoseados, bichos-homens/homens-bichos, antropomorfia desenfreada que dá margem a centenas de obras (Cf. Figura 6). Decorrente de um farto exercício de pesquisa, suas obras *a posteriori* conferem-lhe o domínio autodidata de arte-educação.

A deformação construtiva na obra da artista é uma constante, em que pernas e braços se transformam em uma variedade de peixes, moluscos e outros animais. A presença dos seres humanos jamais vem dissociada dessa deformação; normalmente seus personagens são oriundos da agregação construtiva de vários seres aquáticos, na conformação de um ou mais seres antropomórficos (BERTOLOTO, 2006a, p. 109).

Figura 5: Seres primitivos.

Fonte: Acervo da artista, 2018.

Figura 6: Bichos-homens/homens-bichos.

Fonte: Acervo da artista, 2018.

No ato do ‘fazejamento’, de forma espontânea, ela busca os pigmentos inorgânicos nos óxidos de ferro, cores vermelho, amarelo e marrom impregnados nos óxidos/calcina – solos da Chapada dos Guimarães – corantes que são combinados nas dispersões líquidas dos aglutinantes, na introdução da solução/espessante do látex e/ou do breu e resinas variadas que se evidenciam na disseminação das artes e nos valores da manifestação expressiva, bruta.

Para Santaella e Nöth (1998, p. 170) “O que se plasma na pintura é o olhar de um sujeito [...] composta de signos icônicos e signos plásticos, materializados pelo artista na hora da criação, que falam por si, e, em decorrência, são signos que estão aptos a provocar significações”.

As obras de arte são janelas abertas pelo artista que possibilitam uma gama de interpretações. Pressupondo que uma obra é composta de signos abertos à interpretação, a análise pode atender ou não às expectativas geradas pelo artista. O que importa é que a obra de arte, enquanto imagem construída, suscita no espectador, receptor, ‘sensações de representação de qualquer coisa existente, perceptível, apenas imaginável, ou mesmo não suscetível de ser imaginada’ (PEIRCE apud SANTAELLA; NÖTH, 1998, p. 170, grifo do autor).

Em vislumbrar uma janela no sentido em mimese na pintura “a imagem pode se tornar perigosa tanto por excesso quanto por falta de semelhança. Semelhança demais provoca confusão entre imagem e objeto representado. Semelhança de menos, uma ilegibilidade perturbadora e inútil” (JOLY, 1996, p. 39)

Sua construção pictórica não tem o sentido narrativo ou literário, mas condensa indiciais que se reportam aos seres primitivos terrestres, seres míticos do imaginário coletivo, personagens oriundos da agregação de vários animais terrestres com forte

influência aquática. Pois “as pinturas em papel, figuras estranhas povoam esse universo. Formas que lembram tartarugas, alevinos, gatos estrábicos, fetos, enfim, animais os mais bizarros a fitar-nos humanamente. Há um cheiro de placenta nessas obras” (BRANDÃO, 2011).

Reproduzem formas de animais com características de humanos ou vice-versa, numa miscigenação/hibridismo associado em cores consolidadas em desenhos a pastéis que delimitam espaços cartográficos. São trabalhos densos, de colorido ímpar, exaltam o lado fêmea da mulher, sua sensualidade e eloquência, características que aparecem em outros desenhos, onde mulheres se insinuam sobre felinos, quando não os estão usando como estola, da mesma forma que jacarés e serpentes em adereços de pescoço.

Conforme Romão (2013, p. 99) “a artista flexibiliza a sua criação, dá a ela uma conotação de aprendizagem constante. É a sua forma de se relacionar com o ambiente e assim criar a sua própria concepção de mundo no qual os seres materiais são sagrados sem a distinção entre naturais e artificiais”

As imagens construídas sobre papel artesanal mantêm as cores claras dos produtos naturais, criando nichos sacralizados harmônicos de volumetria bastante interessante, enriquecidos por pequenos detalhes de pinturas que completam os adereços da figura idealizada.

No fazer um rearranjo visual que acentua uma cor proposta, até então escura e densa, a pintura é apenas a força da alquimia que revive as nuances e acentua aquilo que o objeto é enunciado. Com instrumentos adequados entre a sintonia entre a mão e a mente, a experiência/aprendizado, na prática e com habilidade táteis de artesã, a artista executa em excelência estética.

Lembranças, Recordações e Memórias

O seu quarto é o local de descanso, porém é no seu laboratório e em meio as quinquilharias que Vitória faz seu refúgio, a

[...] lembrança e recordação são os artificios da memória que lhe dá movimento, a lembrança pode-se dar espontaneamente, faz emergir à consciência aquilo que guardamos do tempo, as experiências passadas, e que cuidadosamente o nosso inconsciente elege como digno de lembrança, já a recordação se processa através do estímulo, um esforço para trazer à

tona fatos que permanecem incontidos no sujeito (BOSI, 1987 apud SILVA, 2006, p. 79).

Ainda nesse argumento, para BOSI (1987, p. 9), “a memória permite a relação do corpo presente com o passado e, ao mesmo tempo, interfere no processo atual das representações. Pela memória, o passado não só vem à tona das águas imediatas, como também empurra, desloca estas últimas, ocupando todo espaço da consciência”. “A lembrança é a sobrevivência do passado. O passado, conservando-se no espírito de cada ser humano, aflora à consciência na forma de imagens-lembrança” (BOSI, 1987, p. 15).

Segundo Guimarães, Rezende e Brito (2012, p. 3) “Bergson acreditava na existência de uma memória pura, inalterável, que se contrapõe à lembrança-imagem e à percepção, ainda que nenhuma se produza isoladamente, como ele afirma e em seguida as define”. Por guardar na memória e envolvimento emocional e pela valorização de coisas afetiva importantes, Vitória foi adquirindo conhecimentos pela repetição continua e pelo memória-hábito, algo pela força de repetir e lembrando-se automaticamente a memória prolonga o passado no presente, “a imaginação grava-as em nossa memória”.

“Esta memória ‘registradora’ que data os acontecimentos na sua singularidade é a memória por excelência: ela armazena o passado na forma de imagens-lembrança” (GUIMARÃES, REZENDE E BRITO, 2012, p. 13, grifo do autor). Quer dizer, as imagens enquanto existência são situadas entre a idealização, a representação e a realização por coisa.

Para o sentido, em Bachelard (1993), a imaginação grava na memória deslocando da lembrança para a imaginação. O reconhecimento da percepção para o presente pela imagem-lembrança que se renova. “Os objetos que cercam meu corpo refletem a ação possível de meu corpo sobre eles” (BERGSON, 2006, p. 12).

Independente da forma de pensar, acumular e registrar, o certo é que, no decorrer da sua existência, o ser humano mantém e reproduz a sua relação com os guardados. De acordo com Bertoloto (2006a, p. 22): “O objeto de desejo, que permanece o mesmo, já não contextualiza com a realidade. Toma o pensamento ou o discurso como um sistema definido, fechado, e fazer o contrário parece-lhe errado”.

Para Vitória o uso de botinas e tamancos velhos, colchas entre outros objetos, são ressignificações do passado no presente, são memórias, afetividade que refletem uma identidade dissipares da matéria, num diálogo consistente com o mundo material,

“presentificado de memórias encontradas” – uma associação do significado de ausência como analogia de passado (Cf. Figuras 7 e 8). De acordo com Zumthor (1997, p. 13):

[...] nossas culturas só se lembram esquecendo, mantêm-se rejeitando uma parte do que elas acumularam de experiência, no dia-a-dia. A seleção drena assim, duplamente, o que ele criva. Ela desconecta, corta o contato imediato que temos com nossa história no momento que a vivemos.

Figura 7: Uma botina ressignificada.



Fonte: Acervo da artista, 2018.

Figura 8: Tecidos Ressignificados.



Fonte: Acervo da artista, 2018.

Para Romão (2013, p. 40, grifo do autor), na criação de Vitória, existe o “tempo de ‘gestação’ em que o objeto descartado repousa em seu ‘útero criativo’ e só sairá dele por meio do intenso trabalho plástico. Esse é um tempo de gestação que poderá formar um ‘novo ser’, uma nova obra”. Os carretéis de suporte para fios elétricos vão aos poucos se desfigurando em elementos plástico e configurando-se numa coisa inusitada. Reconfigurações em fios, bonecas, pedaços de metais, essa massa desforme vai se agregando em novos elementos, em novos objetos. São tensões de forças renitentes que se contraem ou expandem-se no momento do fazer.

Em algum momento, Vitória trabalhou de forma intimista, canalizando todas as energias a fim de construir um mundo particular, criando formas híbridas, seres imaginários e paisagens ímpares. Para Brandão (2011), o que ela

[...] faz é dar materialidade a esse universo onírico que ela constrói dia a dia, sem folga, como quem tece sua própria existência. Ao mesmo tempo em que tece/inventa, organiza sequências criativas que dialogam entre si – a natureza e as criaturas; as criaturas e as narrativas; os objetos sagrados e as gêneses, etc. –, sugere sentidos possíveis que se oferecem à nossa imaginação [...] (Cf. Figuras 9, 10 e 11).

Figura 9



Figura 10



Figura 11



Fonte: Acervo dos autores, 2018).

Segundo Canton (2009, p. 22), a arte é “também o território de recriação e de reordenamento da existência um testemunho de riquezas afetivas que o artista oferece ou insinua ao espectador, com a cumplicidade e a intimidade de quem abre um diário”. “O trabalho da memória se inscreve como um desdobramento infinito, culto paradoxal do presente, combate, esboço, arte de um instante pleno. [...] Por isso, a obra pode ser considerada *imagem-origem*, pois é, a cada vez, uma nova imagem, é tempo e movimento” (BRANDÃO, 2011, grifo do autor).

Hoje, desmaterializa-o, como se buscasse a essência da matéria que o construiu. Dá-nos a impressão de que, num ato de insensatez mórbida, como uma alquimista, bruxa ou deusa, Basaia não mais se realiza ao construir novos mundos imaginários, mas agora tenta destruí-los em busca de suas origens, na liquefação da matéria.

Esta memória ‘registradora’ que data os acontecimentos na sua singularidade é a memória por excelência: ela armazena o passado na forma de imagens-lembrança. “Ao reduzir a aglomeração de materiais diferentes a uma pasta amorfa e disforme, vai ao encontro do seu mais recôndito ser” (BERTOLOTO, 2006b⁶).

⁶ As citações dos textos de Bertoloto (2016b), empregadas neste artigo, não possuem paginação em seu documento original. Por isso a ausência de numeração das páginas nas referências.

A busca pelo novo é um processo que domina o artista: ao encontrá-lo, ele logo se transforma em antigo. O artista se vê condenado a encontrar uma nova forma de olhar, por isso ele muda constantemente, desagrega constantemente sua identidade; ao desagregar-se, armazena em sua memória impressões que se transformarão em imagens. A memória manifesta-se, pois, na luta contra o movimento implacável do tempo (NACIMENTO, 2005, p. 61).

Não no sentido dos *readymade* que se apropriam do que está pronto, mas sim, um rearranjo/mistura que acarretam *possibilidades* de retomar continuamente diferenças imprevisíveis de bricolagens. Os sapatos adaptam-se em reconstrução de bonecas, tricô e renda, o revestimento do papel de balas e a composição das imagens de Nossas Senhoras, uma mistura em *decoupage*, vidrilhos, pérolas, *strass* e de rendas que dão corpo e plasticidades às obras.

Ao assumir roupagens simplistas como armadura externa, cria um invólucro humano, dessacralização do corpo e transformado em objeto. Santas, gueixas, deusas hindus são imagens fáceis e vulgares pelos protótipos e pelos materiais industrializados, com a possibilidade do *kitsch*/mau gosto. Pela composição construtiva, detalhes das plasticidades e a composição inusitadas propiciam uma riqueza dos objetos/arte (Cf. Figura 12).

Figura 12



Fonte: Acervo dos autores, 2018

Segundo Costa e Mattar (2010 apud ROMÃO, 2013, p. 36) os curadores Marcus de Lontra Costa e Denise Mattar escrevem sobre a inquietação da artista que

“habitam, dentro e fora do corpo, estruturando a ação de uma artista que faz da arte um permanente exercício de descoberta e inquietação”. Feitas de meias-calças recheadas com mantas de poliéster, são formas arredondadas e retorcidas que permitem visualizar corpos humanos compactados, oprimidos e disformes.

A artista envergou e flexibilizou os corpos de um modo que dificilmente acontece na vida real. Ela distorceu as formas humanas, agigantou as bocas, transformou-as em vaginas, valorizou alguns aspectos e suprimiu outros na intenção de representar a fêmea oprimida, aqui novamente enclausurada em redomas de vidro (BERTOLOTO, 2006b).

Esse aspecto angustiante das imagens geradas não inibe as percepções mnemônicas do observador, nem mesmo seus desejos eidéticos, mas cria uma receptividade hilária, eloquente, mórbida e mordaz, “as bonecas-de-meia reduzidas a seios, coxas, boca e vulva. Uma única linha vermelha mal-costurada assinala o sexo sobrecodificado: o suficiente para fazer-nos pensar se esse é de fato um outro mundo ou se é o nosso mesmo, monstruoso mundo (BRANDÃO, 2011).

Figura 13: A deformação do corpo feminino pra agradar o “paladar” masculino.



Fonte: Acervo dos autores, 2018.

Olhos de vidro, uma instalação/caixas, material de plástico, reciclagem das esferas de desodorantes, a cada circulação dos olhos cria uma nova reconfiguração,

ou seja, como elementos fragmentando e/ou coesão, uma ideia do *Quadrado de Rubick* aleatoriamente surgem novas possibilidades.

Inusitado também, nesse sentido, é a *Linha para Sofia*, uma instalação de quebra cabeças, criada com recortes com imagens alternadas, onde cada figura constrói um conjunto da obra, ou seja, existem centenas de alternativas criando outras obras. São suportes em papel *canson* perfilados, com imagens femininas volumosas a pastel/pigmentos terrosos, uma transformação de um aplicativo para *tablet* oportunizam mais possibilidades. Na designação de “objeto banal como arte”, em razão da persistência de conceitos incorpóreos, ocultos ou vagos em relevância, frente à complexidade do mundo atual, são reflexões a respeito do sentido abrangente do ser.

A Boneca Barbie

Na exposição, intitulada *Cosmogonia*, a artista tentou polemizar o papel da mulher na vida contemporânea, seus conflitos em busca de liberdade e a opressão sofrida pela sociedade machista, apresentados nas suas bonecas de pano engessadas, amordaçadas, enclausuradas e sufocadas por redomas transparentes, que lhes permitiam ver o mundo, porém sem mobilidade de livre trânsito (Cf. Figuras 14, 15 e 16).

Figura 14:
Vive-se presa.



Figura 15:
A sagrada vagina.



Figura 16: Maternidade.



Fonte: Acervo dos autores, 2018.

A boneca Barbie, exemplo da beleza feminina, que acompanha a vida das mulheres há mais de quarenta anos, foi uma iconografia utilizada no sentido de trazer à tona a discussão da beleza idealizada desde o Classicismo até a atualidade, transformando a estética feminina numa ditadura da magreza esquelética e ariana.

Vitória, como todas as mulheres de sua geração, sentiu na pele esses desejos e sofrimentos introjetados no seu cotidiano infantil. Numa ânsia de raiva, desmontou a boneca em recipientes separados; aglomerou as cabeças em vidros hermeticamente fechados; colou as partes, massificando-as sobre placas-mães de computadores; deu-lhes novas funções e roupagens; vulgarizou a sua magia em réplicas de um cotidiano ordinário (BERTOLOTO, 2006b).

Ao trancafiá-las em latinhas de sardinhas e em armarinhos de banheiros ao lado de outros acessórios ignóbeis, a artista não só ridicularizou o material *Made in China*, de R\$ 1,99, como também discutiu e deslocou a sua fragilidade para a da mulher, que se perdeu em essência, nesse afã de fêmea fatal, aprisionada pelo hábito convencional e simbólico do mundo capitalista (Cf. Figura 17).

Figura 17: Relações pré-formatadas pelo social.



Fonte: Acervo dos autores, 2018.

Na exposição, a boneca foi desapropriada de suas vestes originais; nua, misturou-se a outras de pano e, juntas, satisfizeram os desejos eloquentes de um público ávido em possuí-las por alguns instantes, modificá-las, dar-lhes novas vestimentas e maquilagem, socializá-las, gerar agrupamentos e reproduzi-las como um *recuerdo* na máquina de xerocar.

O resultado da produção interativa foi afixado em um mural ou em varais para futuras manipulações, e depois foi transformado em um caderno para novas reflexões da artista. Parte das bonecas de pano sofreram a interferência da artista que, além de transformá-las em andróides, deu-lhes formatos bizarros, engessando-as e costurando-as umas às outras, espremendo-as em molduras. Seus corpos tornaram-se suportes para poemas e textos diversos, de sua digressão, como por exemplo: “O dia engole a noite. A noite engole o dia e o cotidiano vai ficando buchudo, inflado de vazios” (informação verbal)⁷.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho, buscamos a análise e os conceitos dessa artista plástica, jornalista, mãe e avó que propõe argumentos subjetivos na realização e na construção dos suportes para as artes. Com o propósito, ideia do objeto real, uma transformação *performance* onde na mistura, nesta fusão em ser e ter, *versus* artista e obra. Num sistema de referência dos valores de materiais apropriados através da objetivação e singularidade que se manifestem em objetos destinados pela diferenciação de aspectos afetivos ou pelos hábitos.

Em várias obras, curatorial autoral, busquei uma delas, no sentido de idealizar a profusão crítica ideológica em uma das cenas, em contexto. Em *Heróis sem Pátrias* a artista idealizou uma instalação em modelagem, com pequenos personagens lendários, oriundos de fatos histórico reais ou fantasiados, com os sentimentos religiosos, convertidos. Seres pré-históricos são elementos medievais compostos de figuras ecléticas entre eles e humanos, répteis, dragões, demônios, corvos, serpentes aladas e górgonas. São objetos delicados e frágeis com forte apelo pagão, visão espiritual literária com sentimentos de libertação.

⁷ Diálogo/informação fornecida pela artista Vitória Basaia (Caderno de campo, agosto de 2018).

Apesar de os objetos serem pequenos, a profusão deles cria uma composição de seres alienados (humanos figurados), um quasímodo, na representação do bestiário, no sentido elemental, com bravura, sanguinolentos e destruidores. É um tumulto miscigenado, homenageados dos renegados e heróis sem pátria. As flores são as causas honoráveis dos justos, numa analogia à “Vitória”, entre seus objetos reminiscentes uma transformação dessacralização, um enigma do seu corpo em obra. Uma metáfora da cruz, do estandarte e da espada são os signos da ausência/presença entre passado e o presente a memória.

Mesmo diante de tantas variações inusitadas de obras e criações, há muito a ser dito sobre o universo artístico de Basaia. Para Sarmiento e Tufano (2010, p. 260), a “metáfora é o emprego de uma palavra fora de seu sentido próprio, podendo ter como base uma comparação subentendida, em que o elemento comparativo está implícito, ou ser motivada por nosso conhecimento prévio, além da comparação”, portanto na analogia na palavra para o conceito das imagens, objetos, coisas. Afinal o *Universo de Vitória*, o seu local de moradia que abriga ateliê e lar, que com o passar dos anos, acabou se transformando em um verdadeiro “museu” o seu “universo poético”, seu espaço vital.

REFERÊNCIAS

- BACHELARD, G. **A poética do espaço**. São Paulo: Martins Fontes, 1993.
- BERGSON, H. **Matéria e memória**: ensaio sobre a relação do corpo com o espírito. São Paulo: Martins Fontes, 2006.
- BERTOLOTO, J. S. **Iconografias das águas**: o rio e suas imagens. Cuiabá: Carlini & Caniato; Cathedral Publicações, 2006a.
- BERTOLOTO, J. S. **Do universo inquieto de Vitória Basaia**: arqueologia urbana. Cuiabá: Macp-UFMT, 2006b.
- BOSI, E. **Memória e sociedade**: lembranças de velhos. São Paulo: T. A. Queiroz, 1987.
- BRANDÃO, L. **A Casa Basaia**. Cuiabá: Macp-UFMT, 2011.
- CANTON, K. **Tempo e memória**. São Paulo: Martins Fontes, 2009.
- COSTA, M. L.; MATTAR, D. **Cores do Pantanal**. Lisboa, 2010.
- GUIMARÃES, J. F. S.; REZENDE, C. V.; BRITO, A. M. P. Conceito de memória na obra “matéria e memória” de Henri Bergson. In: **Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade [online]**, 6., 2012, São Cristóvão. Anais..., São Cristóvão-SE: EDUCON, p. 1-15.
- JOLY, M. **Introdução à análise da imagem**. Campinas-SP: Papyrus, 1996.
- LUCENA, K. C. Uma fenomenologia da imaginação através do espaço. **Rev. Eletrônica de Crítica e Teoria de Literaturas [online]**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 1-9, jan./jun. 2007.
- ROMÃO, A. U. **O universo de Vitória Basaia**: a poética da inquietação. 2013. 149 f. Dissertação (Mestrado em Estudos de Cultura Contemporânea) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.
- SANTAELLA, L.; NÖTH, W. **Imagem**: cognição, semiótica e mídia. São Paulo: Iluminuras, 1998.
- SARMENTO, L.; TUFANO, D. **Português, literatura, gramática e produção de texto**. São Paulo: Moderna, 2010.
- SILVA, V. C. F. À luz do tempo: imagem e memória urbana em Presidente Prudente. **Revista Formação [online]**, Presidente Prudente-SP, v.2, n. 13, p. 79-90, 2006.
- ZUMTHOR, P. **Tradição e esquecimento**. São Paulo: Hucitec, 1997.

Ocorrência de *Spathodea Campanulata* no município de Santa Rosa do Sul-SC

10.35819/scientiatec.v10i1.5803

Miguelangelo Ziegler Arboitte¹
Tiago Becker Ribeiro²
Emerson Valente de Almeida³
Maurício Duarte Anastácio⁴
Vitória Alves Pereira⁵
Erica Titoni Pereira⁶

Resumo: A espatódea, é uma árvore de origem do oeste da África, muito utilizada para ornamentação, com florescimento amplo no verão e outono, com flores atrativas a abelhas, beija flores e outros insetos, porém seu néctar é considerado tóxico podendo ocasionar mortes de abelhas e outros polinizadores, quando há escassez de outras floradas, o que ocorre principalmente no final do outono e início do inverno, na região sul. Em 2019 a Assembleia Legislativa de Santa Catarina aprovou a Lei 17.694, que, “Proíbe a produção de mudas e o plantio da *Spathodea campanulata*”. Com o objetivo de registrar a ocorrência de espatódea no município de Santa Rosa do Sul, durante o processo de registro foi realizada a divulgação da lei para a população, com a orientação da substituição destas arvores por espécies nativas. Foi detectado a presença de 93 árvores de espatódea, com grande concentração na sede do município, e o desconhecimento da população quanto a legislação vigente.

Palavras-chave: Abelhas; árvore exótica; tóxico.

Abstract: The spatodea, is a tree of west of African origin, widely used for ornamentation, with ample flowering in summer and autumn, with attractive flower to bees, hummingbirds and other insects, however its nectar is considered toxic and can cause deaths of bees and other pollinator, when there a shortage of their flowering, which occurs mainly in late autumn and early winter, in the south region. In 2019 the Legislative Assembly of Santa Catarina approved the Law 17.694, that, “Prohibits the production of seedlings and the planting of *Spathodea campanulata*”. In order to observe the occurrence of spatodea in the municipality of Santa Rosa do Sul, the survey and dissimulation of the law the population, with the orientation of the replacement of these trees by native species occurring in the region. The presence of 93 spatodea trees, with great concentration i the headquarters of yhe mucipality, an the lack of knowledge of the population regarding the current legislation.

Keywords: Bees; exotic tree; toxic.

¹ Professor do IFC, E-mail: miguelangelo.arboitte@ifc.edu.br

² Estudante do IFC, E-mail: tiagobeckerribeiro1012@gmail.com

³ Estudante do IFC, E-mail: emersonv.dealmeida@gmail.com

⁴ Técnico Agrícola do IFC, E-mail: mauricio.anastacio@ifc.edu.br

⁵ Estudante da UTFPR, E-mail: vi.alves.ifc@gmail.com

⁶ Estudante do IFC, E-mail: ericatitoni@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A Espatódea (*Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae)), tem sua origem no oeste da África (Trigo e Santos, 2000; Sutton et al. 2017), recebe diversas terminologias no Brasil, tais como Tulipeira, Árvore-de-bisnagas, Árvore-de-tulipas, Bisnagueira, Tulipeira-africana, Tulipeiro-africano, Chama-da-floresta- Xixi-de-macaco, é muito utilizada em paisagismo (Nogueira-Neto, 1997 e Trigo e Santos, 2000), com ocorrências em praças e residências devido ao seu crescimento rápido e a sua exuberante florada com flores vermelhas em forma de cálice.

Devido a exuberância das flores e da época da sua floração, que permanece por longo tempo, ocorrendo do final do verão até a entrada do inverno, atraem muitos insetos (formigas, besouros, vespas, abelhas) e beija-flores, que utilizam o seu néctar e pólen para se alimentarem, sendo relatados casos de intoxicação e mortalidade de abelhas nativas sem ferrão (Nogueira-Neto, 1997; Trigo e Santos, 2000; Queiroz et al., 2014 e Ribeiro et al. 2018). No Brasil são estimadas a existência de 244 espécies (Costa, 2019), introduzidas como as *Apis melliferas* L. (Nogueira-Neto, 1997) e abelhas solitárias importantíssimas para os serviços ecossistêmico.

A intoxicação das abelhas ocorre principalmente no período de outono e início do inverno em que a disponibilidade de flor de outras espécies vegetais é menor para o forrageamento, dificultando a busca pelas abelhas de outras essências florais para complementar a dieta. Não sendo a única espécie vegetal que pode causar a mortalidade de abelhas como comentado na revisão de Cintra et al. (2005) e Maggi et al. (2016).

O néctar da espatódea conforme Bahadur et al. (1986) é formado por açúcares como a sacarose, glicose e frutose em diferentes concentrações, e por apenas dois aminoácidos a alanina e a isoleucina, com aspecto de mucilagem (Nogueira-Neto, 1997), que conforme Trigo e Santos (2000) é uma forma de defesa da planta, podendo a mucilagem ser mais ou menos concentrada dependendo de fatores climáticos e horário do dia (Rangaiah et al. 2004; Paiva Franco et al. 2015 e Ribeiro et al. 2018). Sendo comprovado os efeitos tóxicos aos insetos do néctar da espatódea por Paiva Franco et al. (2015) e Santo et al. (2017).

A espatódea é considerada por diversos autores como árvore invasora de biomas pelo mundo (Lugo, 2004; Labrada e Diaz-Medina, 2009; Larrue et al. 2016) devendo a sua substituição por espécies nativas frutíferas ser estimulada.

Considerada por Lowe et al. (2004) umas das 100 piores espécies invasoras no mundo, e conforme Blum et al. (2008) as espécies exóticas invasoras são consideradas a segunda maior causa de extinção de espécies no planeta, a espatódea é muito avistada em diversas regiões do Brasil. Conforme Labrada e Diaz-Medina (2009) é uma planta considerada invasora em diversas ilhas do Caribe e Pacífico, sendo que nas ilhas do Pacífico a origem das populações invasoras de espatódea são originadas da África Ocidental (Sutton et al., 2017).

Em 2018 o município de Criciúma-SC, foi pioneiro em proibir o plantio e a comercialização da espatódea, através da Lei municipal 7.259 de 10 de julho de 2018, revogada pela Lei 7.674 de 06 de março de 2020 (Criciúma, 2020), que proibiu a produção, a distribuição de mudas, plantio e a supressão das árvores e no lugar dessas o plantio de espécies frutíferas e nativas de ocorrência na região como o bacupari (*Garcinia gardneriana*), ariticum (*Annonia glabra*), pau lazão (*Eugenia multcostata*).

Após a aprovação em Criciúma, outros municípios seguiram o exemplo, pressionando os legisladores de Santa Catarina a aprovarem a Lei 17.694 de 14 de janeiro de 2019 (Santa Catarina, 2019), que proíbe o plantio e a comercialização de mudas dessa espécie em todo o estado catarinense, incentivando a sua substituição em todo o território catarinense, o que não torna obrigatória a sua supressão de áreas onde já existem, sendo esse ato uma conscientização da população, com fiscalização pelos agentes públicos vinculados ao Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (IMA).

A lei implantada em Criciúma e após em Santa Catarina foi baseada em lei Municipal de Ribeirão Preto - SP do ano de 2016 (Ribeirão Preto, 2016), sendo a proibição do plantio e comercialização de mudas proposta em outros municípios como Blumenau - SC (Blumenau, 2019), Curitiba -PR (Curitiba, 2019).

Com o objetivo de realizar o levantamento da ocorrência de espatódea no município Santa Rosa do Sul - SC e conscientizar a população sobre os efeitos dessa árvore nos insetos polinizadores, principalmente as abelhas e proporcionado a troca da espatódea por espécies nativas de ocorrência na região, esse trabalho foi realizado.

METODOLOGIA

Foi realizado o levantamento da ocorrência da espatódea (*Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae)) no Município de Santa Rosa do Sul - SC, para realização foram pré-determinados três percursos realizados com auxílio de um automóvel em dias alternados durante o período de três meses.

Percurso 1 - Limite do município de Santa Rosa do Sul -SC com São João do Sul -SC coordenadas latitude 29°10'46.17" S e longitude 49°45'15.93"O, via BR101 estrada de acesso a Comunidade Forquilha do Cedro até a divisa do município de Santa Rosa do Sul com Jacinto Machado -SC coordenadas latitude 29°04'40.92"S e longitude 49°48'16.10"O.

Percurso 2 – Sede do município de Santa Rosa do Sul -SC, passando pelas comunidades da Vila Bitencourt, Novo Horizonte e Peroba, Vila Bitencourt até entroncamento da estrada da Sanga da Areia nas coordenadas latitude 29°05'27,03S" e longitude 49°46'32.41"O.

Percurso 3 – Ruas da sede do município de Santa Rosa do Sul.

Para identificação das árvores de espatódea, os percursos pré-estabelecidos foram percorridos e quando observada a ocorrência, cada árvore era fotografada, e as imagens registradas com auxílio de celular com localização de posicionamento global (GPS). Após as imagens com o posicionamento das coordenadas foram transpostas e inseridas no programa Google Earth (2019), gerando mapas com a identificação das áreas de ocorrência da espatódea (Figura 1).

Para os moradores das residências em que foram identificadas a ocorrência da espatódea, foram distribuídas cópias da legislação e orientação de substituição da espécie por outra nativa de ocorrência na região como as relatadas por Oliveira et al. (2020). Durante o ano de 2018 e 2019 essas informações foram também disseminadas a alunos de escolas públicas que visitaram o Instituto Federal Catarinense *Campus* Santa Rosa do Sul e em dias de campo e cursos ministrados pelo Grupo de Estudos em Abelhas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No levantamento da ocorrência da Espatódea (*Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae)) realizado no município de Santa Rosa do Sul - SC foram identificadas 93 árvores, na área urbana e rural.

Figura 1: Localização das árvores de espatódea (*Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae)) no município de Santa Rosa do Sul.



Fonte: Os autores.

Conforme relato de moradores todas as plantas encontradas de espatódea foram introduzidas propositalmente, com a finalidade de embelezamento da residência, não sendo verificado a sua propagação espontânea como relatado em outras áreas do mundo (Lugo, 2004; Labrada e Diaz-Medina, 2009; Larrue et al. 2016). A dispersão espontânea ocorre principalmente pela disseminação de suas sementes pelo vento, apresentando alta taxa de germinação que passa de 80% (Labrada e Diaz-Medina, 2009). A propagação espontânea parece não ter ocorrido na região, principalmente na área rural, ou pela presença de animais herbívoros que ao pastarem acabam consumindo as plântulas que iriam se propagar ou por fatores climáticos que não favoreceram a sua disseminação.

A maior ocorrência da espécie estudada foi na área urbana com 39 árvores de espatódea (Figura 2), comprovando a sua utilização ornamental. Já na área rural de realização do levantamento foram observadas no percurso 1 e 2 a distribuição de 28 e 26 árvores, respectivamente, sendo que a ocorrência sempre próxima as residências, o que reforça a sua utilização ornamental pela população.

Figura 2: Localização das árvores de espatódea (*Spathodea campanulata* Beauv. (*Bignoniaceae*)) na área urbana do município de Santa Rosa do Sul.



Fonte: Os autores.

Durante o levantamento, foi observado em um local na sede do município a existência de um grupo de sete espatódeas, além da ocorrência da espécie em áreas públicas como em um colégio do estado, em uma instituição federal de ensino, em áreas de convívio como praças (Figura 3) e nos jardins da prefeitura.

Figura 3: Árvore de espatódea (*Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae)), em praça pública na comunidade da Vila Bittencoutr no município de Santa Rosa do Sul



Fonte: Os autores.

No processo do levantamento das espatódeas, foram realizadas ações de conscientização da população e dos agentes públicos, para a supressão da árvore de espatódea e no local dessa fosse implantada uma espécie nativa, mais adequada ao local, e que não cause a mortalidade de abelhas.

No âmbito interno da instituição executora do projeto, a conscientização se deu durante a visita que escolas da região realizam, informando sobre a toxicidade da planta para as abelhas como verificado por Nogueira-Neto (1997); Trigo e Santos (2000); Queiroz et al. (2014) e Ribeiro et al. (2018) e observado na Figura 4.

Figura 4: Abelhas mortas no interior de flores senescentes de *Spathodea campanulata*



Fonte: Os autores.

A toxicidade da espatódea para as abelhas é grande problema na região, pois no ano de 2018 existiam aproximadamente 5.200 colônias de abelhas *Apis mellifera* L., principal produtora de mel, e aumentando crescente no número de criadores de meliponídeos. O problema se agrava ainda mais no final do outono e início do inverno, em que há poucas floradas e a competição por alimento aumenta entre as abelhas, sendo que essas não têm a escolha na seleção do alimento.

Em estudo realizado por Oliveira et al. (1991), esses observaram insetos visitantes pertencentes a 7 ordens, sendo a principal Hymenoptera 63%), a qual pertence as abelhas, em que os dois principais representantes foram abelhas *Trigona spinipes* (41,9%) e *Apis mellifera* (10,1%), ficando evidenciada a atratividade desta espécie vegetal pelas abelhas.

Analisando os efeitos da secreção do botão floral e do néctar de *Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae) na forma de pasta-cândi sobre a longevidade de operárias de *Apis mellifera* africanizadas Moraes-Alves et al (2003), observaram que os tratamentos em que ocorria a participação de componentes da *Spathodea campanulata* diminuíram a longevidade das abelhas quando comparado as alimentadas com pasta cândi.

A toxicidade de certas espécies vegetais para as abelhas é verificada no néctar, na forma de alcaloides, como na planta do tabaco (*Nicotina tabacum* L.) (Abrol, 2012), no pólen na forma de taninos, como no pólen do barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum* Mart. 1837) (Cintra et al, 2005; Maggi et al., 2016) afetando as abelhas na fase larval.

Durante os processos de conscientização dos moradores e de alunos de escolas que visitaram o Instituto Federal Catarinense Campus Santa Rosa do Sul foi distribuído cópias da lei e relatado o artigo 1º da Lei 17.694 de 14 de janeiro de 2019 do Estado de Santa Catarina, que proíbe a produção de mudas e o plantio da espatódea, e o artigo 3º da referida Lei, onde está relatado o valor da multa por planta produzida e o caso de reincidência.

Como alternativa para a espatódea os executores do projeto apresentam espécies vegetais frutíferas nativas, que são produzidas através do projeto Coleta, propagação, caracterização botânica e divulgação de espécies florestais e frutíferas nativas e exóticas em comunidades rurais do Extremo Sul Catarinense (Oliveira et al. 2020). Espécies frutíferas que não são tóxicas às abelhas e produzem flores em diversas épocas do ano, o que favorece o forrageamento das abelhas e o fortalecimento das colônias no caso das abelhas sociais e aumentam o número de abelhas solitárias na área.

Como alternativa para a utilização da madeira das árvores de espatódea, essas após secas e beneficiadas, poderiam servir para a produção de colmeias, uma vez que não é tóxica para as abelhas como relatado por Cintra et al. (2005) e por ser considerada uma espécie de madeira leve, com massa específica abaixo de 44 g.cm³ (Vale et al., 2005), possuindo boas características para ser trabalhada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram identificadas 93 árvores de *Spathodea campanulata*, por ser uma árvore exótica presente no município de Santa Rosa do Sul - SC, esta deve ser substituída por espécies nativas, com potencial de geração de renda e com floração diversificada durante o ano, favorecendo a alimentação natural das abelhas. Ficou constatado que a população não tem conhecimento sobre a legislação e os perigos que essa espécie representa para as abelhas e outros insetos polinizadores.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Catarinense que disponibilizou recursos para execução do Programa para o desenvolvimento da apicultura e meliponicultura no litoral sul catarinense.

SICOOB CREDIJA pelas doações de recursos que proporcionaram o projeto Coleta, propagação, caracterização botânica e divulgação de espécies florestais e frutíferas nativas e exóticas em comunidades rurais do Extremo Sul Catarinense.

REFERÊNCIAS

ABROL, D.P. **Pollination Biology, Biodiversity Conservation and Agricultural Production**. Springer 2012. 823p. <http://doi.org/10.1007/978-94-007-1942-2>

BAHADUR, B.; CHATURVEDI, A.; RAMA SWAMY, N. 1986. Nectar types in Indian plants. **Proceedings of Indian Academy of Science – Section Plant Science**. **96**,41–48. <http://doi.org/10.1007/BF03053269>

BLUM, C. T.; BORGIO, M; SAMPAIO, A. C. F. 2008. **Espécies exóticas invasoras na arborização de vias públicas de Maringá-PR**. Revista da Associação Brasileira da Arborização Urbana. 3 (2) 78-97. <http://dx.doi.org/10.5380/revbau.v3i2.66347>

BLUMENAU. LEI Nº 8.694, DE 05 DE ABRIL DE 2019. Proíbe a produção de mudas e o plantio da *Spathodea campanulata* no município de Blumenau. Disponível em: <https://www.diariomunicipal.sc.gov.br/site/?r=site/acervoView&id=1984687>, Acesso em: 10 de fev. 2020.

CINTRA, P.; MALASPINA, O.; BUENO, O. P. 2005. Plantas tóxicas para abelhas. **Arquivos do Instituto Biológico**, **72**:547-551. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v72_4/cintra.PDF.

CRICIÚMA - LEI Nº7.674, DE 06 DE MARÇO DE 2020. – Dispõe sobre a proibição e a produção de mudas, a distribuição e o plantio da *Spathodea Campanulata*, também conhecida como Espatódea ou Bisnagueira, incentiva a substituição das existentes e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/sc/c/criciuma/lei-ordinaria/2020/767/7674/lei-ordinaria-n-7674-2020-dispoe-sobre-a-proibicao-e-a-producao-de-mudas-a-distribuicao-e-o-plantio-da-spathodea-campanulata-tambem-conhecida-como-espatodea-ou-bisnagueira-incentiva-a-substituicao-das-existentis-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 16 abr. 2020.

COSTA, L. Guia fotográfico de identificação de abelhas sem ferrão, para resgate me áreas de supressão florestal. Instituto Tecnológico Vale (ITV), 2019, 99p.

CURITIBA – LEI Nº 15.567, DE 12 DE DEZEMBRO de 2019 - Proíbe a produção de mudas e o plantio da *Spathodea Campanulata*, também conhecida como Espatódea, Bisnagueira, Tulipa-do-Gabão, Xixi-de-Macaco ou Chama-da-Floresta. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/lei-15567-2019-curitiba_387248.html. Acesso em: 10 de fev. 2020.

GOOGLE. Google Earth website.<http://earth.google.com/>,2019.

LABRADA, R.; DIAZ-MEDINA, A. 2009. The invasiveness of the African Tulip Tree, *Spathodea campanulata* Beauv. **Biodiversity**, **10** (2-3):79-82, DOI:10.1080/14888386.2009.9712848

LARRUE, S. et al. 2016. Elevational distribution and photosynthetic characteristics of the invasive tree *Spathodea campanulata* on the island of Tahiti (South Pacific Ocean). **NeoBiota**, **30**:127–149. Disponível em: <https://neobiota.pensoft.net/article/8201/> . Acesso em: 13 abr. 2020. DOI: <https://neobiota.pensoft.net/article/8201/>

LOWE, S.; BROWNE, M; BOUDJELAS, S; DE POORTER, M. 2004. **100 of the World's Worst Invasive Alien Species; a selection from the Global Species Database**, Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12p. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2000-126.pdf>

LUGO, A.E. 2004. The outcome of alien tree invasions in Porto Rico. **Frontiers Ecology Environment**; **2**(5):265–273. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0265:TOOATI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0265:TOOATI]2.0.CO;2)

MAGGI, M. et al. 2016. Honeybee health in South America. **Apidologie** **47**:835–854 DOI: 10.1007/s13592-016-0445-7

MORAES-ALVES, M; M. B de et al. 2003. Fitotoxicidade em *Apis mellifera* africanizada (Hym.: Apidae). I. Secreção do botão floral e néctar de *Spathodea campanulata* Beauvois (Bignoniaceae). **Biotemas**; **16**(2): 89-103. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/22033/19974>>. Acesso em: 19 jun. 2020. doi:<https://doi.org/10.5007/%x>.

NOGUEIRA-NETO, P. 1997. Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. São Paulo: Ed. Nogueirapis, 446p.

OLIVEIRA, R.M. de; GIANNOTTI, E.; MACHADO, V.L.L. 1991. Visitantes florais de *Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae). **Bioikos**; **5** (2):7-30. Disponível em: <http://periodicos.puc-campinas.edu.br/seer/index.php/bioikos/article/view/984/961>. Acesso em: 10 jun.2020.

OLIVEIRA, L.N. de; SARTOR, G.M.; DUARTE, M.M.; BORTOLUZZI, A.L.; SARTORI, I.A. 2020. Resgate, produção de mudas e divulgação de espécies de frutíferas nativas e exóticas para comunidades rurais do litoral sul de Santa Catarina. In: 9º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul, p.26 -33. <<http://criciuma.ifsc.edu.br/sict-sul/images/Anais2020.pdf>>

PAIVA FRANCO, DENISE et al . Evaluación del potencial insecticida del néctar de *Spathodea campanulata* (Bignoniaceae) sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Rev. Colomb. Entomol.**, Bogotá , v. 41, n. 1, p. 63-67, June 2015 . Available from <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882015000100010&lng=en&nrm=iso>. access on 21 Apr. 2021..

QUEIROZ, A.C.M. de; LEON CONTRERA, F.A.; VENTURIERI, G.C. 2014. The effect of toxic nectar and pollen from *Spathodea campanulata* on the worker survival of *Melipona fasciculata* Smith and *Melipona seminigra* Friese, two Amazonian stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Sociobiology**, **61**(4):536-540. Disponível em: <http://periodicos.uefs.br/ojs/index.php/sociobiology/article/view/524/616>. Acesso em: 16 abr. 2020. DOI: 10.131032/sociobiology.v61i4.536-540.

RANGAIAH, K.; PURNACHANDRA RAO, S.; SALOMON RAJU, A.J. 2004. Bird-pollination and fruiting phenology in *Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae). **Beitrag zur Biologie der Pflanzen**, **73**:395-408. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jacob_Solomon_Raju_Aluri/publication/258997783_Bird-pollination_and_fruiting_phenology_in_Spathodea_campanulata_Beauv_Bignoniaceae/links/0c96053929fffa5def000000/Bird-pollination-and-fruiving-phenology-in-Spathodea-campanulata-Beauv-Bignoniaceae.pdf. Acesso em: 15 abr. 2020.

RIBEIRÃO PRETO. LEI Nº 10.907 DE 28 DE AGOSTO de 2006. Proíbe a produção de mudas e o plantio da *Spathodea campanulata* também conhecida como “espatódea” ou “Bisnagueira! E incentiva a substituição das existentes. Disponível em: <https://cm.jusbrasil.com.br/legislacao/681853/lei-10907-06>. Acessada em: 10 de fev. 2020.

RIBEIRO, M. de F. et al. 2018. *Spathodea campanulata* (bignoniaceae): flower visitors and nectar characteristics. XII ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 2018, Uberlândia. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1109537/1/MArcia.pdf>. Acesso em: 10 de abr. 2010.

SANTA CATARINA - LEI Nº 17.694, DE 14 DE JANEIRO DE 2019. Proíbe a produção de mudas e o plantio da *Spathodea Campanulata*, também conhecida como Espatódea, Bisnagueira, Tulipeira-do-Gabão, Xixi-de-Macaco ou Chama-da-Floresta e incentiva a substituição das existentes. Disponível em: http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2019/17694_2019_lei.html. Acesso em 10 de jul. 2019.

SANTOS, V.H.M. et al. 2017. Peptide composition, oxidative and insecticidal activities of nectar from flowers of *Spathodea campanulata* P. Beauv. **Industrial Crops and Products** **97**: 211-217. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.025>. Acesso em: 12 jun. 2020.

SUTTON, G.F.; PETERSON, I.D.; PAYNTER, Q. 2017. Genetic matching of invasive populations of the African tulip tree, *Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae), to their native distribution: Maximising the likelihood of selecting host-compatible biological control agents, **Biological Control**, **114**: 167-175. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.08.015>.

TRIGO, J. R.; SANTOS, W.F. dos. 2000. Insect mortality in *Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae) flowers. **Revista Brasileira de Biologia**, **60**(3):537-538. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-

71082000000300019&lng=en&nrm=iso>. access on 16 Apr. 2020.
<https://doi.org/10.1590/S0034-71082000000300019>.

VALE, A.V do; SARMENTO, T.R.; ALMEIDA, A.N. 2005. Caracterização e uso de madeiras de galhos de árvores provenientes da arborização de Brasília, DF. **Ciência Florestal**, **15**(4):411-420.
<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/1878/1125>. Acesso em: 21 abr. 2020.

Utilização do *Wolfram Alpha* no auxílio do processo de ensino-aprendizagem de astronomia

10.35819/scientiatec.v10i1.6418

Mateus Antônio Resende¹
Laysa Gonçalves Martins²

Resumo: A utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) na educação básica, apesar de aconselhada, é pouco difundida. Isso porque faltam estratégias de ensino que proporcionem aos professores e alunos, ferramentas para a utilização das mesmas. O objetivo deste trabalho é apresentar o mecanismo de busca Wolfram Alpha e uma série de metodologias e atividades práticas que podem ser utilizadas a fim de inserir essa tecnologia e suas características no processo de ensino-aprendizagem de conteúdos de Astronomia. A metodologia de pesquisa utilizada foi do tipo exploratória, fornecendo uma visão ampla sobre a plataforma e suas principais características e funcionalidades. Destacando a interdisciplinaridade, com a possibilidade de interação da Astronomia com outras áreas no mesmo ambiente, e ainda, com outros ambientes externos, como o software Stellarium. Ao final, fica claro que o uso do Wolfram Alpha como ferramenta de ensino pode facilitar a compreensão dos estudantes sobre conceitos astronômicos complexos, como órbitas planetárias e movimentos celestes. Além disso, a plataforma permite que os usuários realizem cálculos e simulações em tempo real, o que pode aumentar a participação e o interesse pela disciplina.

Palavras-chave: Astronomia; Wolfram Alpha; Tecnologias na Educação.

Abstract: The use of Information and Communication Technologies (ICTs) in basic education, although recommended, is not widely spread. This is because there is a lack of teaching strategies that provide teachers and students with tools for their use. The aim of this work is to present the Wolfram Alpha search engine and a series of methodologies and practical activities that can be used to insert this technology and its features into the teaching-learning process of Astronomy content. The research methodology used was exploratory, providing a broad view of the platform and its main features and functionalities. Highlighting the interdisciplinarity, with the possibility of interaction between Astronomy and other areas in the same environment, and also with external environments, such as the Stellarium software. In the end, it becomes clear that the use of Wolfram Alpha as a teaching tool can facilitate students' understanding of complex astronomical concepts, such as planetary orbits and celestial movements. In addition, the platform allows users to perform real-time calculations and simulations, which can increase participation and interest in the discipline.

Keywords: Astronomy; Wolfram Alpha; Technologies in Education.

¹ Doutor em Física pela UFJF, E-mail: mateus.ufsj@gmail.com

² Doutora em Física pela UFJF, E-mail: laysamartinsymail@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Uma das questões centrais sobre o ensino de Astronomia na Educação Básica é a estranheza em se estudar conceitos e informações que vão além do que se pode enxergar. Assim como o Universo microscópico que temos acesso visual apenas através de ferramentas ópticas apropriadas, o macrocosmo, constituído por estrelas, planetas, galáxias, aglomerados de galáxias, entre outros, na maioria das vezes não nos é acessível a olho nu. Este fato não deve, no entanto, ser encarado como uma dificuldade mas sim, como uma oportunidade de se relacionar leis físicas e dados observacionais complexos com questões do cotidiano, como fases da Lua, estações do ano, o brilho das estrelas, até mesmo práticas na agricultura, dentre muitas outras (OLIVEIRA e SARAIVA, 2014; BOCZKO e LEISTER, 2006) . Por este motivo, faz-se necessário a elaboração de estratégias inovadoras que utilizem tecnologias como recursos didáticos a fim de ampliar as possibilidades de ensino por parte do professor e o desenvolvimento de um aluno com postura ativa no seu próprio processo de aprendizagem (CERIGATTO, 2019).

Desde 1998, com a criação da Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA), o estudo da Astronomia vem sendo mais incentivado nas escolas brasileiras. A OBA tem crescido e se estabelecido como um dos principais eventos de popularização da ciência do país, sendo oferecida para estudantes de todas as regiões do Brasil. Através dela, eles têm a oportunidade de participar de atividades e competições que estimulam o interesse pela ciência e pela tecnologia, bem como de interagir com professores e pesquisadores da área. Além disso, a OBA também promove a divulgação científica, por meio da publicação de materiais educativos e informativos sobre Astronomia e ciências espaciais (LEITE e JÚNIOR, 2020).

De acordo com Chaimovich (2000), desde a revolução industrial não há como separar as evoluções na Ciência das aplicações no mundo. Os últimos anos, por exemplo, apresentaram significativas transformações e avanços em Ciência e Tecnologia. Foram pesquisas de ponta em viagens espaciais, dispositivos eletrônicos de última geração, avanços na área da saúde, entre outros. No entanto, a questão da educação não tem acompanhado a evolução tecnológica. As velhas imagens de livros defasados e o tradicional quadro e giz, ainda são uma realidade predominante nas escolas em detrimento do uso de outras metodologias e instrumentos didático-pedagógicos.

Parte dessa questão, se deve a algumas deficiências na formação inicial dos professores, que podem, por ventura, não terem adquirido as habilidades e competências necessárias em sua formação para a inclusão de certos conteúdos em suas aulas (ARCADINHO; FOLQUE; DA COSTA, 2020), mas muito se deve também a falhas de planejamento e de políticas públicas efetivas que revertam esse quadro, como também a questões culturais que permeiam o meio acadêmico de forma a deixar as tecnologias do lado de fora das salas de aula.

A concepção de atividades práticas têm reforçado o uso de roteiros fechados, poucas possibilidades de intervenção e/ou modificação por parte dos alunos ao longo das etapas de um procedimento experimental, receitas prontas, com abordagem tradicional, restritas, fechadas, experimentos de verificação e confirmação de teoria previamente definida. Além disso, encontram-se em algumas escolas, laboratórios trancados pela coordenação, ou quando em uso, estabelecem-se limitações ou proibições do manuseio de seus instrumentos. (NARDI, 2012, p.151)

Em um panorama geral para a educação o que vemos é que muitas vezes não se acredita ser possível introduzir o uso de tecnologias nas práticas de ensino. No entanto, é fundamental compreender a relação entre escola e sociedade e o papel que cada uma pode exercer no contínuo processo de ensino-aprendizagem. Um dos grandes desafios dos profissionais da educação é a inserção das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ambiente escolar (LALUEZA; CRESPO; CAMPS, 2010). É comum a utilização de recursos audiovisuais nas aulas, porém esses funcionam apenas como transmissores de informações, não promovendo mudanças significativas nos modelos educacionais vigentes (DE FRANÇA, 2020). Não se trata, portanto, de simplesmente inserir um recurso tecnológico na sala de aula e manter a metodologia expositiva tradicional. É necessário implementar atividades que rompam com esse modelo e aumentem a interação entre professor e aluno, assim como a entre aluno e sociedade, tornando-o parte ativa e criativa desse processo.

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) possuem um potencial pedagógico que pode desempenhar um papel fundamental não somente no processo de ensino-aprendizagem, como também na integração entre o meio acadêmico e a sociedade em que ele está inserido (RODRIGUES, 2010). Nos dias atuais é inevitável que as tecnologias adentrem as salas de aula, via professores ou mesmo via alunos, uma vez que essas estão presentes no cotidiano de todos. Acredita-se ser mais

sensato, criar estratégias para que o potencial dessas tecnologias possa ser explorado e o ensino, atualizado.

Ao tratar da reflexão sobre ambientes de aprendizagem e, mais profundamente, sobre ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), torna-se necessário analisar as potencialidades dos recursos tecnológicos disponíveis e discutir a formação dos professores para que reflitam, interpretem e utilizem criticamente a tecnologia no contexto educacional. (ROSTAS, 2009, p.136)

Nesse cenário se encontra o Wolfram Alpha. Um site, mais precisamente um mecanismo de pesquisa, que é capaz de realizar buscas através de processamento computacional. Em termos mais simples, funciona da seguinte forma: ao entrar no ambiente do Wolfram Alpha e digitar um termo no campo “Pesquisa”, ele fará uma busca completa no seu banco de dados e lhe retornará com a resposta. Diferente de outros mecanismos de busca, como o Google, por exemplo, que retorna uma série de endereços (páginas da internet), nos quais pode ser encontrada a resposta para a busca.

Em uma interface simples e intuitiva, o Wolfram Alpha abrange diversas áreas do conhecimento como Matemática, Física, Química, Astronomia, História, Música, entre outras. No contexto de TICs, uma das principais características é o seu dinamismo e ainda, a possibilidade de sua utilização de forma concomitante com outras metodologias, como a experimental, uma vez que é possível verificar dados e informações de diferentes elementos, materiais químicos, entre outros. Ele pode ainda ser utilizado pensando na formação de professores e do público em geral, uma vez que sua plataforma é de fácil acesso e aborda desde questões mais simples às mais complexas das áreas abrangidas.

Neste trabalho, apresentamos alguns recursos do Wolfram Alpha e suas funcionalidades como ferramenta de auxílio no ensino de temas introdutórios de Astronomia. Após uma breve introdução sobre ele, apresentamos uma série de propostas de atividades que podem ser utilizadas em sala de aula. Algumas considerações finais são feitas na última seção.

Wolfram Alpha: um Objeto Virtual de Aprendizagem

Um dos projetos da empresa Wolfram, criadora da linguagem Wolfram e também do Mathematica, esse último mais conhecido pela comunidade científica, o Wolfram Alpha foi disponibilizado ao público em 2009 e, desde então, vem sofrendo

melhorias e alterações, se adequando às mudanças constantes do mundo da tecnologia da informação. De acordo com informações obtidas no site oficial do Wolfram, as pesquisas no Wolfram Alpha são realizadas através de cálculos dinâmicos com base em uma vasta coleção de dados, algoritmos e métodos integrados. São mais de 15 milhões de linhas de código em mais de 10 mil CPUs.

Disponível gratuitamente nas versões para computador com sistemas operacionais Windows, Linux ou Mac OS e, para dispositivos móveis, para as plataformas Android, IOS e Kindle Fire. Possui também versões Pro, que são versões pagas, com um ambiente específico para estudantes e outro para professores. O programa oferece ferramentas para facilitar a interação com a sua interface, tais como: teclado estendido (com letras gregas e símbolos matemáticos), controle de zoom, hiperlinks, entrada de dados e imagens, upload de arquivos, download de páginas interativas, preenchimento automático de busca, dentre outros. Desenvolvido no idioma inglês, é possível fazer a tradução instantânea de suas informações para outros idiomas.

A pesquisa sobre algum conteúdo através do Wolfram Alpha pode ser feita tanto por meio do campo de pesquisa como também através das sugestões/exemplos fornecidos pelo sistema. Para toda pesquisa feita, é apresentado no final da página uma série de sugestões para acesso do usuário. Sabendo que o Wolfram Alpha utiliza uma coleção de dados para fornecer a resposta sobre o tópico pesquisado, é possível ver quais foram as referências utilizadas, para isso, basta clicar no final da página em "Sources". É importante ressaltar que na versão Pro, pode-se fazer o download da página, clicando em "Download page". Outro aspecto importante a ser ressaltado refere-se a interatividade do Wolfram, já que este ao retornar com a resposta pesquisada pelo usuário, possibilita que cada informação que apareça na página seja acessada, fornecendo mais conteúdo sobre um determinado tópico.

As possibilidades de exploração do Wolfram Alpha como um ambiente virtual de aprendizagem são inúmeras. Como um mecanismo de busca, ele possui alguns exemplos que podem ajudar o estudante a familiarizar-se com a plataforma, porém, não existem modelos de ensino pré-estabelecidos, deixando a forma como esse será utilizado nas aulas, a cargo do professor. Neste trabalho, usaremos a versão online para computador com sistema operacional Linux, veja a figura 1, para mostrar algumas propostas de atividades da área de Astronomia que podem ser desenvolvidas no Wolfram Alpha. Para obter acesso, basta entrar na página oficial na

internet³. O acesso por outro sistema operacional ou ainda, por dispositivos móveis, não afeta as propostas apresentadas, podendo apenas modificar a forma como os resultados são mostrados na tela.

Figura 1: Tela principal do Wolfram Alpha na versão para computador



Fonte: captura da tela mostrada no sistema operacional Linux.

Propostas de Atividades de Ensino

Tendo em vista os diversos erros conceituais presentes no ensino de Astronomia, muitos encontrados nos livros usados na Educação básica brasileira, exploramos o desenvolvimento de algumas atividades que, ao utilizar um recurso

³ Disponível em: < <http://www.wolframalpha.com> >. Acesso em: 04 de abril de 2023.

computacional, buscam oferecer mais uma ferramenta para o ensino da Astronomia. Os erros conceituais mais comuns encontrados segundo Langhi e Nardi (2007) são sobre: estações do ano; Lua e suas fases; movimentos e inclinação da Terra; representação de constelações; estrelas; dimensões dos astros do Sistema Solar; número de satélites e anéis em alguns planetas; pontos cardeais; características planetárias; aspectos de ordem histórica e filosófica relacionados com a Astronomia.

Longhini e Menezes (2010) apresentam propostas de atividades usando o software Stellarium para questões que abordam o movimento aparente do céu, sendo considerados os astros principais, Lua, Sol e estrelas e a localização geográfica sobre a Terra discutindo questões que envolvem os pontos cardeais. Com o uso do Wolfram Alpha, propõem-se no presente trabalho, atividades sobre as propriedades físicas e químicas de alguns planetas, as estações do ano, os lançamentos de foguetes, a descoberta de eventos astronômicos em conjunto com o Stellarium e a evolução do Universo.

Propriedades físicas e químicas de alguns planetas

Essa atividade pretende destacar as propriedades físicas e químicas dos planetas do Sistema Solar. Muitas dessas propriedades são obtidas através da luz emitida pelos objetos astronômicos, sendo, portanto, um aspecto importante para o entendimento da astrofísica. O estudo e a interpretação da radiação emitida por esses objetos permite extrair informações a respeito do movimento, da temperatura e de sua composição química, dentre outras.

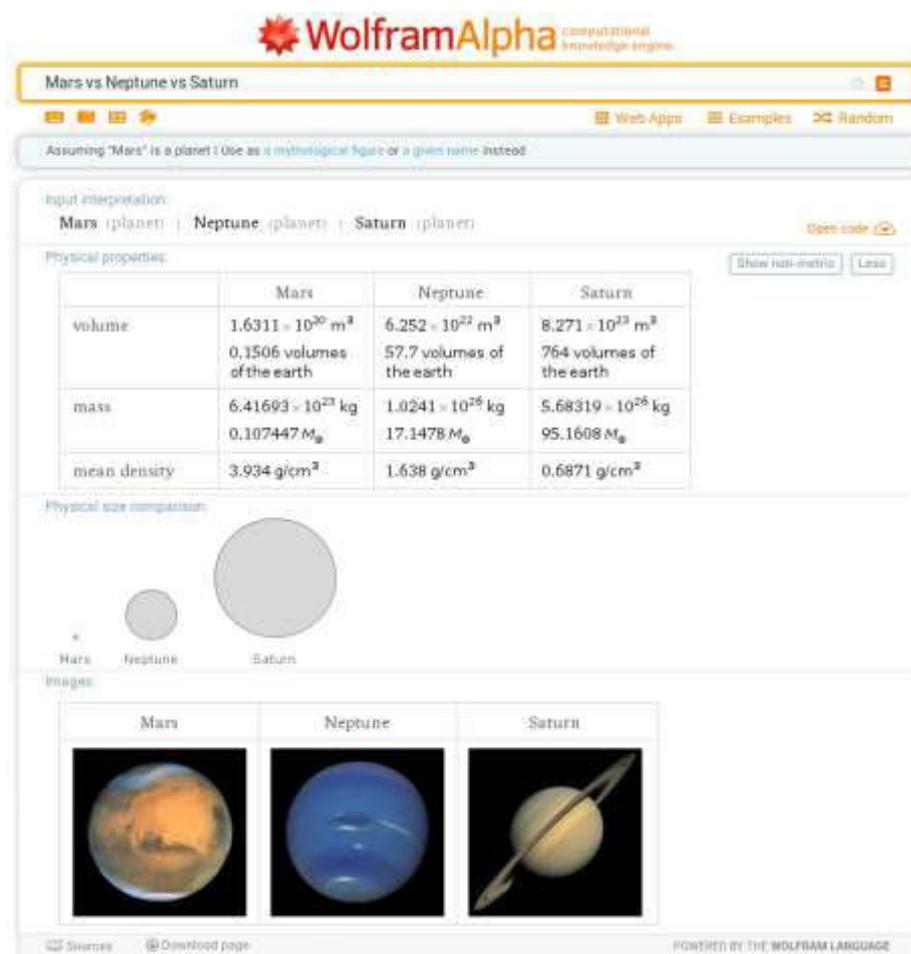
Por exemplo, a presença de determinadas linhas espectrais na luz emitida pelo planeta pode indicar a presença de moléculas específicas em sua atmosfera, como o dióxido de carbono ou o vapor d'água. A forma como essas linhas espectrais são distribuídas e intensificadas pode revelar a temperatura, pressão e densidade das camadas atmosféricas do planeta. Além disso, a análise do espectro da luz refletida pelo planeta pode fornecer informações sobre suas propriedades físicas, como a presença de nuvens, poeira ou superfícies rochosas. Essas informações podem ser usadas para inferir a idade, a formação e a evolução do planeta.

Em relação às propriedades físicas, será comparado o volume, a massa, a densidade e a gravidade entre esses planetas, no intuito de se perceber as diferenças entre eles e a Terra. Sabe-se que os planetas podem ser divididos entre o grupo de

telúricos e jovianos, no qual o primeiro é composto pelos planetas rochosos, com densidade próxima à da Terra, isto é, $5,515 \text{ g/cm}^3$ em média, enquanto que o segundo grupo é composto por planetas gasosos, que possuem densidades próximas à de Júpiter, $1,3262 \text{ g/cm}^3$ em média. Com base nisso, podemos fazer a seguinte pergunta: “A qual grupo pertencem os planetas Marte, Netuno e Saturno?”

Das propriedades físicas, ao se clicar em “More”, no canto superior direito, podem ser vistas mais algumas dessas características. Dentre os vários dados fornecidos pela tabela, é mostrado que a densidade média de Marte equivale a $3,934 \text{ g/cm}^3$, a de Netuno $1,638 \text{ g/cm}^3$ e a de Saturno $0,6871 \text{ g/cm}^3$. Diante dessas informações, podemos concluir que Marte faz parte do grupo dos planetas telúricos enquanto que Netuno e Saturno pertencem ao grupo dos planetas jovianos. Veja essas informações na figura 2.

Figura 2: Busca “Mars vs Neptune vs Saturn” no Wolfram

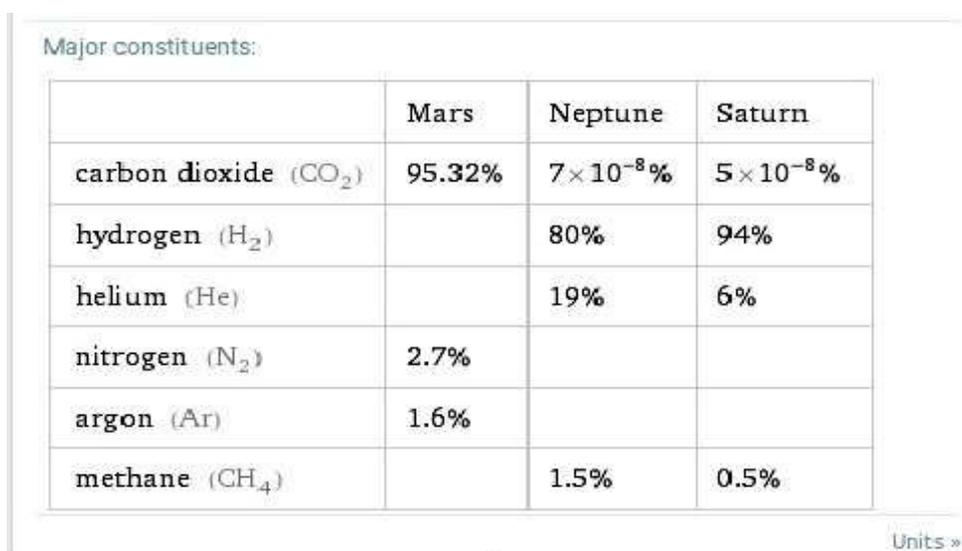


Fonte: captura da tela mostrada no sistema operacional Linux.

Outro aspecto que pode ser destacado entre os planetas que podem ser agrupados entre telúricos e jovianos, isto é, entre planetas rochosos e gasosos, respectivamente, é sobre seus principais constituintes químicos. Dessa forma, pode-se questionar: “Quais são os principais constituintes químicos e quais as suas proporções em cada um desses planetas?”

Na parte sobre “*major constituents*”, como mostrado na figura 3, é possível ver que cerca de 95% de Marte é constituído de dióxido de carbono e que em Netuno e Saturno, 80% e 94% corresponde a hidrogênio, respectivamente. Os gases nitrogênio e argônio estão presentes apenas em Marte. Ao clicar em algum dos constituintes, uma série de informações referentes a sua estrutura química, as suas propriedades termodinâmicas, propriedades tóxicas, dentre outras. De um modo geral, observou-se que grande parte dos constituintes químicos dos planetas gasosos são hidrogênio e hélio. A formação de elementos químicos ocorreu no Universo primordial, que deu origem aos elementos mais leves, e no interior de estrelas ou explosões de supernovas, formando os elementos mais pesados. Para um estudo mais detalhado sobre a abundância de elementos leves veja Waga (2005).

Figura 3: Maiores constituintes dos planetas da atividade 1



	Mars	Neptune	Saturn
carbon dioxide (CO ₂)	95.32%	$7 \times 10^{-8}\%$	$5 \times 10^{-8}\%$
hydrogen (H ₂)		80%	94%
helium (He)		19%	6%
nitrogen (N ₂)	2.7%		
argon (Ar)	1.6%		
methane (CH ₄)		1.5%	0.5%

Fonte: captura da tela mostrada no sistema operacional Linux.

Outra informação que pode ser obtida é a respeito da gravidade e da temperatura. Assim, pode-se levantar a seguinte discussão: “Análise a gravidade e a variação de temperatura existentes nesses planetas.” Para a gravidade vemos que Marte possui $0,378 g$, Netuno $1,137 g$ e Saturno $1,065 g$, onde g é a aceleração da

gravidade na Terra. Para a temperatura pode-se ver que em Marte os valores de mínimos e máximos variam entre $-87\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente, em Netuno estão entre $-218\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ e em Saturno a temperatura média é de $-139\text{ }^{\circ}\text{C}$. Observe essas informações pela figura 4.

Figura 4: Alguns dados complementares sobre a atividade 1

Physical properties:			
	Mars	Neptune	Saturn
gravity	3.71 m/s ² 0.378 g	11.15 m/s ² 1.137 g	10.44 m/s ² 1.065 g

Atmosphere:			
	Mars	Neptune	Saturn
atmospheric pressure	(0.0065 to 0.011) bar (at surface)	(0.3 to 5) bar (at visible cloud level)	0.4 bar (at visible cloud level)
minimum temperature	$-87\text{ }^{\circ}\text{C}$ (at surface)	$-218\text{ }^{\circ}\text{C}$ (at 1 bar)	
average temperature	$-47\text{ }^{\circ}\text{C}$ (at surface)	$-209\text{ }^{\circ}\text{C}$ (at 1 bar)	$-139\text{ }^{\circ}\text{C}$ (at 1 bar)
maximum temperature	$-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (at surface)	$-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ (at 1 bar)	

Fonte: captura da tela mostrada no sistema operacional Linux.

Tanto os seres humanos como todas as demais formas de vida terrestre, tais como os animais, as plantas e os microrganismos, nasceram, cresceram e morreram sobre os efeitos da força da gravidade do planeta Terra. Assim, todas as atividades realizadas na Terra por estes seres vivos são feitas com naturalidade e facilidade, diante a gravidade. Todavia, a vida no espaço, apresenta muitas diferenças em relação à vida na superfície do planeta Terra. Nesse sentido, torna-se fundamental estudar e analisar o comportamento dos seres vivos quando expostos a ambientes, como por exemplo, aos quais a gravidade é menor ou maior do que a gravidade terrestre. Muitas questões nessa área estão sendo estudadas pela Biologia e pela Medicina Espacial (HOLTON; SOUZA, 2007).

Entender essas questões é de extrema importância para uma futura colonização de outros planetas ou corpos celestes, assim como entender sobre os próprios organismos que vivem na superfície terrestre é fundamental para compreendermos algumas questões sobre a evolução desses organismos. Em particular, as plantas quando expostas a ambientes em que há uma diminuição ou

ausência da gravidade, podem deixar de apresentar o crescimento de suas raízes direcionadas para o centro do planeta, movimento conhecido por geotropismo, segundo estudo feito pela Nasa, que traz informações do programa de Sistema de Produção Vegetal (VEGGIE). Dessa maneira, as plantas perdem o geotropismo, passando a crescer em direções variadas.

As viagens espaciais levam a diversos experimentos, como foi o caso, por exemplo, do voo espacial da nave Soyuz, em março de 2006, que teve como um dos astronautas, o brasileiro Marcos Cesar Pontes. Marcos Pontes levou oito experimentos, dentre eles, a germinação de sementes de feijão para estudar os efeitos de um ambiente de microgravidade sobre este. Destaca-se também a companhia SpaceX, que enviou a nave não tripulada, Dragon, para reabastecer a Estação Espacial Internacional, levando 2300 quilos de provisões além de equipamentos para experiências científicas, em especial, para o estudo do crescimento de plantas e estudo de ratos na ausência da gravidade. Para mais detalhes, acesse o site da SpaceX⁴.

Sistema Solar (Estações do ano)

Os astros podem representar uma referência espacial e temporal para a humanidade ao fornecer orientação e direção assim como a possibilidade de mensurar o tempo através da observação de alguma estrela. Sabe-se que uma das maiores influências do tempo na vida humana é dada pelo ciclo de dias e noites, pois a partir deles, passou-se a observar e diferenciar eventos frequentes, mudanças climáticas de eventos raros, como eclipses, entre outros.

A curiosidade e a necessidade de se compreender o Universo existe desde tempos remotos. Com o entendimento da periodicidade de eventos astronômicos foi possível estabelecer épocas adequadas para o plantio e para a colheita, as influências das estações do ano, dentre outras. Dessa maneira, várias civilizações criaram as mais diversas explicações para os fenômenos observados no céu refletindo nas ações humanas e no desenvolvimento científico.

Com as observações do céu logo se percebeu que haviam alguns objetos que não se moviam como as estrelas, enquanto outros apresentavam variações em suas

⁴ Disponível em: < <http://www.spacex.com/> >. Acesso em: 13 de nov. de 2022.

posições ao decorrer do tempo, como os planetas. Alguns dos planetas do nosso sistema solar que conhecemos hoje puderam ser vistos a olho nu, como por exemplo Mercúrio, Vênus, Marte, enquanto outros foram descobertos com ajuda de telescópios, como foi o caso dos planetas Urano e Netuno.

Dessa maneira, percebe-se que o desenvolvimento científico juntamente com o avanço tecnológico permitiu a compreensão de vários aspectos do Universo, apesar de ainda existirem muitos em aberto. Em relação ao nosso sistema solar, muitas informações são conhecidas e podem ser vistas, por exemplo, na seção de *sistema solar* do Wolfram Alpha, que traz informações a respeito do Sol, planetas, satélites naturais, planetas menores, cometas, características do sistema solar e tempo espacial.

No campo de pesquisa do Wolfram Alpha, ao se digitar o nome de algum astro, obtêm-se informações tais como a identificação do seu tipo, para o caso de planeta, as propriedades orbitais, que contêm informações como distância atual até a Terra, distância média até a Terra, distância atual até o Sol, maior distância do centro da órbita, distância mais próxima do centro da órbita, período orbital; há ainda as opções *mostrar mais* e *mostrar história*. Na opção *mostrar mais*, dentre as diversas informações, têm-se excentricidade, inclinação e velocidade heliocêntrica média. Em *mostrar história* é fornecido um gráfico da variação da distância no período de um ano. Nas *propriedades físicas* pode-se obter o raio equatorial, a massa, o período de rotação, o número de luas e a idade.

Nessa seção, há também informações sobre magnitude aparente, gravidade, velocidade de escape e satélites. Em *características da atmosfera* têm-se informações de pressão e temperatura atual, assim como a possibilidade de mostrar maiores constituintes por volume e um gráfico com esses dados. Há também a configuração atual do sistema solar, tendo as opções de ampliar ou reduzir a imagem, assim como a localização equatorial atual, uma imagem do planeta, objetos próximos, sondas, tempo sideral local e texto explicativo sobre o planeta. Destacando também a imagem da posição atual do planeta em relação ao local do observador na Terra.

Diante dessa vasta lista de dados, é interessante saber quais planetas possuem algum tipo de semelhança com o planeta Terra. Por exemplo, sabe-se que as estações do ano são determinadas principalmente pela inclinação do astro em relação ao plano da órbita em torno do Sol. Assim, pode-se propor o seguinte questionamento: “Quais planetas possuem dias e estações próximos aos da Terra?”

Para se descobrir isso, será analisada a inclinação do astro em relação ao plano da órbita em torno do Sol. Assim, planetas que possuem inclinação próxima ao valor da inclinação da Terra terão dias e estações próximas aos da Terra. Para saber informações a esse respeito basta ir no item sobre propriedades físicas e selecionar para ver mais informações. No item obliquidade (inclinação em relação ao plano da órbita), vê-se que a inclinação da Terra é de $23,45^\circ$. Para saber mais informações basta clicar sobre “obliquity”. Dentre as informações apresentadas na página, pode-se atentar ao quadro apresentado com as propriedades de rotação. Nesse, é possível ver a obliquidade, a direção de rotação, o período de rotação, o dia solar, a velocidade angular equatorial e a velocidade equatorial.

Analisando-se, por exemplo, os planetas Vênus, Terra e Marte, é possível consultar cada planeta separadamente, como também digitar no campo de pesquisa “obliquity of Venus vs Earth vs Mars”. Veja na figura 5 abaixo o resultado mostrado pelo Wolfram Alpha:

Figura 5. Busca “obliquity of Venus vs Earth vs Mars” no Wolfram Alpha

The screenshot shows the Wolfram Alpha interface with the search query 'obliquity of Venus vs Earth vs Mars'. The results are organized into sections: 'Input interpretation', 'Results', and 'Rotation properties'.

Input interpretation:

Venus	
Earth	obliquity
Mars	

Results:

Venus	177.36° (degrees) (☿)
Earth	23.45° (degrees) (♁)
Mars	25.19° (degrees) (♂)

Rotation properties:

	Venus	Earth	Mars
obliquity	177.36° (degrees)	23.45° (degrees)	25.19° (degrees)
rotation direction	retrograde	prograde	prograde
rotation period	243.018 days	23.934472 hours	24.6229622 hours
solar day	116.75 days	24 hours	24.6597899 hours
equatorial angular velocity	0.00411492 rev/day (revolutions per day)	1.0027378 rev/day (revolutions per day)	0.974699947 rev/day (revolutions per day)
equatorial velocity	1.811 m/s (meters per second)	465.1 m/s (meters per second)	240.73 m/s (meters per second)

At the bottom of the page, there are links for 'Sources', 'Download page', and 'POWERED BY THE WOLFRAM LANGUAGE'.

Fonte: captura da tela mostrada no sistema operacional Linux.

De acordo com os dados apresentados, pode-se identificar que Marte é o planeta que possui dias e estações mais próximos aos da Terra, pelas informações entre período de rotação e dia solar, além de ser o que apresenta o valor de obliquidade mais próximo ao da Terra. Outra informação que se pode visualizar facilmente é que apesar da Terra e de Marte possuírem o valor da velocidade angular equatorial próximos, a

Terra se move mais rapidamente que Marte de acordo com o valor da velocidade equatorial.

Destaca-se que com essa simples atividade é possível entender que as estações do ano não são devido ao afastamento ou aproximação da Terra em relação ao Sol no decorrer do ano e sim, principalmente, à inclinação do eixo da Terra em relação ao plano da órbita em torno do Sol. Essa inclinação possibilita que um dos hemisférios receba mais luz solar durante certas épocas do ano do que o outro hemisfério, caracterizando assim a estação do verão em que os dias são mais longos do que as noites, enquanto que no outro hemisfério as noites são mais longas, tendo o inverno como estação.

O início das estações do ano, verão e inverno, são determinadas pelo solstício, que é o momento em que o Sol atinge a maior declinação em latitude medida a partir da linha do equador, ou seja, quando esse fenômeno ocorre no verão significa que haverá dias mais longos enquanto que no inverno as noites que serão mais longas. Todavia, há dois dias no ano em que a Terra recebe praticamente a mesma quantidade de luz solar nos dois hemisférios, isto é, a duração entre o dia e a noite são iguais, esse fenômeno é conhecido como equinócio, que são os equinócios da primavera e do outono.

Lançamento de foguetes

Em meados do século XX, em plena Guerra fria, o mundo observou a corrida espacial entre Estados Unidos da América (EUA) e a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), e o desenvolvimento substancial das tecnologias da época. Dentre essas tecnologias destacamos o Sputnik, que em 1957 foi o primeiro de uma série de satélites artificiais lançados pela União Soviética e, posteriormente, em 1969, o Apollo 11 dos EUA, a primeira missão tripulada a fazer um pouso na Lua.

Desde então, vimos durante a história, grandes avanços científicos sendo alcançados devido às contribuições advindas da evolução dos programas espaciais em todo o mundo. Mais recentemente, o foguete Falcon Heavy, da empresa americana SpaceX que, segundo dados de sua própria página na web, possui mais capacidade de propulsão do que os modelos de foguetes lançados até então, e ainda, foi o primeiro a transportar um carro, como mostram as imagens da figura 6,

amplamente divulgadas em todos os meios de comunicação. Para informações mais detalhadas sobre a SpaceX e seus projetos, sugerimos a leitura de Dreyer (2009).

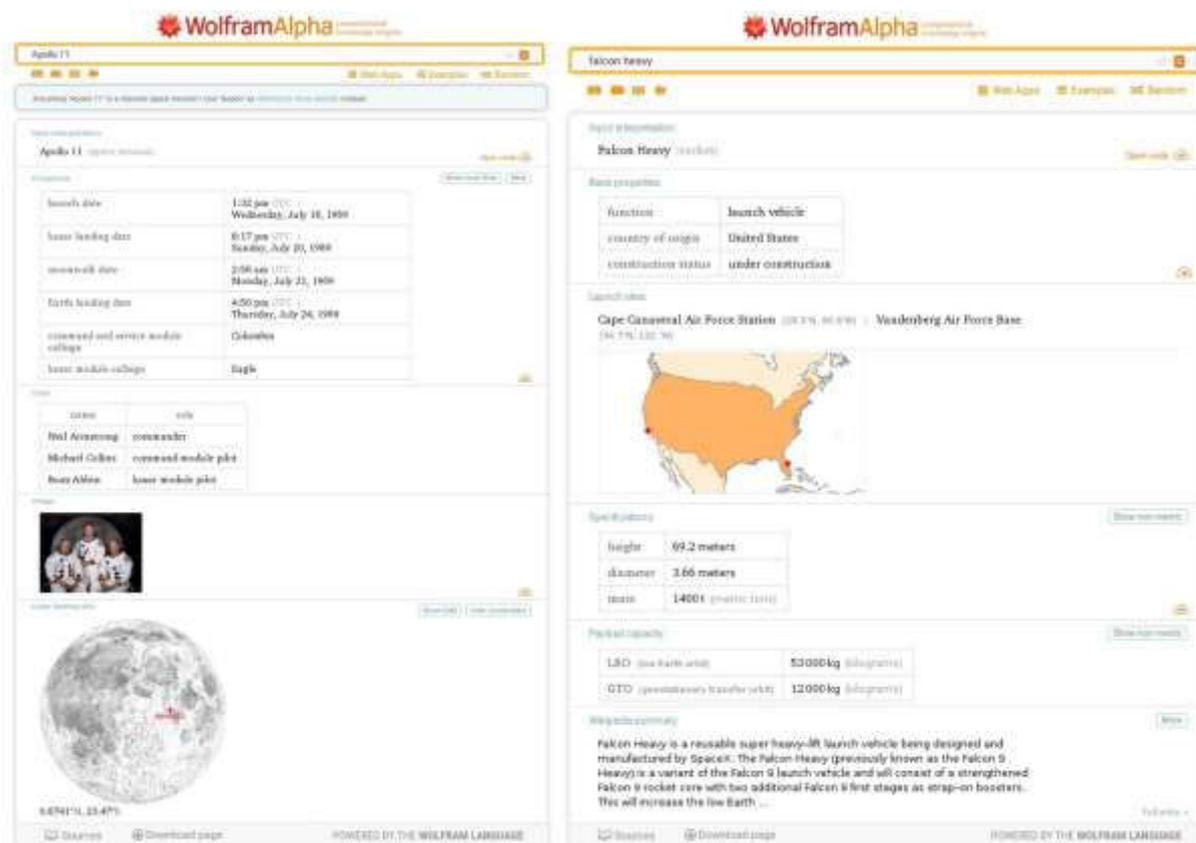
Figura 6: Fotos do Tesla Roadster enviado da Terra com o foguete Falcon Heavy.



Fonte: SpaceX via AP.

Nesse cenário de lançamentos de foguetes e viagens espaciais, o Wolfram Alpha é capaz de fornecer diversas informações a respeito de uma série de foguetes e satélites artificiais colocados em órbita da Terra, bem como fazer comparações entre esses e ainda, mostrar projeções em 2D e 3D das suas órbitas típicas. No exemplo da figura 7, foram feitas duas buscas: uma sobre a primeira missão tripulada a pousar na superfície da Lua, e a outra, sobre o último modelo de foguete fabricado pela SpaceX. Para a primeira, ao digitarmos no campo de pesquisa “Apollo 11”, diversas informações sobre a missão são fornecidas, entre elas: horários de lançamento, de aterrissagem e da caminhada na lua, nomes e postos dos tripulantes, assim como a foto dos mesmos e ainda, a posição geográfica onde foi feito o pouso na Lua. Para a segunda busca, onde se digita “falcon heavy”, são apresentadas informações como função do foguete, país de origem, especificações sobre tamanho e capacidade de carga útil, um mapa com a localização das bases de lançamento, entre outros.

Figura 7: Busca “Apollo 11” se referindo à missão tripulada e “falcon heavy”, se referindo ao foguete da SpaceX



Fonte: captura das telas mostradas no sistema operacional Linux.

Nessa seção, relacionamos algumas informações da história das viagens espaciais com o banco de dados do Wolfram Alpha. É válido ressaltar, no entanto, que nenhum dos exemplos ou atividades propostas nesse trabalho, possuem valor significativo quando apresentados de forma isolada. É necessário o contínuo acompanhamento do professor para fazer as devidas observações e questionamentos, a fim de instigar no aluno as reflexões e conclusões a respeito do tema discutido.

Como exemplo disso, tomemos a informação da figura 7, mostrando o mapa onde foram feitos os lançamentos do foguete Falcon Heavy. À primeira vista, temos apenas um mapa com as coordenadas de duas bases de lançamento e nada mais. No entanto, é possível explorar diversas informações em cima desse simples mapa. O ponto da esquerda mostra a localização da base da força aérea Vandenberg e o ponto da direita, a estação da força aérea no Cabo Canaveral, ambos locais situados na região costeira dos Estados Unidos e afastados dos grandes centros

populacionais, de forma a evitar que incidentes nos lançamentos acabem por atingir as grandes cidades do país.

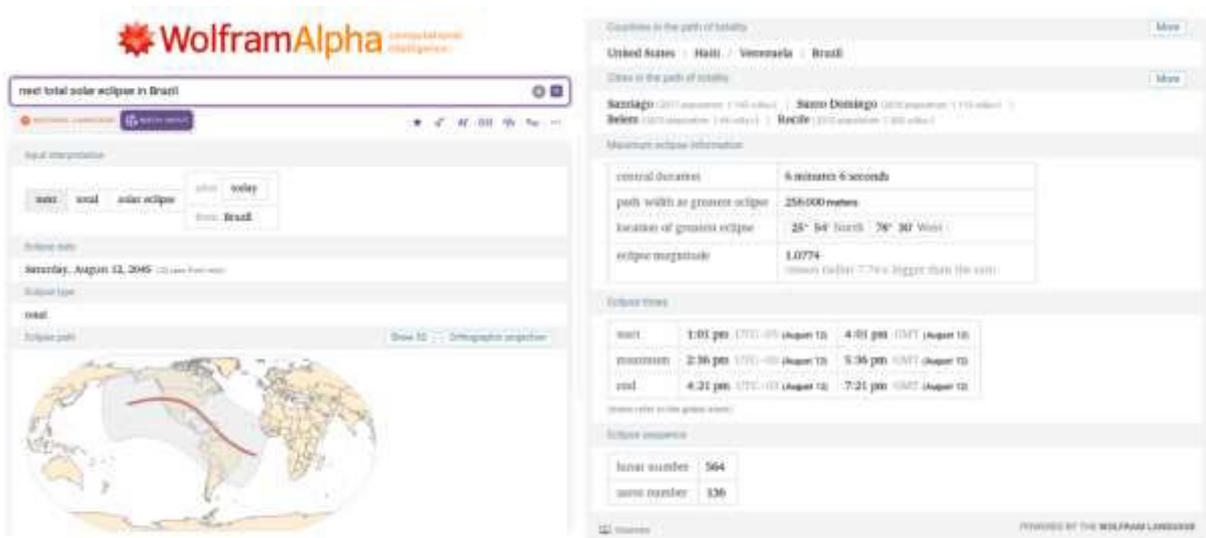
Pode-se observar que, na base de Vandenberg os foguetes são sempre lançados para o oeste, enquanto no Cabo Canaveral os foguetes são lançados para o leste. Outro ponto que pode ser destacado é o fato de ambos os locais estarem situados no extremo sul do país. Essa escolha foi feita com o intuito de deixar as bases de lançamento o mais próximas possíveis da linha do Equador, aproveitando o movimento de rotação da Terra, de forma a conseguir lançar os foguetes com uma energia menor do que em locais mais afastados da linha.

Não apenas nesse exemplo, mas em todos os resultados obtidos nas pesquisas no Wolfram Alpha, sempre haverá comentários e observações a serem feitas, a fim de obter uma melhor compreensão dos temas abordados. Por isso, acredita-se que o Wolfram Alpha, assim como todas as TICs, deve ser inserido nos planejamentos de aula e não apenas substituí-los. Ele deve ser usado como uma tecnologia que, através de figuras, dados, gráficos, entre outros, auxilie no entendimento das questões propostas em sala, assim como uma aula de laboratório facilita a compreensão de certos fenômenos que, por vezes, não ficam claros apenas no quadro e giz.

Descobrimo eventos astronômicos juntamente com o Stellarium

Nesta atividade, vamos comparar as informações sobre um evento astronômico fornecidas tanto pelo Wolfram Alpha como pelo software Stellarium. Foi escolhido o evento astronômico eclipse solar, para isso foi digitado no campo de pesquisa do Wolfram Alpha "*next total solar eclipse in Brazil*". Ele fornece então, informações sobre a data do próximo eclipse solar, uma figura mostrando o caminho do eclipse e citando outros países que poderão observá-lo em sua totalidade, com algumas das cidades e dados sobre essas, como também informações do ponto máximo do eclipse e o tempo de duração. Veja todas essas informações na figura 8 abaixo:

Figura 8: Busca “next total solar eclipse in Brazil” no *Wolfram Alpha*



Fonte: captura da tela mostrada no sistema operacional Linux.

Como pode ser visto, o próximo eclipse solar total visível no Brasil irá acontecer em 12 de agosto de 2045. Para visualizar esse evento no *Stellarium* utilizamos, com base nas informações fornecidas pelo *Wolfram*, a cidade de Recife, localizada em Pernambuco. Para isso, inserimos as suas informações sobre latitude ($8^{\circ} 04' 03''$ S), longitude ($34^{\circ} 55' 00''$ W) e altitude (8 m) na *janela de localização* do *Stellarium* e na *janela de data e hora*, foram selecionados 4 momentos, que são mostrados nas figuras 9 e 10 a seguir:

Figura 9: Imagens feitas pelo *Stellarium* instantes antes e após o início do eclipse



Fonte: captura das telas mostradas pelo *Stellarium*.

Figura 10: Imagens feitas pelo Stellarium do eclipse total e de instantes após

Fonte: captura das telas mostradas pelo Stellarium.

O uso do Wolfram aliado ao Stellarium, abre diversas possibilidades de práticas envolvendo Astronomia, com a capacidade de ilustrar os eventos astronômicos e ainda caracterizá-los.

Evolução do Universo

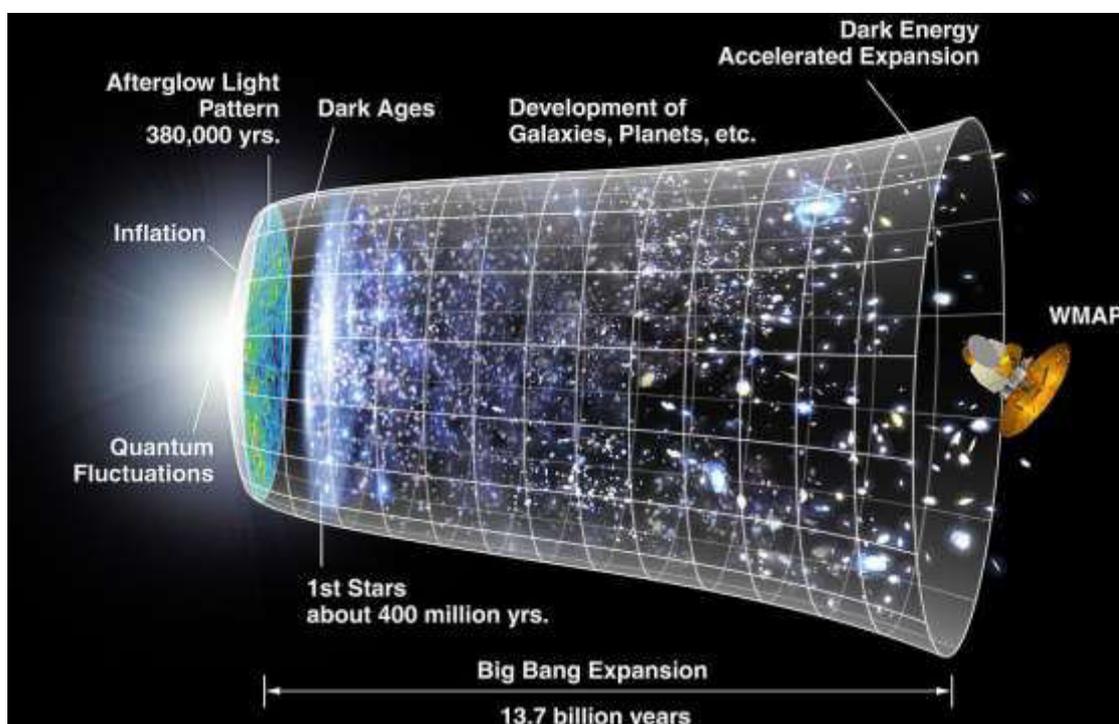
A Cosmologia é a área que estuda a estrutura do Universo em grande escala, ou seja, estuda toda a matéria e energia possíveis de observação astronômica, considerando para isso, a sua distribuição, natureza e origem. Nesse sentido, essa área do conhecimento envolve a interação entre a teoria, a observação e a especulação (LIMA; SANTOS, 2018).

Tem-se na literatura um quadro consistente, conhecido por Modelo Padrão da Cosmologia. Nesse modelo é possível entender a evolução do Universo desde os tempos iniciais até seus quase 14 bilhões de anos posteriores. Para isso, esse modelo baseia-se na relatividade geral de Einstein juntamente com conceitos da física fundamental (WAGA, 2005). Atualmente, sugere-se que o Universo tenha passado por quatro períodos distintos, os quais são: o Big-Bang e a inflação, a era da radiação, a era da matéria e a era da energia escura.

O Big-Bang corresponde a ideia de que o Universo, num tempo finito, estava muito quente e denso e que devido a alguma perturbação, ele começou a se expandir em todas as direções e se resfriar. Assim, logo após o Big Bang, o Universo evoluiu de maneira muito rápida, exponencialmente, conhecido como inflação. Esta proposta teve o intuito de solucionar vários problemas do modelo padrão, tais como o problema da planura e o problema do horizonte (OLIVEIRA; PEREIRA, 2018).

Em seguida, veio a era dominada pela radiação, cujas temperaturas eram tão elevadas que os fótons tinham energia o suficiente para se transformar em matéria, formando as partículas elementares. Daí em diante foram sendo formados os prótons, nêutrons, elétrons e a matéria escura. A matéria foi evoluindo formando aglomerados e dando origem aos núcleos, átomos, planetas, galáxias até estruturas maiores, essa foi a era dominada pela matéria. Por meio de observações de supernovas tipo Ia, descobriu-se que o Universo está se expandindo aceleradamente, cuja aceleração seria produzida por uma energia escura, a qual não se sabe muito a respeito. A ilustração do evolução do Universo pode ser vista na figura 11 abaixo:

Figura 11: Evolução do Universo.

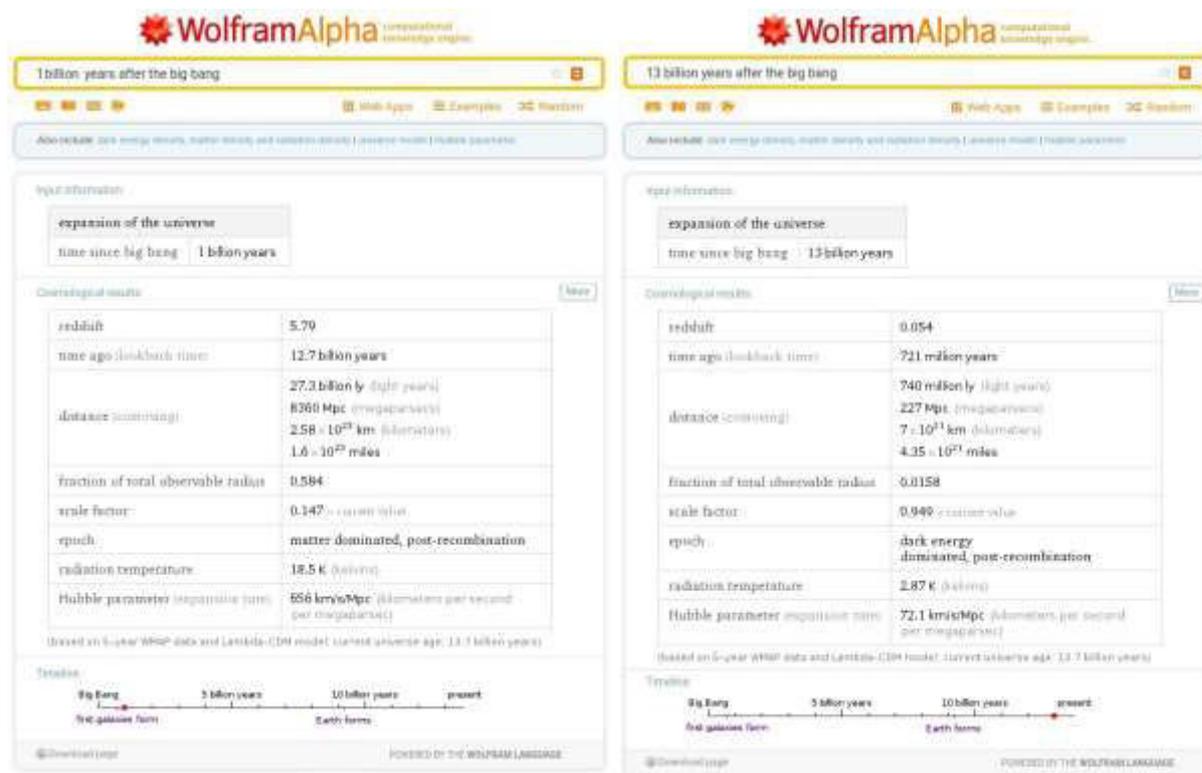


Fonte: Nasa/WMAP Science Team

Para obter algumas das informações contidas na figura através do Wolfram Alpha, pode digitar-se no campo de pesquisa o instante de tempo posterior ao Big Bang que

se quer analisar. Foram escolhidos os instantes de tempo de 1 bilhão de anos e 13 bilhões de anos depois do Big Bang, e os resultados são mostrados na figura 12, à esquerda e à direita, respectivamente:

Figura 12: Busca por informações sobre bilhões de anos após o Big Bang



Fonte: Captura das telas mostradas no sistema operacional Linux.

Na Figura 12 (parte esquerda), pode-se ver que para 1 bilhão de anos após o Big Bang, a época era dominada por matéria e a temperatura de radiação era de 18,5 K. Com o passar do tempo, isto é, 13 bilhões de anos (parte direita), tem-se que a energia escura dominava e observa-se também que houve uma diminuição de temperatura para 2,87 K, devido à expansão.

Considerações Finais

Mesmo não sendo possível abordar todas as atividades práticas do conteúdo de Astronomia que podem ser realizadas com auxílio do Wolfram Alpha, o recorte anterior possibilita diversas reflexões acerca do tema. O ambiente virtual dinâmico permite através de hiperlinks a consulta de dados e informações paralelas àquelas

originalmente procuradas. Isso acaba por tornar o aprendizado mais amplo, uma vez que ele não é delimitado por fronteiras previamente impostas, como um jogo de computador onde não se pode interagir com todo o ambiente mostrado na tela.

Outro ponto interessante é, sem dúvidas, o fato de o software abranger diversas áreas do conhecimento. Essa característica permite interações entre áreas que podem ser fundamentais para o melhor entendimento dos conceitos envolvidos. Na Astronomia, tema em questão, podemos pensar sem muita dificuldade, por exemplo, na interação com a Química, pesquisando informações sobre elementos que constituem estrelas e planetas, ou sobre reações químicas que acontecem na superfície do Sol.

O Wolfram Alpha também possui suas limitações. Além da necessidade da utilização de internet para melhor aproveitamento de suas funcionalidades, ele também possui uma restrição quanto ao idioma. Mesmo com algumas informações podendo ser traduzidas pelo próprio navegador, o Wolfram Alpha em sua totalidade foi desenvolvido na língua inglesa e não possui versão para português ou espanhol. Entendemos isso como uma limitação, mas não como um impedimento quanto ao seu uso, uma vez que suas respostas são bem intuitivas, mesmo em inglês, e ainda pelo fato do usuário poder sempre estar consultando um tradutor de textos online de forma conjunta.

Por último, como quase todo software, ele possui uma versão profissional para estudantes e outra para educadores, cujo acesso é possível somente com uma assinatura mensal ou anual. Evidentemente essa versão possui alguns recursos extras, entretanto, as práticas apresentadas nesse trabalho foram feitas utilizando a versão livre, disponível para todos de forma gratuita, a fim de que o pagamento da versão profissional não seja um empecilho para o usuário.

Enfim, como descrito no próprio texto, as atividades aqui apresentadas devem ser trabalhadas sempre com discussões e questionamentos a respeito dos resultados. Por isso acredita-se que o Wolfram Alpha constitui uma TIC que tem potencial para ser explorada desde os anos iniciais do ensino fundamental, não só para atividades onde o professor elabora roteiros fechados para os alunos, como também em atividades mais abertas, onde cada aluno seguirá um caminho de acordo com as informações que mais o atraí-lo. Além disso, o próprio professor poderá utilizar do Wolfram para se atualizar, visto a enorme quantidade de informações disponíveis no mesmo.

REFERÊNCIAS

- ARCADINHO, Ana; FOLQUE, Maria Assunção; DA COSTA, Conceição Leal. Dimensão investigativa, docência e formação inicial de professores: uma revisão sistemática de literatura. **Instrumento: Revista de Estudo e Pesquisa em Educação**, v. 22, n. 1, 2020.
- BOCZKO, R.; LEISTER N.V. Astronomia Clássica. in FRIAÇA, A.C.S. et al (Org). **Astronomia: Uma visão geral do Universo**. São Paulo: EDUSP, 2006. P35-48.
- CERIGATTO, Mariana. **Elaboração de materiais didáticos com recursos tecnológicos**. Editora Senac São Paulo, 2019.
- CHAIMOVICH, H. Brasil, Ciência, Tecnologia: Alguns Dilemas e Desafios. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 14, n. 40, Sept./Dec.2000.
- DE FRANÇA, José Marcos Ernesto Santana. Tecnologia sim, mas sem esquecer o papel do professor. **Cenas Educacionais**, v. 3, p. e7271-e7271, 2020.
- DREYER, L. Latest Developments on SpaceX's Falcon 1 and Falcon 9 Launch Vehicles and Dragon Spacecraft. *IEEE Xplore Digital Library*. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/4839555/?anchor=relatedarticles>> Acesso em 06 de outubro de 2022.
- LALUEZA, J. L.; CRESPO, I.; CAMPS, S. As tecnologias da informação e da comunicação e os processos de desenvolvimento e socialização. In: COLL, C.; MONEREO, C. (Ed.). *Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação*. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 47-65.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de Astronomia: Erros conceituais mais comuns presente em livros didáticos de ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 87-111, 2007.
- LEITE, Antônio Carlos; JUNIOR, Pedro Donizete Colombo. Olimpíada Brasileira de Astronomia do Ensino Médio: entre textos e contextos. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e237997092-e237997092, 2020.
- LIMA, J. A. S.; SANTOS, R. C. 100 Years of Relativistic Cosmology (1917–2017). Part I: From Origins to the Discovery of Universal Expansion (1929). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 1, 2018.
- LONGHINI, M.D.; MENEZES, L.D.D. Objeto virtual de aprendizagem no ensino de Astronomia: algumas situações-problema propostas a partir do software Stellarium. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, p. 431-446, 2010.
- MOREY-HOLTON, E. R.; HILL, E. L.; SOUZA, K. A. Animals and spaceflight: from survival to understanding. **Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions**, v. 7, n. 1, p. 17, 2007.

NARDI, R.; LANGLI, R. **Educação em Astronomia: repensando a formação de professores**. São Paulo: Escrituras Editora, 2012.

NASA, INTERNATIONAL SPACE STATION: < https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/Veggie.html >. Último acesso em: 10 de outubro de 2022.

NASA, National Aeronautics and Space Administration, Biographical Data: < <https://web.archive.org/web/20170417154821/http://www.jsc.nasa.gov/Bios/htmlbios/pontes.html> > Último acesso em: 10 de outubro de 2022.

OLIVEIRA, C.; JATENCO-PEREIRA, V. Observatórios Virtuais – **Fundamentos de Astronomia** – Do Universo, as maiores estruturas. Cap. 18. Disponível em: < <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/apostila/cap18.pdf> > Acesso em 01 de outubro de 2022.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre: Ed.Universidade/UFRGS, 2014. 810p

RODRIGUES, N. C.; Tecnologias de informação e comunicação na educação: um desafio na prática docente. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil, 2010.

ROSTAS, MÁRCIA H. S. G.; ROSTAS, GUILHERME R. O ambiente virtual de aprendizagem (Moodle) como ferramenta auxiliar no processo de ensino aprendizagem: uma questão de comunicação. In: SOTO, UCY; MAYRINK, MONICA FERREIRA; GREGOLIN, ISADORA VALENCISE (organizadoras) **Linguagem, educação e virtualidade**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. p. 135-151.

SPACE X: < <http://www.spacex.com/> > Último acesso em: 13 de novembro de 2022.
WAGA, I. Cem anos de descobertas em cosmologia e novos desafios para o século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 157-173, 2005.

WOLFRAM ALPHA: < <http://www.wolframalpha.com> > Último acesso em: 04 de abril de 2023.

Investigação e mitigação em blocos de fundações afetados pela reação álcali-agregado em edificação na cidade de São Paulo

10.35819/scientiatec.v10i1.6723

Rodrigo Rogerio Cerqueira da Silva¹
Giovanna Apolinário Sala²
Désirée Fernanda Zanovello³

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo apresentar por meio de um estudo de caso, as etapas dos métodos investigativos e a solução adotada como reforço estrutural para os blocos de fundações afetados por reação álcali-agregado (RAA). Através de ensaios mecânicos, físicos e não destrutivos, foi possível avaliar as patologias ocorridas nos blocos de coroamento, comprometendo o seu desempenho estrutural. O diagnóstico encontrado pelos ensaios de microscopia eletrônica de varredura, permitiram confirmar a patologia ocasionado por reação do tipo álcali-agregado, como possível causa do quadro fissuratório observados nos blocos de fundações da edificação. Para recuperação e reforço nas estruturas de fundações foram realizados serviços de impermeabilização, visando a proteção da estrutura contra a ação da umidade, tratamento das fissuras por meio de injeção de resinas de forma a proporcionar o monolitismo da peça, e por fim, aumento de seção do elemento de fundação, por meio de encapsulamento através da estrutura de concreto protendido. Como contribuição científica a presente pesquisa visa a importância de aumentar o banco de dados através de parâmetros e técnicas de recuperação de estruturas, através de patologias ocasionadas através da reação álcali-agregado.

Palavras-chave: Reação álcali-agregado; Patologia em estruturas; Recuperação estrutural; Ensaios não destrutivos; Ensaios mecânicos e físicos.

Abstract: The present work aims to present, through a case study, the stages of the investigative methods and the solution adopted as structural reinforcement for foundation blocks affected by alkali-aggregate reaction (AAR). Through mechanical, physical and non-destructive tests, it was possible to evaluate the pathologies that occurred in the crowning blocks, compromising their structural performance. The diagnosis found by scanning electron microscopy tests, allowed confirming the pathology caused by alkali-aggregate type reaction, as a possible cause of the cracking condition observed in the foundation blocks of the building. For recovery and reinforcement of foundation structures, waterproofing services were carried out, aiming at protecting the structure against the action of humidity, treatment of cracks by injecting resins in order to provide the monolithism of the piece, and finally, section increase of the foundation element, through encapsulation through the prestressed concrete structure. How to scientifically contribute current research aims at the importance of increasing the database through parameters and techniques for recovering structures, through pathologies caused by the alkali-aggregate reaction.

Keywords: Alkali-aggregate reaction; Pathology in structures; Structural repair; Non-destructive testing; Mechanical and physical tests.

¹ Doutor em Engenharia Agrícola pela UNICAMP, E-mail: rodrigorogerioudoutorado@gmail.com

² Bacharel em Engenharia Civil pela UNINOVE, E-mail: giovani.pro@gmail.com

³ Bacharel em Engenharia Civil pela UNINOVE, E-mail: desirez@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Estruturas de concreto estão sujeitas à presença de umidade, portanto suscetíveis às reações deletérias que podem afetar sua durabilidade, dentre essas, está a reação álcali-agregado (RAA) como uma das manifestações patológicas mais instigantes e estudadas atualmente no âmbito mundial.

Dentre as patologias conhecidas na engenharia civil, a reação álcali-agregado é de grande importância para a realização de pesquisas, principalmente pela falta de terapias eficazes uma vez iniciada a degradação dos materiais (HASPARYK, 2005, LI (2019), Fiset et al. (2021).

Esta patologia ocorre entre a ação química do concreto diante da interação de agentes externos com os componentes da pasta de cimento, interagindo com os minerais reativos do agregado, sendo que deterioração ocorrer internamente. A reação álcali-agregado é complexa em termos de mecanismo de reação, uma vez que as fontes alcalinas nem sempre são derivadas apenas do cimento Portland e a determinação da reatividade dos agregados nem sempre é uma tarefa simples, portanto, esta é uma ótima área para experimentar e aprofundar a teoria.

Segundo Sanches et al. (2020) atualmente um dos maiores desafios no tratamento de estruturas antigas de concreto, é estabelecer a correlação entre os sinais de deterioração causados por um determinado mecanismo de dano como por exemplo (RAA), e as perdas de eficiência nas propriedades mecânicas, integridade física, durabilidade e desempenho do material afetado por colapso estrutural.

De acordo com Fournier (2018) a análise através de procedimentos mecânicos e microscópicos, são capazes de fornecer uma avaliação diagnóstica do “grau de dano real” do concreto afetado pela reação álcali-agregado ao longo do tempo, proporcionando uma avaliação estrutural mais confiável.

Para entender as causas das patologias, os fatores envolvidos e o tratamento preventivo adequado, é necessário um aprofundamento no problema técnico, e quanto mais informações são armazenadas e processadas na literatura, maior é o banco de dados especializado. Assim os resultados obtidos na presente pesquisa possibilitam estabelecer diagnósticos e processos aplicados na recuperação de fundações afetadas pela reação (RAA).

OBJETIVO

A presente pesquisa tem como objetivo apresentar por meio de um estudo de caso, as etapas dos métodos investigativos e a solução adotada como reforço estrutural para as fundações afetadas por reação álcali-agregado (RAA), contribuindo com literatura, para um maior banco de dados no tratamento de patologias para este fenômeno.

REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO

A reação álcali-agregado é uma reação expansiva e a manifestação patológica surge alguns anos após a concretagem, em forma de fissuras ativas progressivas, em geometria mapeada. Resultando muitas vezes na formação de um gel expansivo, induzindo o elemento de concreto à formação de fissuras e lascas, e como consequência a perda de sua durabilidade e outras propriedades (GOMIDE, 2021; GRAZIA, 2022).

Segundo Lya (2021) sua ocorrência está condicionada à presença simultânea de três fatores como agregado potencialmente reativo, umidade e álcalis, sendo que a reação química ocorrida na (RAA) está atribuída aos constituintes presentes em certos tipos de agregados e componentes alcalinos que estão dissolvidos na solução dos poros do concreto.

Os estudos realizados por Hasparyk (2005) e Sinno (2019) demonstram que os lugares que apresentam umidade relativa superior a 80% possuem tendência à ocorrência da expansão por RAA. Em locais com umidade relativa superior a 85% e com ciclos de secagem e molhagem, a intensificação da migração e da solubilização dos íons alcalinos na solução nos poros se tornam maiores (KIHARA, 1986).

Outro fator de grande influência é a temperatura, ela funciona como um catalisador da reação, pois em altas temperaturas o concreto tende a ter suas reações químicas aceleradas, assim acontece também com a RAA (VALDUGA, 2002). De acordo com Hasparyk (2005) o gel expansivo se torna viscoso com o aumento da temperatura, assim facilitando a percolação do mesmo nos poros do concreto. Concretos que possuem uma alta relação água/cimento, tem uma maior permeabilidade, com isso permite a entrada da umidade de forma mais proeminente, assim majorando a força de expansão da RAA (FOURNIER E BÉRUBÉ, 2000).

Conforme Cachepa (2017) quanto menor a relação água/cimento há maior formação de uma pasta densa, que tornam mais lento o processo de transporte e entrada de água no concreto, reduzindo assim, a umidade relativa e consequentemente as expansões. As pastas de cimento com uma relação água/cimento mais elevada, ainda, contêm maiores volumes de poros capilares e maiores cristais de produtos de hidratação de cimento. Entretanto, de acordo com Berubé e Dorion (2000), quando se tem uma relação de água/cimento maior, pode dar origem as expansões baixas ou altas, dependendo de outros fatores como tamanho do agregado e idade do mesmo. RAA pode ser dividida em dois tipos de reação, como a reação álcali-sílica (RAS), mais comumente encontrada em estruturas de concreto, e a reação álcali-carbonato (RAC) muito menos comum em estruturas (FRARE ET AL., 2023). A reação álcali-sílica (RAS) é proveniente da reação química entre os minerais de sílica instáveis presente nos agregados e os hidróxidos alcalinos (Na^+ , K^+ , OH^-) oriundos da hidratação do cimento Portland. A reação álcali-sílica, conhecida como “câncer de concreto”, é uma reação química entre álcalis na solução dos poros e fases reativas de sílica nos agregados (WANG, 2020).

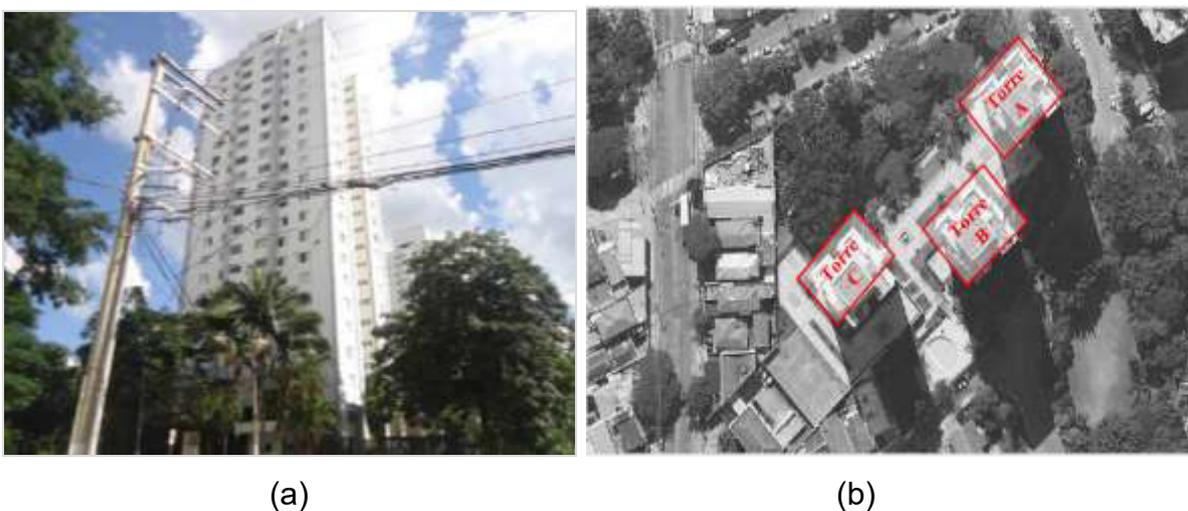
Segundo Beyene et al. (2013) a reação álcali-carbonato (RAC) acontece porque as rochas carbonáticas, calcários dolomíticos argilosos se expandem, a partir da agressão dos álcalis do cimento ao calcário dolomítico, criando compostos cristalizados, como brucita, carbonato alcalino e carbonato cálcico. Para avaliar o risco de ocorrência da RAA, torna-se necessário conhecer as condições de exposição da estrutura, isto é, se o ambiente é seco, se a estrutura é enterrada, submersa, exposta à umidade ou se está em contato direto com água ou ainda em contato com álcalis em condições de serviço. A RAA pode ocorrer em elementos de estruturas maciças, em ambientes secos, uma vez que o concreto pode possuir internamente umidade relativa suficiente para o desenvolvimento da reação (ABNT-NBR 15577-1, 2018).

PROGRAMA EXPERIMENTAL

Histórico da ocorrência de RAA na edificação

O objeto de estudo se refere as estruturas de fundação em um condomínio residencial, construído no ano de 1976, composto por 03 (três) torres de 20 (vinte) pavimentos cada, localizado na cidade de São Paulo/SP (Figura 1a). Os processos investigativos para avaliação da ocorrência de processos deletérios provenientes da reação álcali agregado, foram realizados através das inspeções em cinco blocos de fundação (Figura 1b), sendo dois nos blocos da torre A, dois nos blocos da torre B e um no bloco de fundação da torre C, onde pode-se constatar uma série considerável de configurações fissurações e trincas, com grandes aberturas, caracterizando a desagregação do bloco de fundação em face às expansões ocorridas.

Figura 1: (a) Vista geral das edificações, (b) localização das torres A, B e C do Condomínio.



Fonte: Autores, 2023.

REALIZAÇÃO DE ENSAIOS

Com objetivo de analisar e constatar as condições dos elementos estruturais das edificações, realizaram-se vistorias e inspeções *in loco*, além de ensaios tecnológicos em amostras de concreto. Para a confirmação do diagnóstico de RAA, realizou-se a extração de testemunhos de concreto, junto aos blocos de fundação,

seguido de uma análise microscópica. Foram realizados procedimentos de avaliação em conformidade com as normas técnicas ABNT -NBR 15577 (2018) partes 1 a 7, ABNT-NBR 16697 (2018). Para avaliação das características do concreto junto as estruturas, foram realizados ensaios não destrutivos de propagação de ondas (ABNT-NBR 8802, 2019). Com objetivo de melhor detalhar a microestrutura do concreto e, em especial, caracterizar a ocorrência da reação álcali-agregado através de seus produtos, foram realizadas análises através de microscópio estereoscópico e microanálises por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inspeção visual

Com objetivo de analisar e constatar as condições dos elementos estruturais da edificação, realizaram-se vistorias e inspeções *in loco*. Durante o processo investigativo das reações álcali-agregado, nas fundações da edificação, constatou-se a ocorrência de fissuras na região superior dos blocos de fundação, após escavação, se fez possível constatar aberturas nas regiões laterais das estruturas de concreto, conforme apresentado na figura (2).

Figura 2: Vista geral dos blocos de fundação com presença de fissuras.



Fonte: Autores, 2023.

As fissuras caudadas pela reação álcali-agregado podem assumir dois tipos principais de configuração: orientação alternada, tipo mapa, quando a restrição à expansão é nula ou baixa; e fissuração orientada na direção da maior restrição, quando existe estado de compressão no concreto. Durante as inspeções, observou-se que o quadro fissuratório variava para os blocos de fundações, mas em geral as fissuras tinham formato de “mapa”, ou “teia de aranha”, algumas com grandes aberturas, localizados principalmente na face superior dos blocos. De acordo com You (2022) fissuras do tipo mapa, pode estar relacionada aos materiais, processo de fabricação e as condições ambientais submetidas ao concreto. Salienta-se que os quadros fissuratório observados eram intensos na parte superior dos blocos de fundações, concentrando-se, exatamente, na região de baixa compressão, com fissuras de aberturas expressivas nos cantos mais extremos são indicativos da presença da RAA.

Verificações macroscópica das amostras

Através da extração de testemunhos junto aos blocos de fundações, foi possível avaliar as características macroscópicas do concreto, permitindo verificar que o adensamento possui qualidade normais. As amostras indicaram pequenas quantidade de vazios de exsudação indicando adensamento adequado, enquanto a distribuição regular dos agregados graúdos em meio à argamassa evidencia uma boa homogeneização da mistura. As amostras apresentaram um grande fraturamento central, com elevado índice de colmatação de materiais finos provenientes do solo, indicando a possível percolação de água. As características macroscópicas do concreto das amostras avaliadas foram através dos aspectos gerais e indícios da reação álcali-agregado, conforme as descrições abaixo:

Quanto aos aspectos Gerais: cor da argamassa (cinza), distribuição dos constituintes (normal), proporção dos constituintes (argamassado), aderência argamassa / agregado graúdo (normal), porosidade macroscópica (pouco poroso, com poros submilimétricos), compactidade (Compacto), adensamento (bem adensado sem vazios de exsudação), fraturamentos (observado no meio das amostras uma fratura contendo colmatação de solos finos). Em relação aos aspectos relativos à reação álcali-agregado: bordas de reação (presentes e frequentes), poros preenchidos (presentes com tufo de minerais aciculares), microfissuras (presente),

características estas típicas de álcali-agregado (Li (2019), Fiset et al., 2021). As figuras (3) abaixo demonstram as características das amostras retiradas junto aos blocos de fundações.

Figura 3: (a) extração do testemunho junto ao bloco de fundação, (b) registro de fissuração dos testemunhos, (c) cavidade resultante da extração do testemunho com fissuração em toda profundidade do elemento.



(a)

(b)

(c)

Fonte: Autores, 2023.

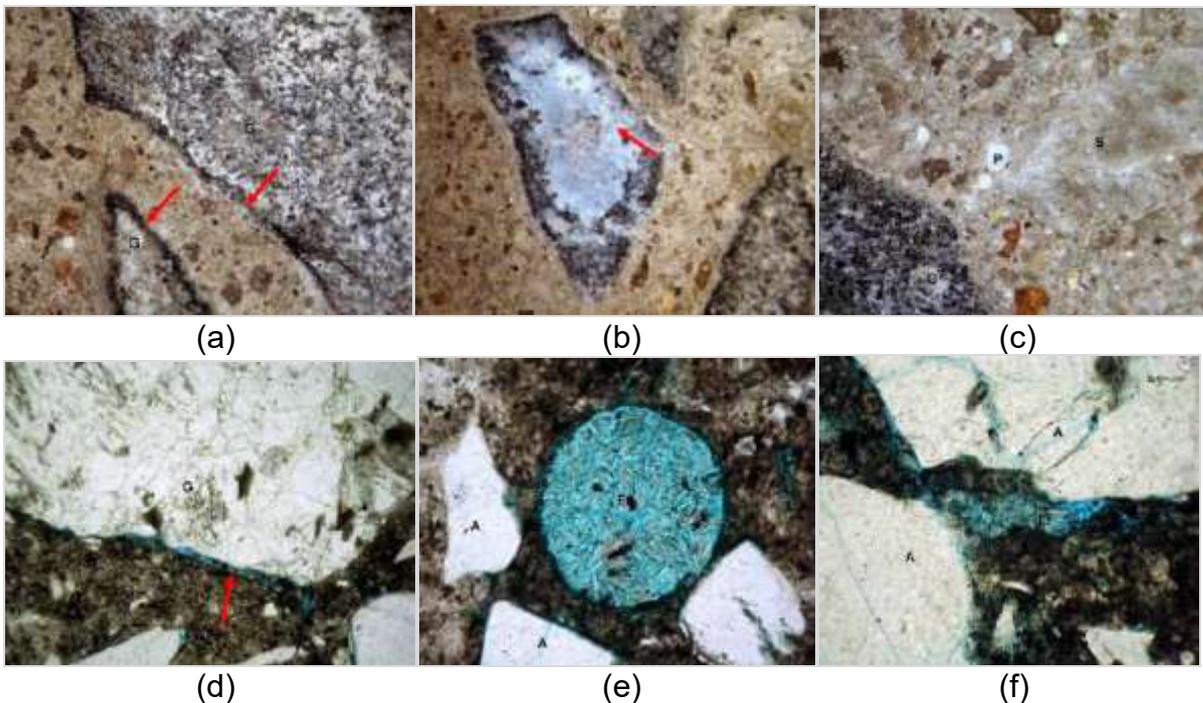
Análise por microscópio estereoscópico

Na análise realizada pelo microscópio estereoscópico, observaram-se frequentemente nos poros preenchidos das amostras, regiões densificadas na interface poro/argamassa, argamassa de coloração cinza clara. O agregado utilizado, tipo gnaiss constituído predominantemente por fragmentos angulosos eventualmente de formato lamelar. O agregado miúdo é composto por grãos quartzoso angulosos de areia natural. O concreto possui baixa porosidade e os poros são predominantemente milimétricos. Observa-se a presença de poros preenchidos por material esbranquiçado maciço ou por tufo de cristais aciculares (etringita). Com relação às evidências da reação álcali agregado observam-se, de modo frequente bordas de reação em torno dos agregados graúdos associada à deposição de material esbranquiçado nas superfícies de descolamento e quebra do concreto.

Os resultados são apresentados na figura (4) abaixo, onde: (a) aspecto do concreto no qual se observam bordas de reação (setas) entorno do agregado (G) e material esbranquiçado depositado sobre a superfície de quebra - Ampliação 15x. (b) Aspecto do concreto no qual se observam bordas de reação em torno do agregado e material esbranquiçado (seta) que recobre a superfície de quebra (gel

expansivo) - Ampliação 15x. (c) Poros na argamassa que compõe o concreto preenchidos por material branco de aspecto cerâmico – Ampliação 15x. (d) Detalhe do concreto no qual se observa o gel desenvolvendo-se no contorno dos agregados (seta) – agregado graúdo (G) - Ampliação 50x. (e) Detalhe de um poro (P) na borda dos agregados (A) preenchido por cristais aciculares de etringita gel típico da reação álcali agregado – Ampliação 100x. (f) Detalhe de uma fissura que se desenvolve na borda do agregado miúdo (A) preenchida por cristais de etringita – Ampliação 100x.

FIGURA 4: Análise realizada por microscópio estereoscópico.



Fonte: Autores, 2023.

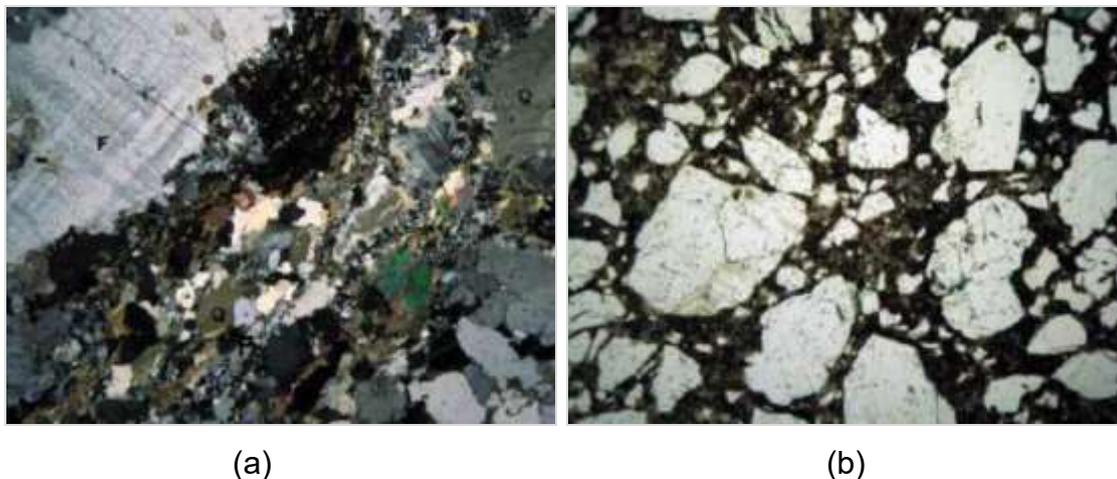
A descrição petrográfica, feita ao microscópio óptico de luz transmitida, do agregado graúdo junto as amostras de concreto demonstraram as seguintes características do agregado graúdo e miúdo. Agregado graúdo possui as seguintes características gerais macroscópicas: pedra britada de cor (cinza), forma (equidimensional a lamelar), grau de arredondamento (angulosos), dimensão com intervalo de variação (0,5 cm a 2,5 cm), dimensão Média (2 cm), caracterização físico-mecânica de Friabilidade (não friável), compactidade (compacto), tenacidade resistência à quebra (elevada).

Em relação ao agregado miúdo possui as seguintes características: Mineralogia Principal (Quartzo feldspato), Mineralogia Subordinada (Biotita, opacos, titanita, epidoto), Mineralogia Deletéria (Quartzo microgranular (10%) e quartzo com extinção ondulante (10%), Cor (Cinza), Estrutura (Foliada marcada pela orientação das micas), Textura (Milonítica), Granulação (Muita fina), Feldspatos mirmequitas e pertitas (Presentes <1%).

Do ponto de vista físico-mecânico, a alta tenacidade e a alteração incipiente de seus constituintes, permitem considerar os agregados utilizados nos concretos como de boa qualidade. Do ponto de vista mineralógico a deformação observada nos agregados graúdos favorece o desencadeamento de reações expansivas do tipo álcali-silicato. A presença de quartzo com extinção ondulante e de quartzo microangular são feições que conferem ao agregado o caráter reativo. De acordo com Prizkulnik (2005), quartzo é um mineral duro, muito comum, composto por sílica (SiO_2), risca o vidro e não é riscado por lâmina. Quando puro é incolor, com brilho vítreo e fratura conchoidal. Não apresenta clivagem visível (capacidade de romper em direções definidas ao longo de planos regulares). Quando presentes em rochas maciças, tais como granitos, normalmente não tem forma característica. É resistente ao intemperismo e é, portanto, um constituinte importante de muitos depósitos de areia e pedregulho e de vários arenitos. Por fim, o quartzo deformado ou intensamente fraturado (granulado) pode desenvolver reação deletéria com os álcalis no concreto (Prizkulnik, 2005). Com relação aos feldspatos, de acordo com o mesmo autor, são os mais abundantes formadores de rochas na crosta da terra. São constituintes importantes dos três grandes grupos de rochas ígneas, sedimentares e metamórficas. Uma vez que todos os feldspatos apresentam boa clivagem em duas direções, as partículas de feldspato possuem, normalmente, várias superfícies lisas (Prizkulnik, 2005).

A figura (5) demonstra a fotomicrografia dos agregados encontrados nas amostras de concretos extraídas junto aos blocos de fundações, onde: a) Fotomicrografia do agregado no qual se observam cristais de quartzo deformado (Q) e massas de cristais microangulares (QM) – F = Feldspato. Microscópio de luz transmitida – Ampliação 25x. (b) Fotomicrografia do concreto mostrando os grãos de agregado miúdo angulosos. Microscópio de luz transmitida – Ampliação 25x.

Figura 5: Fotomicrografia dos agregados encontrados nas amostras de concretos extraídas junto aos blocos de fundações.



Fonte: Autores, 2023.

Segundo Diógenes e Sobrinho (2016), Grazia et al. (2021) do ponto de vista mineralógico, essas deformações observadas nos agregados grados favoreceram o desenvolvimento de reações expansivas do tipo álcali-silicato. Esse caráter reativo do agregado está fortemente associado à presença de quartzo microgranular e de quartzo fortemente deformado com extinção ondulante. A utilização de microscopia eletrônica de varredura revelou aspectos do gel típicos da citada reação álcali-agregado, a partir do qual se desenvolvem os produtos cristalizados, preferencialmente em meio aos grãos de quartzo ou feldspato que constituem o agregado, diagnósticos iguais aos encontrados na literatura por (DIÓGENES E SOBRINHO, 2016, GOMIDE, 2021; GRAZIA, 2022).

Determinação do teor de sulfatos

Os ensaios para determinação dos teores de sulfatos, permitiram identificar que as quantidades encontradas nas amostras coletadas a partir de perfurações junto aos blocos de fundações (figura 6), possibilitaram descartar a contaminação da estrutura por sulfatos provenientes das águas do lençol freático conforme Tabela (1).

Figura 6: Extração de pó de concreto para ensaio laboratorial de teor de sulfatos.

Fonte: Autores, 2023.

Tabela 1: Resultados obtidos referente ao ensaio de teor de sulfatos.

Localização	Amostra	Teor de Cimento (%)	Teor de Sulfatos (% smc*)
Blocos de fundação	01	22,60	2,26
	02	17,77	2,61
	03	16,44	1,66
	04	14,08	1,47

(*smc = sobre a massa de cimento).

Fonte: Autores, 2023.

Havendo a suspeita inicial, quanto a ocorrência de reações deletérias relacionadas a contaminação dos elementos estruturais por sulfatos, possivelmente oriunda de uma fonte externa, sendo que os edifícios são localizados na várzea de um rio e nos blocos de fundação há a presença de água em abundância proveniente do lençol freático, a realização do ensaio de determinação do teor de sulfatos. Através da extração de quartas amostras de pó de concreto para realização do ensaio de determinação do teor de sulfatos, adotou-se como referência a ABNT-NBR 16697 (2018), a qual especifica o limite de 4,5% de trióxido de enxofre (SO_3), em relação à massa de cimento (smc). Os teores médios de sulfatos encontrados na Tabela (1), indicam que não há excessiva concentração de sulfatos em nenhuma das amostras analisadas, sendo inexistente um perfil de penetração característico

de contaminação a partir do ambiente, sendo o sulfato existente oriundo dos constituintes do concreto (incorporado no amassamento).

Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado

Os resultados de expansão apresentados na Tabela (2), quando analisados em comparação aos valores de referência normativa ABNT-NBR 15577-4 (2018), bem como na literatura referente a manifestações patológicas por RAA (Frare, 2021), são relativamente baixos, entretanto reforçam que ainda há a ocorrência de reações deletérias de expansão nos elementos estruturais da edificação. Segue apresentado abaixo os resultados obtidos após a realização dos ensaios de determinação da expansão (Tabela 2).

Tabela 2: Valores médios obtidos referente ao ensaio de determinação de expansão das amostras dos blocos de fundação.

Variação dimensional média em solução alcalina (1 n naoh) (%)						
Amostra	Cura a 23° em H ₂ O			Cura a 80° em NAOH		
Idade de cura	Variação Massa (%)	Expansão (%)	Ocorrências	Variação Massa (%)	Expansão (%)	Ocorrências
7 ^a	0,09	0,05	Sem ocorrência	0,09	0,05	Sem ocorrência
14 ^a	0,12	0,07	Sem ocorrência	0,15	0,05	Apresentou fissura
28 ^a	0,21	0,09	Sem ocorrência	0,17	0,11	Apresentou fissura

Fonte: Autores, 2023.

A ocorrência de fissurações das amostras com apenas quatorze dias de imersão, demonstraram que os blocos de fundação continuam a apresentar a ocorrência de deformações por expansão, decorrente de reações deletérias da estrutura, como a RAA conforme demonstra a figura (7).

Figura 7: (a) Vista geral das amostras durante a realização do ensaio com temperatura de 23°C. (b) Vista geral das amostras durante a realização dos ensaios com temperatura de 80°C.

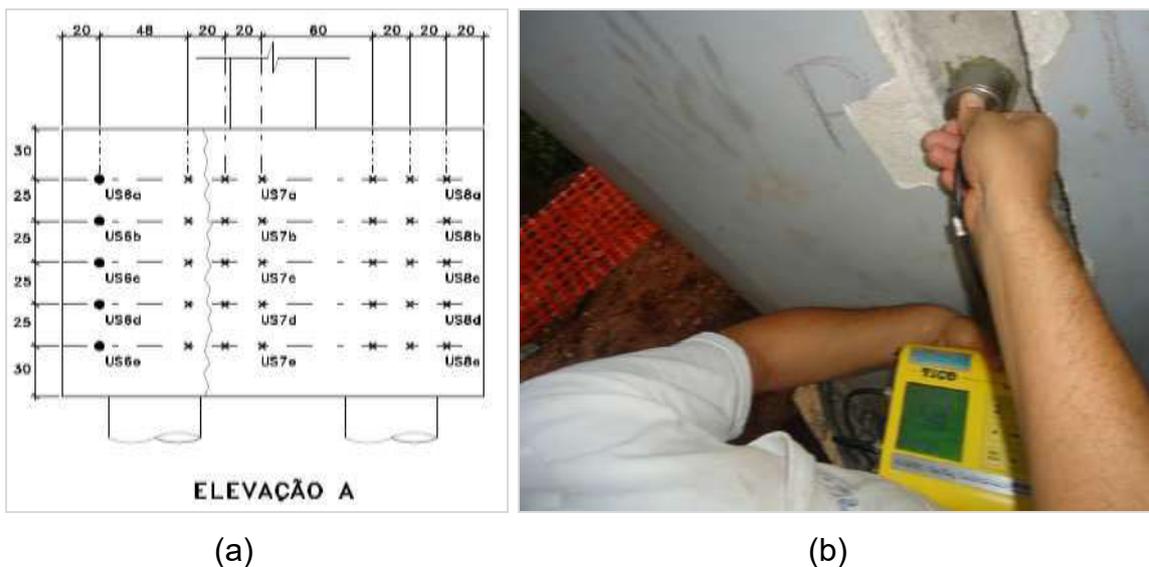


Fonte: Autores, 2023.

Velocidade de propagação de ondas de ultrassom

Junto aos elementos estruturais foram realizados ensaios de propagação de onda, para verificação da qualidade do concreto de acordo com a classificação da ABNT-NBR 8802 (2019). A figura (8) demonstra os pontos de aplicação dos ensaios junto as estruturas.

Figura 8: (a) Localização dos ensaios de ultrassom por transmissão direta. (b) Medida de velocidade de propagação de ultrassom por transmissão direta nas estruturas.



Fonte: Autores, 2023.

Durante a realização dos ensaios obteve-se os seguintes resultados de acordo com a Tabela (3), sendo a qualidade do concreto informada de acordo com a ABNT-NBR 8122 (2019).

Tabela 3: Velocidade de ultrassom e qualidade nas estruturas de fundação.

Localização	Velocidade (m.s-1)			Qualidade
	Min	Max.	Média	
Bloco A	4180	4290	4243	Ótimo
Bloco B	2.010	2.500	2.207	Regular
Bloco C	3.700	4.560	4.168	Ótimo

Fonte: Autores, 2023.

Os ensaios de determinação da velocidade de propagação de ultrassom, permitiram identificar que a redução de velocidade nas regiões superiores dos blocos decorre da microfissuração existentes nesta região. Os estudos realizados por Silva et al. (2022), através de ensaios de ultrassom realizados em estrutura de concretos, essas regiões são mais suscetíveis a fissuração, devido à menor taxa de armação.

Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

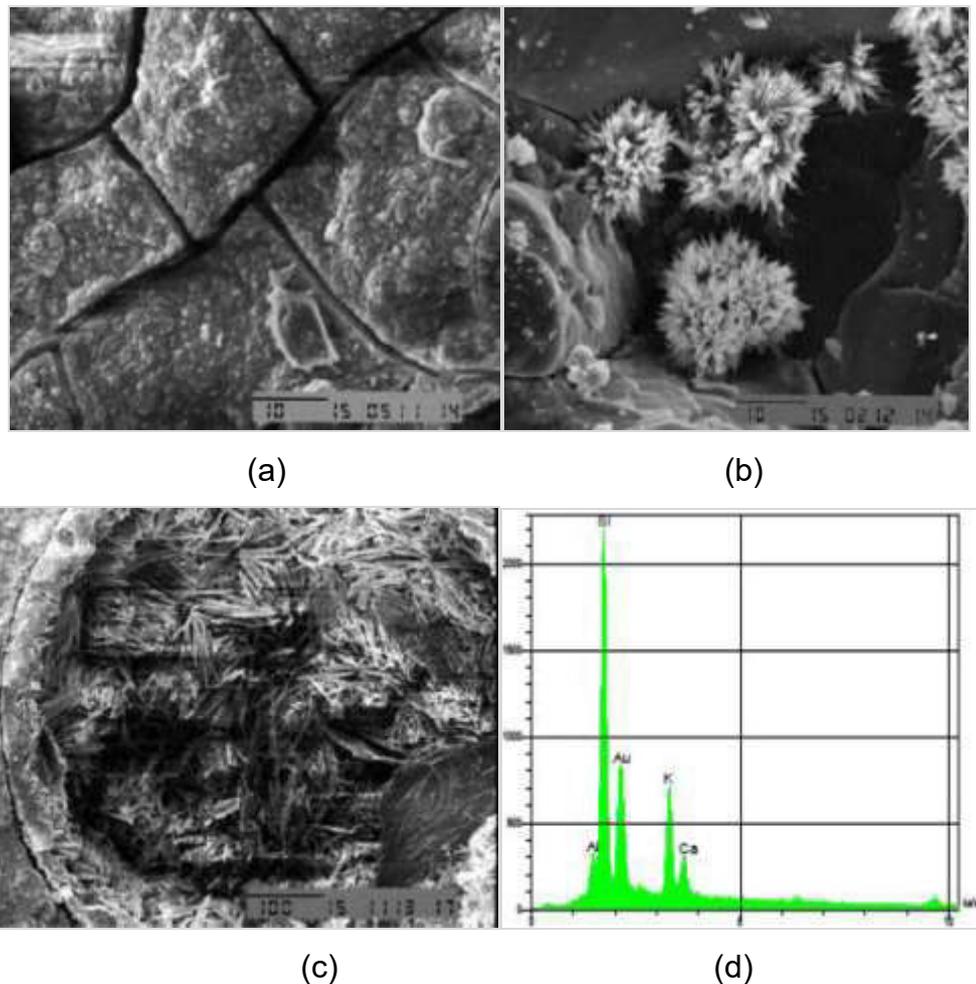
De um modo geral, as observações através da microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostraram que o concreto apresenta características microestruturais e texturas compatíveis com concretos de boa qualidade. De fato, observaram-se produtos típicos da hidratação do cimento Portland portlandita $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e CSH.

A análise dos locais preferenciais de disposição dos géis e cristais resultantes da reação álcali-agregado, isto é, as zonas de interface agregado-argamassa (superfície de descolamento do agregado graúdo) revelaram a presença de minerais característicos da reação álcali agregado. Os produtos cristalizados apresentam hábitos principalmente foliares e lancetados. Estão normalmente agrupados em “tufos” ou em grandes massas, que se desenvolvem preferencialmente em meio aos grãos de quartzo ou feldspato que constituem os agregados graúdos ou recobrem a argamassa. O gel típico da reação, a partir do qual normalmente se desenvolvem os produtos cristalizados, também está presente

em grande quantidade sendo observado em poros na argamassa ou no contorno dos agregados graúdos.

Na figura (9) observa-se com frequência a presença de tufo de cristais de etringita preenchem poros na argamassa ou vazios e fissuras, onde: (a) aspecto de detalhe do gel gretado resultantes da reação álcali agregado. Microscópio Eletrônico de Varredura – Ampliação 1500x. (b) aspecto de detalhe dos cristais foliares resultantes da reação álcali agregado desenvolvendo-se sobre o agregado graúdo. Microscópio Eletrônico de Varredura – Ampliação 1500x. (c) aspecto dos cristais aciculares de etringita preenchendo um poro na argamassa. Microscópio Eletrônico de Varredura – Ampliação 1500x. (d) gráfico de EDS no qual se observa a composição aproximada dos cristais hidratados. Observa-se o elevado conteúdo de potássio (K).

Figura 9: (a, b e c) Detalhe da frequência a presença de tufo de cristais de etringita preenchem poros na argamassa ou vazios e fissura, (d) Gráfico de EDS no qual se observa a composição aproximada dos cristais hidratados.



Fonte: Autores, 2023.

Os resultados encontrados nos ensaios de microscopia eletrônica de varredura, complementam a bases de dados encontrados por outros pesquisadores como Fournier e Berubé (2000), Couto (2008) e Pires (2009), You (2022), ao qual pode-se observar a presença de produtos cristalizados, gel expansivo, no entorno dos agregados graúdos, confirmando a ocorrência de reações álcali agregado nos elementos analisados.

MÉTODO DE MITIGAÇÃO

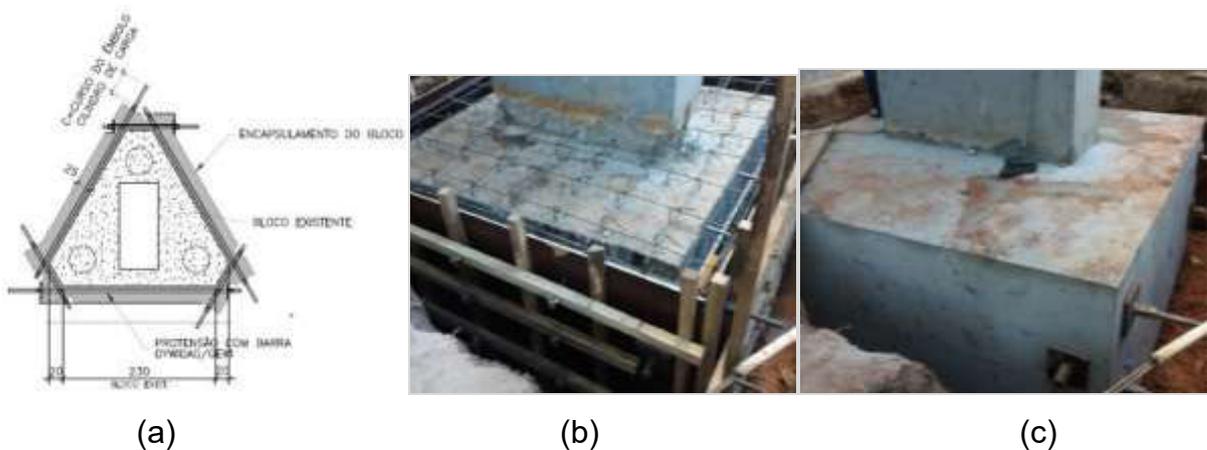
Conforme preconiza a ABNT-NBR 15575 (2018), o processo de mitigação da ocorrência da RAA, deve-se ser iniciado antes mesmo da execução dos elementos de concreto, tendo em vista que a norma se desenvolveu com objetivo de auxiliar nos processos de controle tecnológico dos materiais constituintes utilizados para confecção de um respectivo elemento estrutural em concreto.

O critério para indicação das ações de recuperação utilizado seguiu as diretrizes: os blocos de fundação que apresentam fissuras ou trincas que não sejam significativas, ou seja, em até 20% das constatadas, e tão somente junto às quinas e/ou arestas dos blocos, poderão ser reparados com injeção de resina epoxídica e impermeabilizados, e durante os próximos 10 (dez) anos monitorados.

Os blocos que apresentaram poucas fissuras ou trincas, porém situadas fora das suas arestas e que tenham seccionado os blocos deverão ser reforçados. Para recuperação e reforço dos elementos de fundação da edificação, foram realizados os seguintes serviços na estrutura: impermeabilização (visando a proteção da estrutura, contra a ação da umidade), tratamento das fissuras por meio de injeção de resinas (para proporcionar o monolitismo do elemento estrutural), por fim, aumento da seção dos blocos de fundações, através da técnica de encapsulamento do elemento estrutural, por meio de estrutura de concreto protendido (Figura 10). Para a realização do encapsulamento, foi utilizado concreto com resistência à compressão em $f_{ck} \geq 40$ MPa, módulo de elasticidade $E_c \geq 32$ GPa, com fator a/c máxima de 0,5. Essa especificação atende a classe de agressividade ambiental forte (CAA III) da norma ABNT-NBR 6118 (2014). Para a protensão foram utilizadas barras de aço do tipo DWYDAG, com tensão de escoamento de 950 N/mm²/MPa, tensão de ruptura de 1.050 N/mm²/MPa e carga de ruptura de 107 tf.

Conforme explanado por Silva (2007), partindo da hipótese de que os efeitos expansivos venham a exercer ações sobre essa área da base do bloco, a tensão de compressão exercida pela armadura complementar atuará restringindo a expansão, garantindo que o recebimento das cargas provenientes das bielas possa ser transferido para as estacas.

Figura 10: (a) especificação do encapsulamento do bloco, (b) vista geral das formas e armações de reforço posicionadas para concretagem. (c) vista do bloco após a secagem do material e retirada das fôrmas.



Fonte: Autores, 2023.

As fissuras e trincas existentes receberam injeção de resina epoxídica, com objetivo de restabelecer a integridade e monolitismo dos blocos de fundação, antes da execução dos reforços necessários e impermeabilização (Figura 11). O preenchimento das fissuras através de injeção de resina epóxi, promove o tratamento de fissuras, promovendo menores tensões de tração nas fissuras (RESHMA, ET AL. (2023). Os estudos realizados por Mourão (2010) apontam que as resinas epóxi, apresentam propriedades mecânicas superiores a qualquer resina, resistência à compressão de 80 à 100 MPa e resistências à tração entre 40 à 60 MPa.

Figura 11: Tratamento de injeção de resina nos blocos de fundação.

Fonte: Autores, 2023.

A ABNT-NBR 9575 (2010), classifica impermeabilização como sendo um conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade. Conforme mencionado no presente trabalho em capítulos anteriores, a umidade é um dos principais requisitos para expansão de concretos afetados pela RAA, principalmente daqueles em contato constante com a água, como é o caso dos elementos de fundação das edificações estudadas. Desta forma, foram adotados alguns procedimentos para proteção das estruturas de concreto dos elementos de fundação da edificação, como por exemplo a impermeabilização dos elementos mencionados, com uso de impermeabilizante à base de asfaltos modificados, conforme apresentado na figura (12).

Figura 12: Bloco de fundação após impermeabilização.

Fonte: Autores, 2023.

CONCLUSÕES

Estruturas de concreto podem apresentar manifestações patológicas relacionadas aos materiais componentes e ao processo construtivo, o que reflete no desconhecimento às normas pelos profissionais que lidam com o assunto e a falta de cuidados na elaboração e aplicação do concreto. A presente pesquisa reuniu evidências de manifestações patológicas observadas nos blocos de fundação de um condomínio residencial, construído no ano de 1976 localizado na cidade de São Paulo/SP, e com base em referências normativas e na literatura em manifestações patológicas, os principais fatores que causam a ação deterioradora da reação álcali-agregado no concreto.

Durante o processo investigativo foram extraídas amostras junto as estruturas com realização de ensaios à fim de encontrar a real causa das patologias. O quadro fissuratório apresentou fissuras com formato de “mapa” ou “teia de aranha” na face superior de alguns dos blocos analisados, concentrando-se, exatamente, na região de baixa compressão, com fissuras de aberturas expressivas nos cantos mais extremos, o que é um indicativo da presença da RAA.

Como resultado desta pesquisa pode-se ter um panorama real dos procedimentos utilizados na recuperação de estruturas, como a injeção de resina e reforço do concreto armado e protendido, além do indicativo das normas, condições e fatores para o surgimento e desenvolvimento da reação álcali-agregados.

Alguns blocos de fundação não necessitaram de recuperação, mas os que foram realizados os procedimentos de recuperação precisam de acompanhamento efetivo e sistemático uma vez que a RAA poderá se manifestar novamente, sendo de extrema importância a aplicação de uma janela de inspeção que possibilite as verificações.

Como sugestões de futuros trabalhos, recomenda-se após ensaios laboratoriais constatando a patologia por RAA, a utilização de novas técnicas construtivas para mitigação do problema, além do controle e o acompanhamento técnico ao longo do tempo do elemento estrutural.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575: **Impermeabilização – Seleção e Projeto**. Rio de Janeiro. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577-1: **Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto**. Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577-2: **Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 2: Coleta, preparação e periodicidade de ensaios de amostras de agregados para concreto**. Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577-3: **Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto**. Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577-4: **Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado**. Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577-5: **Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 5: Determinação da mitigação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado**. Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577-6: **Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 6: Determinação da expansão em prismas de concreto**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577-7: **Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 7: Determinação da expansão em prismas de concreto pelo método acelerado**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697: **Cimento Portland – Requisitos**. Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8802: **Concreto Endurecido – Determinação da velocidade de propagação da onda ultrassônica**. Rio de Janeiro. 2019.

BERUBÉ, M. A.; DORION, J.F. **Distribution of alkalis of concrete structures affected by alkali-silica reactivity and contribution by aggregates**. 11a ICARR-International conference of alkali-aggregate reaction. Quebec. 2000. p. 139-148.

BEYENE, M., SNYDER, A., LEE, R. J., BLASZKIEWICZ, M. **Alkali Silica Reaction (ASR) as a root cause of distress in a concrete made from Alkali Carbonate Reaction (ACR) potentially susceptible aggregates**. Cem. Concr. 51. 2013. p.85–95.

- CACHEPA, M. M. **Mitigação da reação álcali-agregado em concreto com o emprego de resíduo de cerâmica vermelha e metacaulim**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS. 2017. 42p.
- COUTO, T.A. **Reação Álcali-agregado Estudo do Fenômeno em Rochas Silicosas**. Dissertação em Mestrado em Engenharia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2008.
- DIÓGENES, A. T. DE; SOBRINHO, C. W. A. P. **Blocos de Fundações de Edifícios Afetados por Reação Álcalis-Agregado (RAA): Estudo de Caso**. Vol. I. Escola Politécnica de Pernambuco. 2016.
- FISSET, M., SANCHEZ, LF, BILODEAU, S., MITCHELL, D., BASTIEN, J. **Influence of Alkali-Silica reaction (ASR) on aggregate interlock and shear-friction behavior of reinforced concrete members**. Engineering Structures, v. 233. 2021. p. 111890.
- SANCHEZ, L. F. M., DRIMALAS, T., MITCHELL, D., BASTIEN, J. **Comprehensive damage assessment in concrete affected by different internal swelling reaction (ISR) mechanisms**. Cement and Concrete Research, 107, 2018. p. 284-303.
- FOURNIER, B.; BERUBÉ, A. **Alkali-Aggregate reaction in Concrete: a review of basic concepts and engineering implications**. Paper, Ottawa. 2000.
- FRARE, A., LANGARO, EA, DE SOUZA, DJ, DE MEDEIROS. **Revisão sistemática sobre reação álcali-agregado: panorama comparativo dos estudos realizados no Canadá e no Brasil**. Revista ALCONPAT, v. 13, n. 1, 2023. p. 1-27.
- GRAZIA, M., GOSHAYESHI, N., GORGA, R., SANCHEZ, L., SOUZA, D. **Comprehensive semi-empirical approach to describe alkali aggregate reaction (AAR) induced expansion in the laboratory**. Journal of Building Engineering, 40, 2021.
- GOMIDE, T. L.F.; FLORA, S. M. D. **Ferramentas Diagnósticas. Livro Manual de Engenharia Diagnóstica – Desempenho, Manifestações Patológicas e Perícias na Construção Civil**. 2ª Edição. Editora LEUD – São Paulo. 2021. p.58.
- HASPARYK, N.P. **Investigação de concretos afetados pela reação álcali-agregado e caracterização avançada do gel exsudado**. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005. 326 p.
- KIHARA, Y. **Reação álcali-agregado: aspectos mineralógicos**. Simpósio nacional de agregados, São Paulo. Anais. São Paulo: Escola Politécnica da USP. 1986. p. 127-138.
- LI, ZIHUI; THOMAS, ROBERT J.; PEETHAMPARAN, Sulapha. **Alkali-silica reactivity of alkali-activated concrete subjected to ASTM C 1293 and 1567 alkali-silica reactivity tests**. Cement and Concrete Research, v. 123, p. 105796, 2019.

MOURÃO, D.K. **injeção de resinas em estruturas de concreto armado**. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.

PIRES, K.O. **Investigação do potencial reativo álcali-agregado residual – um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Programa de pós-graduação em construção civil, Curitiba. 2009. 167 p.

PRISZKULNIK, S. **Inspeção e Diagnóstico de Estruturas de Concreto Afetadas pelas Reações Cimento-Agregado**. Livro: Concreto – Ensino, Pesquisa e Realizações. Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) – São Paulo. 2021. p. 1017 – 1070.

RESHMA, T. V.; KUMAR, P. Chandan; KHALID, S. **Influence of self-healing behavior of bacteria & e-waste incorporated concrete on its mechanical properties**. Materials Today: Proceedings, 2023.

SANCHEZ, L. F. M., FOURNIER, B., MITCHELL, D., BASTIEN. **Condition assessment of an ASR-affected overpass after nearly 50 years in service**. Construction and Building Materials, v. 236, p. 117554, 2020.

SILVA, G. A. **Recuperação de Blocos de Coroamento Afetados pela Reação Álcali-Agregado**. Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP. Recife/PE. 2007.

SILVA, R.R.C. GONCALVES, R., BERTOLDO, C. **Methodological Aspects for Quality Control and Ultrasound Inspection Tests on Retaining Walls**. MATERIALS EVALUATION, v. 80. 2022. p. 42-53.

SINNO, NOURA; SHEHATA, MEDHAT H. **Effect of sample geometry and aggregate type on expansion due to alkali-silica reaction**. Construction and Building Materials, v. 209, 2019. p. 738-747.

VALDUGA, L. **Reação álcali-agregado – mapeamento de agregados reativos do estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Estadual de Campinas. 2002. p.213.

WANG, WEI; NOGUCHI, TAKAFUMI. **Alkali-silica reaction (ASR) in the alkali-activated cement (AAC) system: A state-of-the-art review**. Construction and Building Materials, v. 252. 2020. p. 119105.

YOU, R., WANG, J., NING, N., WANG, M.,ZHANG, J. **The Typical Damage Form and Mechanism of a Railway Prestressed Concrete Sleeper**. Materials, v. 15, n. 22. 2022. p. 8074.

Uma revisão de literatura sobre a inserção de tópicos de relatividade no ensino básico: um estudo envolvendo publicações especializadas em língua portuguesa, inglesa e espanhola

10.35819/scientiatec.v10i1.5578

José Felipe Guedes Feitosa¹
José Eduardo Melo dos Santos²
Antônio Nunes de Oliveira Vieira³

Resumo: As observações do eclipse solar de 1919 possibilitaram a primeira comprovação experimental do desvio da luz pela gravidade, fato predito pela teoria da relatividade geral. Com essa comprovação, notícias em jornais de todo o mundo fizeram de Albert Einstein (1879-1955) uma celebridade internacional. Apesar do impacto histórico e tecnológico das teorias da relatividade, bem como da curiosidade e da consequente vontade dos alunos de compreender os fascinantes e intrigantes fenômenos a elas relacionados, o ensino de tópicos de relatividade ainda não faz parte do currículo de física de grande parte dos países do mundo. Neste trabalho é apresentada uma revisão de literatura envolvendo estudos publicados no Brasil e no mundo, com foco na área de ensino de física moderna e contemporânea e com recorte temporal entre os anos de 2010 e 2020. De forma abrangente, a pesquisa constatou que os periódicos analisados apresentam uma vasta quantidade de obras a respeito de física moderna e contemporânea, porém percebeu-se que, pelo volume escasso de trabalhos desenvolvidos a respeito do ensino de relatividade, a aplicação desses conteúdos no ensino básico encontra-se longe de sua concretização.

Palavras-chave: Relatividade; ensino; física moderna.

Abstract: The observations of the solar eclipse of 1919 allowed the first experimental proof of the deviation of light by gravity, a fact predicted by the theory of general relativity. With this proof, news in newspapers around the world made Albert Einstein (1879-1955) an international celebrity. Despite the historical and technological impact of relativity theories, as well as the curiosity and consequent willingness of students to understand the fascinating and intriguing phenomena related to them, the teaching of relativity topics is not yet part of the physics curriculum of most countries in the world. This paper presents a literature review involving studies published in Brazil and worldwide, focusing on the area of modern and contemporary physics teaching within the time frame between the years 2010 and 2020. In a comprehensive way, the research found that the journals analyzed present a vast amount of works about modern and contemporary physics, however, due to the scarce volume of research carried out regarding the teaching of relativity, the application of these contents in basic education seems far from its realization.

Keywords: Relativity; teaching; modern physics.

¹ Estudante do IFCE, E-mail: jose.felipe.guedes07@aluno.ifce.edu.br

² Estudante do IFCE, E-mail: jose.eduardo.melo07@aluno.ifce.edu.br

³ Professor do IFCE, E-mail: nunes.vieira@ifce.edu.br

INTRODUÇÃO

Na última década, as teorias da relatividade (relatividade restrita e relatividade geral) ganharam ainda mais destaque no cenário acadêmico, o que foi em parte motivado pelos inúmeros trabalhos de pesquisa na área de ensino de física, no cenário nacional e também internacional, os quais vêm apontando, entre outras coisas, para a necessidade de inserção de tópicos de relatividade nos currículos do ensino básico (EB). Algumas destas pesquisas, a exemplo de Kaur *et al.* (2017a), Kersting (2019) e Barbosa, Aquino e Calheiro (2020), indicam a necessidade de inserção de conteúdos das teorias da relatividade nos currículos da educação básica e mostram sua viabilidade já nos anos finais do ensino fundamental II, isto é, 8º e 9º anos.

Em setembro de 2015, foram detectadas pela primeira vez na história as denominadas ondas gravitacionais, uma das previsões da teoria da relatividade geral (TRG) até então abertas a comprovações experimentais pela comunidade científica. Mais recentemente, em abril de 2019, foi registrada a primeira imagem de um buraco negro, revelando mais uma vez o poder preditivo da TRG. As equações de Einstein previam que um corpo de densidade extremamente alta, chamado buraco negro, poderia se esconder atrás de seu horizonte de eventos, e nem mesmo a luz seria capaz de escapar de tal região, o que justifica o nome dado a tal objeto. Segundo Arriasecq e Greca (2018), essas comprovações experimentais têm o poder de despertar o fascínio e envolver os alunos nas aulas de física.

Assuntos ligados às teorias da relatividade (TR) estão cada vez mais presentes em noticiários e revistas e, conseqüentemente, têm ganhado cada vez mais espaço nos diálogos entre cientistas e cidadãos comuns. De fato, está cada vez mais clara a urgência da atualização curricular referente aos conteúdos de física no EB, de forma a incluir tópicos de física moderna e contemporânea (FMC), em especial os de relatividade. “Em vários países desenvolvidos, já foi superada a etapa de levantamento de justificativas para a inserção de FMC e seus sistemas escolares contemplam nos currículos, quase sem exceção, o tratamento de tópicos modernos” (OSTERMANN; RICCI, 2002, p. 177).

No cenário internacional, o interesse pela introdução de temas de FMC no EB vem crescendo (KAMPHORST *et al.*, 2019); “físicos e educadores científicos defendem a introdução da TRG nas escolas por causa de sua importância científica, filosófica e cultural de longo alcance” (KERSTING *et al.*, 2018, p. 010130-1). Além

disso, Pinheiro e Silva (2007) destacam que a TRG reúne conteúdos que despertam o interesse dos jovens, e que podem inclusive ser fonte de inspiração para levá-los à carreira científica.

Neste contexto, a discussão sobre as possibilidades de abordagens das TR no EB tem ganhado importância, tornando-se relevante averiguar o estado da arte das pesquisas que intentam propor discussões, estratégias e metodologias para levar tópicos de relatividade às salas de aulas do EB. Surgem então as seguintes questões de pesquisa: i) quais os principais estudos relacionados ao ensino de relatividade (ER) no EB, no âmbito nacional e internacional; ii) que tópicos são sugeridos e quais as principais metodologias propostas; iii) quais as principais constatações sobre a presença das TR nos livros didáticos.

Tendo em vista as questões supracitadas, o presente trabalho de pesquisa traz uma revisão bibliográfica de estudos publicados nas línguas portuguesa, inglesa e espanhola, buscando responder às indagações feitas e contribuir com pesquisas posteriores, indicando prováveis caminhos para abordagens concretas e sugestões de novas investigações.

METODOLOGIA

O trabalho em questão consiste em uma revisão de literatura, concretizada mediante uma pesquisa bibliográfica. Esta modalidade de pesquisa inclui material impresso, como livros, jornais, revistas, dissertações, teses e anais de eventos científicos. Contudo, diante da disseminação de novos formatos de divulgação, surgem outras fontes para este tipo de pesquisa, como discos, fitas magnéticas, CDs, assim como o material disponibilizado na internet (GIL, 2017).

No âmbito da pesquisa bibliográfica, buscou-se verificar o perfil dos estudos desenvolvidos no âmbito do ensino de física que tratam do ensino de relatividade com foco na educação básica. A investigação contemplou textos da literatura nacional e internacional e buscou verificar quais tópicos aparecem com maior frequência e quais as metodologias propostas. Neste contexto, a pesquisa classifica-se como um estudo exploratório, que, segundo Botelho e Cruz (2013, p. 59), “tem como principais finalidades desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias objetivando a elaboração de problemas mais exatos para pesquisas posteriores [...]”.

Para compor um eixo de referência inicial, foram consultadas as bases de dados da Scielo, do Google Acadêmico e da CAPES, nas quais foi feito uso das seguintes palavras-chave e suas associações: relatividade; relatividade especial; relatividade geral; ensino de relatividade; ensino de física moderna e contemporânea. A busca foi feita em três línguas: português, inglês e espanhol, com a intenção de verificar o estado da arte das pesquisas sobre o ER e descrever possíveis lacunas ou potencialidades.

Realizada a busca inicial por trabalhos com o perfil desejado, partiu-se para uma pesquisa mais direcionada. Para tal fim, foram selecionados quatro periódicos em cada uma das línguas consultadas, levando-se em consideração a quantidade de publicações sobre o tema, sua relevância e o acesso público aos periódicos, os quais são expostos no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1: Periódicos consultados

PERIÓDICOS EM PORTUGUÊS	PERIÓDICOS EM ESPANHOL	PERIÓDICOS EM INGLÊS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revista Brasileira de Ensino de Física (A1-Brasil); ▪ Caderno Brasileiro de Ensino de Física (A1-Brasil); ▪ A Física na Escola (A3-Brasil); ▪ Conexões – Ciência e Tecnologia (A2-Brasil). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias (A3-Colômbia); ▪ Revista Mexicana de Física E (B2-México); ▪ Revista de Enseñanza de la Física (A3-Argentina); ▪ Enseñanza de las Ciencias (A1-Espanha). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ International Journal of Physics and Chemistry Education (Estados Unidos); ▪ Physical Review Physics Education Research (Estados Unidos); ▪ Physics Education – IAPT (Índia); ▪ European Journal of Physics Education (Turquia).

Fonte: Os autores, 2021.

No Quadro 1, os periódicos de língua inglesa não possuem Qualis associados, pois eles têm métricas diferentes para avaliação de qualidade.

A partir da amostra de periódicos elencados no Quadro 1, buscou-se categorizar os trabalhos neles publicados no período de 2010 a 2020, classificando-os de acordo com os seguintes temas: ensino de relatividade (ER), outras abordagens

das teorias da relatividade (TR) e demais temas sobre física moderna e contemporânea (FMC).

Seguindo esses procedimentos de pesquisa, foi realizada a análise dos trabalhos levantados, procurando-se elencar as justificativas trazidas pelos autores para a inserção das TR no EB e levantar propostas de ensino e possíveis metodologias capazes de favorecer a inclusão e implementações em sala de aula. Ademais, buscamos verificar a presença de conteúdo das TR nos livros didáticos do EB, cuja importância reside no fato de constituírem o material base dos professores e, portanto, acabarem influenciando – e até mesmo ditando – o currículo escolar (GATTI, 1997).

REVISÃO DE LITERATURA

Diante da importância da presença de tópicos das TR no EB, as quais favorecem uma formação sólida e consistente com a realidade global, esta seção é destinada a uma revisão bibliográfica cujo recorte são as pesquisas direcionadas ao ensino de relatividade. Neste viés, abordam-se as justificativas para a inserção das TR no EB, as metodologias propostas para o ensino, e a atenção dada ao tema nos livros didáticos, bem como os tópicos recorrentes na maioria dos trabalhos encontrados durante a pesquisa.

Conforme Ostermann e Ricci (2002), Reis e Reis (2016), Arriasecq, Cayul e Greca (2017) e Neto, Siqueira e Vieira (2019), as teorias físicas desenvolvidas a partir do final do século XIX têm tido uma presença bastante tímida no currículo escolar da educação básica brasileira, o que se contrapõe à constatação de sua crescente importância no meio científico, bem como à sua viabilidade de inserção, conforme apontam Moore (2006), Pinheiro e Silva (2007), Oliveira, Sampaio e Siqueira (2019) e Silva e Errobidart (2019).

Justificativas para inserção de tópicos de teorias da relatividade no EB

No EB brasileiro e de alguns outros países, os conteúdos científicos estudados são majoritariamente aqueles desenvolvidos até o século XIX (OSTERMANN; RICCI, 2002), deixando-se de lado temas atuais como os relacionados às TR. Para Pinheiro e Silva (2007, p. 9), abordar conteúdos de FMC “[...] ajuda na percepção dos alunos

de que a ciência tem um caráter renovador, não imutável, como muitas vezes é a concepção aceita por estes”.

Segundo Ostermann e Ricci (2002), Pinheiro e Silva (2007) e Arriasecq, Cayul e Greca (2017), as TR são de grande importância para a ciência atual, e parte dos conteúdos a elas relacionados, além de ser passível de compreensão pelos alunos do EB, gera curiosidade e fascinação, que se convertem em incentivo para a aprendizagem de física, e, por muitas vezes, ocasionam interesse do jovem pela carreira científica.

Pesquisas como a de Reis e Reis (2016) são recorrentes ao destacarem que, nas escolas de EB, os conteúdos que compõem a grade curricular de física abordam apenas descobertas científicas feitas até o século XIX, desprezando assim conhecimentos que foram desenvolvidos a partir do século XX, como as TR de Albert Einstein. Nesse sentido, Pinheiro e Silva (2007) destacam que a omissão da abordagem de conteúdos relacionados às teorias científicas modernas durante a formação dos estudantes da educação básica pode gerar um atraso científico para o país, além de acarretar desmotivação para os alunos com relação ao ingresso em uma carreira acadêmica no campo das ciências, pois são justamente as teorias modernas aquelas que mais fascinam os jovens.

No contexto da inserção de tópicos de FMC no EB, pesquisas como as de Otero, Arlego e Prodanoff (2015) e Castiblanco e Otero (2016) apontam para a necessidade de reformulação da grade curricular, aplicando inovações e melhorias no ensino praticado. Quando se fala em melhorias de ensino e inovação curricular, a inserção de tópicos de FMC no EB é apontada por pesquisadores da área de ensino de física, a exemplo de Neto, Siqueira e Vieira (2019), como sendo de grande importância para a formação científica cidadã, uma vez que possibilita aos estudantes compreender fenômenos reais, além de grande parte da tecnologia moderna, como o funcionamento do sistema de posicionamento global (GPS), e opinar sobre assuntos científicos que estão em destaque na mídia, como a detecção de ondas gravitacionais, a primeira imagem de um buraco negro etc.

No que tange à importância da relatividade, Moore (2006, p. 1) destaca que nas últimas décadas ela passou “[...] de um assunto comparativamente inativo e principalmente teórico para um tópico de suporte a programas de pesquisa experimental e computacional animados”. Esses avanços impõem a necessidade de compreensão de fenômenos físicos não perceptíveis a observadores que vivem em

baixas velocidades, ao mesmo tempo em que trazem a esperança de que um dia os assuntos de FMC sejam incluídos nos currículos do EB, possibilitando aos estudantes de nível básico a compreensão física da natureza que tanto é desejada por eles.

Fenômenos relativísticos como a dilatação dos intervalos de tempo e a contração de comprimentos são abordados, por exemplo, em desenhos animados de acesso a crianças (JARDIM; OTOYA; OLIVEIRA, 2015), as quais desde cedo já anseiam por explicações e compreensão. Além disso, famosas produções cinematográficas abordam estes e outros conceitos decorrentes da TR (BARBOSA; AQUINO; CALHEIRO, 2020), como é o caso do filme *Interestelar*, produzido pela Warner Bros, e da famosa série alemã *Dark*, exibida pela plataforma de *streaming* Netflix.

Diante do que foi exposto anteriormente, há um indicativo de urgência da inserção de tópicos elementares das TR no EB, o que é apontado em consenso geral pelos autores cujas publicações foram citadas ao longo de toda esta seção, nas três línguas consultadas. Algumas destas publicações, além de alegarem necessidade de inserção, apresentam propostas metodológicas e sequências didáticas que viabilizam um primeiro contato, ou até mesmo uma formação continuada, dos estudantes de nível básico com as TR. As propostas metodológicas presentes nessas pesquisas são assunto da seção a seguir.

Propostas metodológicas para o ensino de relatividade no EB

Existem diversas propostas metodológicas indicadas na literatura com vista ao ER, sendo que nos trabalhos consultados a maioria das propostas advém de países europeus e da Austrália, com destaque para os trabalhos relacionados aos projetos ReleQuant (HENRIKSEN *et al.*, 2014) e Einstein-First (KAUR *et al.*, 2017b). Estes são colocados em relevo por seu alcance e pela riqueza de detalhes com que apresentam os conteúdos de relatividade.

O projeto ReleQuant desenvolve ambientes virtuais para o ER e de FMC no geral. Tal projeto é desenvolvido na Noruega, colaborando para o ensino da disciplina de física no último ano do ensino médio (KERSTING *et al.*, 2018). Por sua vez, o programa Einstein-First, na Austrália, visa introduzir conceitos da física einsteiniana no ensino médio através de analogias, modelos e experimentos acerca do conteúdo (KAUR *et al.*, 2017b).

Considerando os trabalhos no contexto do Brasil, cabe destacar o desenvolvido por Rodrigues, Sauerwein e Sauerwein (2014), que abordam o ER no EB a partir do estudo e da aplicação do GPS. Para tal metodologia, foi elaborado um planejamento didático composto de treze aulas, as quais tinham por objetivo possibilitar o ensino de conteúdos tradicionalmente não trabalhados nesse nível de ensino, visando aproximar os alunos de situações do cotidiano relacionadas à tecnologia.

Oliveira e Gomes (2016) buscaram inovar na maneira de apresentar física para os alunos do ensino médio, criando um teatro científico na cidade de Brejo Santo, no Ceará, como uma ferramenta de potencial didático-pedagógico no processo de ensino e aprendizagem. A dinâmica do teatro é mostrar a história da física, principalmente de grandes cientistas do século XX, como Albert Einstein, desvendando a relatividade e fazendo com que os alunos percebam a grandiosidade da teoria da relatividade restrita (TRR).

Com relação aos textos em espanhol, Arriasecq, Greca e Cayul (2017) apontam quais tópicos devem compor o conteúdo de TRR apresentado no ensino secundário, propondo ainda a articulação de aspectos epistemológicos, psicológicos e didáticos. Com isso, visam a elaboração de instruções destinadas à aplicação por professores em sala de aula. Em outro trabalho, Cayul *et al.* (2019) expõem uma sequência didática para a abordagem do conceito de ondas gravitacionais, em que um dos objetivos era expor aos alunos uma noção de gravidade diferente da visão newtoniana.

Otero, Arlego e Muñoz Guzmán (2019) propuseram-se a evidenciar, aos alunos de um colégio público da cidade de Medellín, na Colômbia, as consequências do uso e do não uso da soma clássica de velocidades para a aplicação conjunta do primeiro e do segundo postulados relativistas, que tratam, respectivamente, da validade das leis da Física em todos os referenciais inerciais, e, do fato que a medida da velocidade da luz no vácuo é a mesma em todos os referenciais inerciais, independentemente do movimento do observador ou da fonte (OLIVEIRA; SIQUEIRA, 2020). Após a prática, e em seguida à resolução de alguns problemas, o estudo constatou que os alunos obtiveram bons resultados de aprendizagem. Ao final, os autores afirmam que abordagens deste tipo “contribuem para a compreensão da relatividade da simultaneidade e permitem questionar a natureza absoluta do tempo nos primeiros anos do ensino secundário inferior” (OTERO; ARLEGO; MUÑOZ GUZMÁN, 2019, p.

319), nível escolar correspondente aos dois anos finais do ensino fundamental brasileiro.

Atenção dada aos conteúdos de relatividade nos livros didáticos do EB

Mesmo diante dos argumentos destacados no decorrer do trabalho sobre a importância do ensino da FMC para alunos do EB, os sistemas de ensino não têm contemplado em seus currículos alguns desses conteúdos, em especial os de relatividade. Cabe destacar ainda que os autores de livros didáticos não trazem com frequência tais conteúdos em suas abordagens e, segundo Arriasecq, Greca e Cayul (2017), o currículo escolar é influenciado pelo conteúdo contemplado nos livros didáticos, uma vez que alunos e professores passam a utilizar o livro como um recurso fundamental no processo de ensino-aprendizagem.

Ostermann (2000) aponta a carência dos currículos de física nas escolas do Brasil, os quais se limitam basicamente a cinemática, eletricidade e leis de Newton, ressaltando que toda a física desenvolvida após meados do século XIX é deixada de lado. Apesar de vários países já contemplarem a FMC em seus currículos, e de existirem materiais didático-pedagógicos para auxiliar os professores, alguns deles oriundos de pesquisas como as desenvolvidas no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no Brasil ainda não se fala em reformular o currículo de física no EB (OSTERMANN, 2000).

Em um estudo sobre a contração de Lorentz-Fitzgerald, Ostermann e Ricci (2002), analisando livros didáticos do ensino médio editados a partir de 1996, constataram que a física moderna não é abordada como deveria, sendo notórias as imprecisões e omissões. Este cenário, segundo o estudo de Pinheiro e Silva (2007), pode induzir as pessoas a concepções alternativas em desacordo com o conhecimento científico.

Kersting *et al.* (2018) realizaram uma pesquisa em que uma das etapas consistia em analisar como o conteúdo da TRG é apresentado em dois livros que estão no mercado na Noruega e um livro de física do segundo grau da Áustria. O estudo pretendia obter uma visão do quão vagas eram as metas curriculares no ensino de física. O que foi percebido é que a atenção dada à TRG nesses países é semelhante, diferindo apenas no grau de detalhes fornecidos.

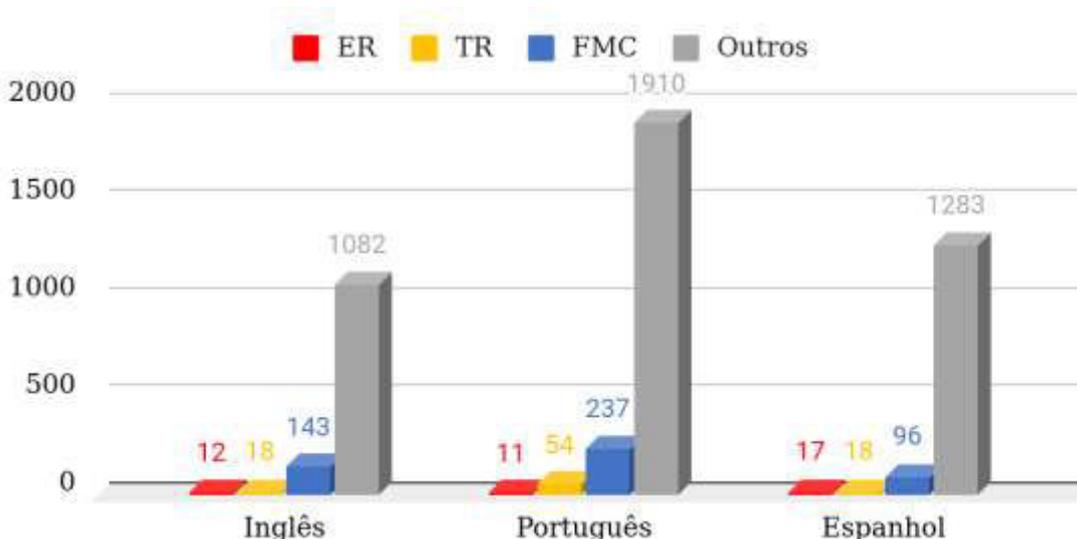
Em uma análise das abordagens do conceito de massa relativística em 14 livros didáticos de física aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) em

2015, Jardim, Otoy e Oliveira (2015) perceberam que representações como as de energia-massa não estavam descritas adequadamente, pois apresentavam omissões e imprecisões, uma vez que pareciam mostrar que a energia mecânica de uma partícula livre se reduz à energia de repouso, nesse caso desconsiderando a energia cinética.

DISCUSSÃO

Considerando o material publicado nos periódicos que compõem o Quadro 1, durante o período de 2010 a 2020, tornou-se possível fazer a categorização de trabalhos, apresentada em forma de gráfico na Figura 1. A divisão foi feita a partir das categorias já citadas na metodologia deste trabalho: ensino de relatividade (ER), outras abordagens das teorias da relatividade (TR) e demais temas sobre física moderna e contemporânea (FMC).

Figura 1: Quantidade de trabalhos por categoria e por língua do periódico de publicação



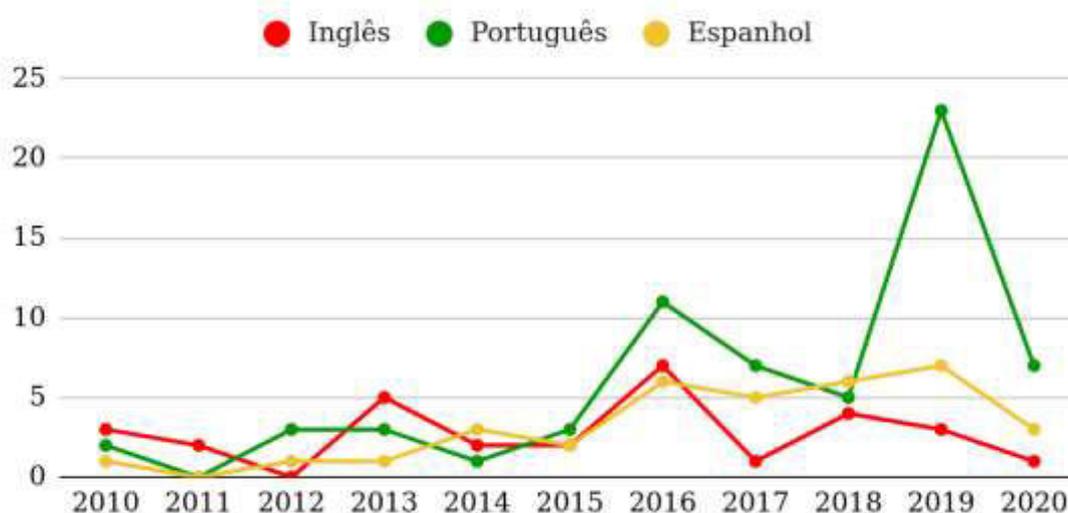
Fonte: Os autores, 2021.

Na Figura 1, a categoria 'Outros' foi utilizada para caracterizar todos os trabalhos que fogem ao interesse da pesquisa, mas que se encontram dentro do recorte temporal selecionado para análise.

Evidenciada a quantidade de trabalhos por categoria, percebemos uma tímida presença de textos que tratam do ER. Outra consideração a ser feita é que, embora os periódicos em língua portuguesa tenham a maior quantidade de trabalhos publicados dentre as línguas pesquisadas, neles quantifica-se o menor número de textos de interesse para esta pesquisa. Por outro lado, é em português que se encontra a maior parte dos trabalhos da categoria “outras abordagens das teorias da relatividade” (TR). Apesar de não tratarem diretamente do ER, os trabalhos dessa categoria servem como material didático base para aulas, e ainda como material de estudo para os alunos. Assim, mesmo que indiretamente, contribuem para o ensino da física einsteiniana, além de divulgarem o conhecimento obtido pelos estudos na área.

A Figura 2, a seguir, mostra uma linha temporal das publicações envolvendo assuntos relacionados às teorias da relatividade geral e restrita entre 2010 e 2020.

Figura 2: Quantidade de trabalhos das categorias ER e TR dispostas por ano



Fonte: Os autores, 2021.

Na Figura 2, observamos um pico de publicações de trabalhos em português no ano de 2019, quando foi comemorado o centenário do eclipse que comprovou a teoria da relatividade geral de Albert Einstein. Tal eclipse pôde ser observado a partir da cidade de Sobral, no Ceará, a qual ficou historicamente marcada pela primeira comprovação de uma das mais famosas teorias científicas. A comemoração do

centenário desse marco histórico tornou-se inspiração para diversos autores, o que justifica a maior concentração de trabalhos da categoria TR em língua portuguesa.

Levando em consideração apenas a análise gráfica dos dados coletados por esta pesquisa, passados 10 anos, percebe-se pouca evolução no quadro mundial com relação aos trabalhos que tratam do ER. Por outro lado, a partir da leitura dos materiais constantes nos periódicos consultados, observa-se um forte engajamento de pesquisadores com a área. Alguns destes pesquisadores conduzem projetos sólidos que vêm sendo construídos há vários anos e alcançam pessoas em diversos países, como é o caso do ReleQuant e do Einstein-First, citados anteriormente. Esforços como estes vêm possibilitando e incentivando a atualização curricular na educação básica com vista à inclusão de assuntos ligados às TR.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notável que os conteúdos de FMC, em especial os relacionados às TR, requerem certo nível de abstração em seu processo de ensino e aprendizagem, uma vez que trazem concepções mais distanciadas do senso comum que permeia a física clássica. Mesmo assim, o seu conteúdo, por romper com o senso comum e instigar a imaginação dos estudantes, provoca neles a curiosidade e a consequente vontade de compreender os intrigantes fenômenos do mundo de altas velocidades, como, por exemplo, a dilatação dos intervalos de tempo e as contrações de comprimentos.

Mesmo diante de abstrações e conceitos contraintuitivos, os pesquisadores comprovaram que com ferramentas adequadas e abordagens dinâmicas, como as que foram citadas ao longo deste trabalho, é possível aos estudantes compreender conteúdos de relatividade e assim ter acesso a um modelo mais completo do Universo, revelando a física como uma ciência mutável e não estagnada, ao contrário do que pode ser inferido ao observarmos estritamente a física tratada pelo atual currículo da área. Tendo isso em vista, evidencia-se a importância de dar continuidade ao estudo e ao desenvolvimento de metodologias alternativas para a abordagem desses conteúdos, de modo que a FMC ganhe cada vez mais espaço no EB. Com a quantificação aqui realizada de publicações nas categorias de ER e TR, de maneira informativa e apresentando obras que deem aporte a uma boa base teórica e metodológica, esperamos tornar os professores cientes de tal importância.

De forma abrangente, como resultados dessa busca bibliográfica, destacamos que as publicações em periódicos apresentam uma vasta quantidade de obras a respeito da TRR e da TRG. Porém, no que diz respeito ao ER e ao currículo escolar, a aplicação desses conteúdos no EB ainda se encontra longe de uma concretização, o que é apontado principalmente pelos trabalhos em língua portuguesa e espanhola.

A escassez de materiais didáticos para o ER contribui para a omissão desse tema nos currículos escolares, pois o livro didático é uma ferramenta indispensável, que norteia e dita a base curricular desse nível de ensino, sendo ele muitas vezes o único material do qual o professor dispõe.

Cabe a pesquisas futuras investigar outras abordagens e estratégias metodológicas que possam somar-se às já desenvolvidas e contribuir com o ER, seja mostrando outros meios viáveis para o seu ensino, seja constatando a importância de sua presença na base curricular do EB e motivando a reconstrução dos currículos da escola básica.

Além disso, tendo em vista a redução da carga horária voltada ao componente curricular de física do Ensino Médio (EM), a partir das mudanças propostas na educação brasileira pelo novo EM, é preciso discutir a reformulação dos currículos escolares para que tópicos importantes da FMC não fiquem de fora na formação básica de nossos estudantes.

Por fim, ressaltamos a urgência de repensar os currículos da educação básica e chegar a um consenso do que realmente é importante que se contemple nesta etapa de formação. Destacamos ainda a urgência pelo incentivo às carreiras acadêmicas e científicas, as quais vêm passando por um processo contínuo de desinvestimento no Brasil. Neste cenário, percebe-se crescerem discursos anticientíficos aliados a movimentos políticos claramente antidemocráticos, mesmo depois de um momento de pandemia com sérias consequências globais, que deveriam ter trazido uma consciência generalizada da importância da ciência para a humanidade e do desenvolvimento científico para o crescimento do País.

REFERÊNCIAS

- ARRIASSECQ, Irene; GRECA, Ileana M.; CAYUL, Esther E. Secuencias de enseñanza y aprendizaje basadas en resultados de investigación: propuesta de un marco teórico para el abordaje de la teoría especial de la relatividad. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 35, n. 1, p. 133-155, 2017.
- ARRIASSECQ, Irene; CAYUL, Esther; GRECA, Ileana M. Enseñanza de la teoría general de la relatividad en la escuela secundaria: por qué, qué y cómo. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 29, n. 2, p. 33-44, 2017.
- ARRIASSECQ, Irene; GRECA, Ileana. Ondas gravitacionales en contexto para la escuela secundaria: física contemporánea, divulgación científica y género. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 30, 2018.
- BARBOSA, Patrynie Garcia; AQUINO, Arthur Marques; CALHEIRO, Lisiane Barcellos. Representações sociais de alunos da educação básica sobre buracos negros. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 32, 2020.
- BOTELHO, Joacy Machado; CRUZ, Vilma Aparecida Gimenes da. **Metodologia científica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.
- CASTIBLANCO, Olga; OTERO, María Rita. Entrevista a María Rita Otero. **Revista Góndola Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 152-155, 2016.
- CAYUL, Esther *et al.* Análisis de la primera implementación de la propuesta didáctica “Ondas gravitacionales en contexto para la escuela secundaria: física contemporánea, divulgación científica y género”. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 31, 2019.
- GATTI, Décio. Livros didáticos, saberes disciplinares e cultura escolar: primeiras aproximações. **Revista História da Educação**, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 29-50, set. 1997.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- HENRIKSEN, E. K. *et al.* Relativity, quantum physics and philosophy in the upper secondary curriculum: challenges, opportunities and proposed approaches. **Physics Education**, 2014.
- JARDIM, Wagner T.; OTOYA, Victor J. Vasquez; OLIVEIRA, Cristiane Garcia S. A teoria da relatividade restrita e os livros didáticos do ensino médio: discordâncias sobre o conceito de massa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, 2015.
- KAMPHORST, Floor *et al.* Students’ preinstructional reasoning with the speed of light in relativistic situations. **Physical Review Physics Education Research**, 2019.

KAUR, Tejinder *et al.* **Evaluation of 14 to 15-Year-Old Students' Understanding and Attitude towards Learning Einsteinian Physics**, 2017a.

KAUR, Tejinder *et al.* **Teaching Einsteinian Physics at Schools: Models and Analogies**, 2017b.

KERSTING, Magdalena *et al.* General relativity in upper secondary school: Design and evaluation of an online learning environment using the model of educational reconstruction. **Physical Review Physics Education Research**, 2018.

KERSTING, Magdalena. Navigating four dimensions – upper secondary students' understanding of movement in spacetime. **Journal of Physics: Conference Series**, [s. l.], 2019.

MOORE, Thomas A. Tips on Teaching General Relativity (with Tensors) to Undergraduates. **AAPT General Relativity Workshop**, 2006.

NETO, Jonas Guimarães Paulo; SIQUEIRA, Marcos Cirineu Aguiar; VIEIRA, Antônio Nunes de Oliveira. O ensino de física moderna e contemporânea na concepção de alunos no ensino médio. **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**, 2019.

OLIVEIRA, Letícia Maria; GOMES, Maria Letícia Alves. Einstein e a relatividade entram em cena: diálogos sobre o teatro na escola e um ensino de física criativo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 943-961, dez. 2016.

OLIVEIRA, Antônio Nunes de; SAMPAIO, Wilton Souza; SIQUEIRA, Marcos Cirineu Aguiar. Física moderna e contemporânea no ensino básico: o cinto de segurança como alternativa para a abordagem teórica do princípio de equivalência da relatividade geral. **Conexões: Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 13, n. 4, 2019.

OLIVEIRA, Antônio Nunes de; SIQUEIRA, Marcos Cirineu Aguiar. **Física Para Universidades e Concursos: Cinemática Relativística**. São Paulo: Livraria da Física, 2020.

OSTERMANN, Fernanda. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de física**. 2000. Tese (Doutorado) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

OSTERMANN, Fernanda; RICCI, Trieste dos Santos Freire. Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 2, p. 176-190, 2002.

OTERO, María Rita; ARLEGO, Marcelo; PRODANOFF, Fabiana. Design, analysis and reformulation of a didactic sequence for teaching the special theory of relativity in high school. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, 2015.

OTERO, María Rita; ARLEGO, Marcelo; MUÑOZ GUZMÁN, Edwin A. ¿Cómo y por qué estudiar la relatividad de la simultaneidad en la escuela secundaria?. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 303-321, 2019.

PINHEIRO, Gustavo; SILVA, Maria de Fátima Alves da. Transição da Relatividade Galileana para Einsteiniana através das concepções alternativas. **XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, [s. l.], 2007.

REIS, Ueslei Vieira; REIS, José Claudio. Os conceitos de espaço e de tempo como protagonistas no ensino de física: um relato sobre uma sequência didática com abordagem histórico-filosófica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 744-778, dez. 2016.

RODRIGUES, Carla Moraes; SAUERWEIN, Inés Prieto Schmidt; SAUERWEIN, Ricardo Andreas. Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 2014.

SILVA, Alanah Garcia da; ERROBIDART, Nádía Cristina Guimarães. Abordagem da teoria da relatividade restrita em periódicos de ensino de ciências 2005-2016. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 31, 2019.

Uso de redes sociais para democratização da ciência: uma proposta chamada *AntroVerso*¹

10.35819/scientiatec.v10i1.6533

Aline Coêlho dos Santos²
Francisco Diello de Souza Filho³
Victória Zeferino Costa⁴
Andreza Cipriani⁵
Luciana Fidelis de Souza da Costa⁶

Resumo: Este estudo versa sobre o papel social das redes sociais, na divulgação do conhecimento científico em prol da democratização da ciência e combate às fake news, a partir de um estudo crítico-analítico sobre o perfil no *Instagram* denominado *AntroVerso*, compreendendo parte dos efeitos que esse canal de comunicação tem sobre a sociedade. Sua fundamentação teórica pautou-se sobre o uso das redes sociais e o desenvolvimento de conteúdo digital para acessibilidade da informação. Desse modo, este é um estudo qualitativo de caráter descritivo, que contou com: o relato pessoal dos criadores do *AntroVerso* sobre o processo de desenvolvimento do perfil, suas intenções e percepções; estudo analítico, no *Instagram Analytics* e no *Instagram Insights*, do perfil *AntroVerso*, para caracterização dos usuários; e, realização de enquete, para levantamento das percepções apresentadas pelos usuários do perfil referentes à divulgação e democratização da ciência. Dos resultados obtidos, destaca-se que, embora as redes sociais apresentem grande impacto na sociedade e têm potencial como meios de disseminar o conhecimento científico, a divulgação científica nesses espaços carece de metodologia e avaliação moral/ética, o que implica, muitas vezes, a não veracidade dos conteúdos divulgados. Assim, este estudo apresenta uma proposta para resolver esse desafio: assim como perfis comerciais, que possuem um selo de certificação do conteúdo, os perfis científicos de grande repercussão também deveriam receber tal averiguação, por meio de um 'selo científico' ou 'selo educacional'.

Palavras-chave: Redes Sociais; Democratização da ciência; *AntroVerso*.

Abstract. This study, which is based on a critical-analytical analysis of the Instagram profile called *AntroVerso* and includes some of the effects that this communication channel has on society, discusses the social role of social networks in the dissemination of scientific knowledge in support of the democratization of science and the fight against fake news. The usage of social networks and the creation of digital material for information accessibility served as the basis for its theoretical underpinnings. Thus, this is a qualitative study of a descriptive nature, which included the following: a personal account of the *AntroVerso* creators about the profile development process, their intentions, and perceptions; an analytical study of the *AntroVerso* profile in *Instagram Analytics* and *Instagram Insights* to characterize the users; and the administration of a poll to ascertain the perceptions presented by the profile's users regarding the dissemination and democratization of science. According to the findings, it is important to note that while social networks have a significant social impact and have the potential to spread scientific knowledge, scientific dissemination in these settings lacks methodology and moral/ethical evaluation, which frequently implies the falsity of the disclosed contents. This paper offers a solution to this problem: similarly to commercial profiles, which have a content certification mark, scientific profiles with major implications should also acquire this kind of verification, via a "scientific seal" or "educational seal."

Keywords: Social networks; Democratization of Science; *AntroVerso*.

¹ Este trabalho recebeu apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina - FAPESC.

² Doutora em Educação pela FURB E-mail: alinecoelho@furb.br

³ Estudante Colégio Murialdo/Araranguá-SC, E-mail: francisco.diello@gmail.com.

⁴ Estudante do IFSC, E-mail: vickcosta1991@gmail.com.

⁵ Doutoranda em Educação pela FURB, E-mail: andrezacipriani@hotmail.com

⁶ Doutoranda em Educação pela FURB, E-mail: lfscosta@furb.br.

INTRODUÇÃO

São diversas as discussões que abarcam a importância e popularização da ciência por meio da sua divulgação, principalmente no tempo em que vivemos, no qual há ampla disseminação de informação e pouca cientificidade, acarretando, por vezes, as famosas *fake news*, que têm gerado desinformação e precarização da própria ciência. Divulgadores da ciência são responsáveis por transformar uma informação científica em uma linguagem de fácil compreensão, com o objetivo de atingir o maior público possível. Estamos falando sobre democratizar o acesso à ciência, para que cada vez mais pessoas, de diferentes idades e níveis de instrução, possam compreender e discutir sobre os problemas e as inovações que cercam a sociedade.

A ciência, por muito tempo, foi explorada em ambientes formais de ensino, por meio de estudos em revistas, periódicos e livros didáticos e científicos, ou seja, em meios de divulgação tradicionais, fato este que inspira o debate levantado neste estudo: por ser divulgada em lugares mais ‘formais’, em formato de artigos ou notícias e com uma linguagem mais rebuscada, a ciência acaba atingindo apenas uma parcela da população, que normalmente já está inserida no meio técnico e/ou acadêmico, o que gera uma lacuna entre ciência e sociedade.

Dessa maneira, a divulgação científica ainda está limitada a nichos já inseridos ao contexto científico, implicando, por vezes, o ‘descaso’ e a ‘desmobilização’ que boa parte da população tem frente a problemas que surgem e atacam o avanço científico, como, por exemplo, atos governamentais sobre a redução nos investimentos para produção e divulgação científica, e até mesmo no exercício da cidadania, bem como negativas contra o ato de vacinar-se e depreciação dos efeitos de uma vacina aprovada por comissão científica. Mas será que isso seria mesmo descaso ou apenas dificuldade de acesso à informação científica de qualidade?

Nos últimos anos, ocorreu um notável crescimento no uso de redes sociais como Instagram e TikTok, que estão se tornando cada vez mais eficientes na divulgação de informação. São redes sociais de informação rápida, com linguagem de fácil compreensão, nas quais as pessoas rapidamente conseguem captar a informação de forma dinâmica. Em geral, permitem interações entre o produtor do conteúdo e o público, bem como o compartilhamento, a inserção de comentários e

atos próprios das plataformas *online*, como ‘curtir’ o conteúdo exposto. Com o objetivo de fazer mais pessoas terem acesso e se interessarem pela ciência, ou seja, na busca pela divulgação e democratização do conhecimento científico, inspirando jovens a se tornarem consumidores da ciência, com vistas à consecução de uma sociedade melhor, mais humana, saudável e democrática, dois jovens idealizaram e fundaram o projeto *AntroVerso*, um perfil para divulgação científica no Instagram.

Sendo assim, este estudo, preocupado com os caminhos futuros da ciência e da sociedade, vislumbra um movimento de acesso e democratização a partir das redes sociais, o qual o perfil *AntroVerso* explora descritivamente no Instagram. Para isso, o presente estudo divide-se em seis seções, as quais contemplam concepções teóricas acerca da temática, bem como características e identidade visual do referido perfil. A pesquisa também envolveu a aplicação de um questionário, por meio do recurso ‘*story*’ da plataforma, cujos resultados, neste trabalho, são demonstrados em forma de gráficos, com posteriores discussões e contribuições para a democratização da ciência. Todas essas informações estão melhor apresentadas e detalhadas na seção *Metodologia*.

METODOLOGIA

Este artigo é um estudo qualitativo de caráter descritivo a respeito do perfil do Instagram denominado *AntroVerso*. Buscando compreender o uso das redes sociais para a divulgação e democratização da ciência, visa estabelecer um debate que integre nesse discurso: (a) a construção de material didático digital para acessibilidade da informação; e (b) a iniciativa de jovens cientistas no movimento de divulgar e fazer ciência.

Dessa forma, este estudo contou com as seguintes etapas para levantamento de dados: (i) estudo bibliográfico sobre o papel das redes sociais na divulgação científica e democratização da ciência; (ii) descrição de relato pessoal dos idealizadores e criadores do perfil *AntroVerso* sobre o processo de construção do perfil, suas intenções e percepções; (iii) estudo analítico, no Instagram Analytics e no Instagram Insights, do perfil *AntroVerso*, para coleta de dados a respeito da caracterização dos usuários (seguidores); (iv) realização de enquete (pesquisa

rápida), para levantamento das percepções apresentadas pelos usuários do perfil referentes à divulgação e democratização da ciência.

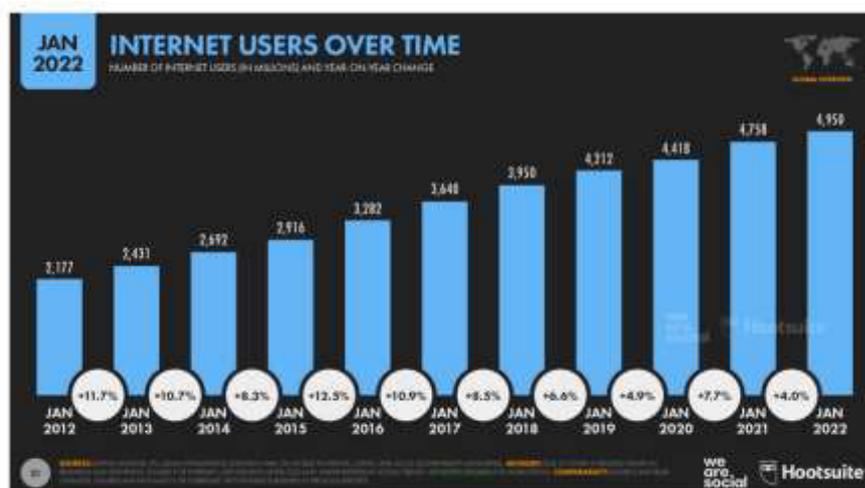
O perfil *AntroVerso* está ativo desde 14 de março de 2022, e todo o conteúdo utilizado para sua análise está presente e arquivado no próprio perfil, o que inclui as publicações, as mensagens dos seguidores, os *stories*, as respostas às enquetes e os comentários deixados nas publicações feitas.

A análise dos dados provenientes das quatro enquetes foi realizada por meio da análise descritiva (REIS; REIS, 2002). A fase inicial deste processo de estudo dos dados coletados é feita por meio da compilação dos resultados, após a qual os dados são plotados na forma de gráficos, para dimensionamento qualitativo e para que a visualização das respostas dos participantes fique mais clara. Para tratamento dos dados, utilizou-se o *software* The R Project for Statistical Computing. Este *software* é uma ferramenta gratuita para análise gráfica e estatística de dados (DESSAU; PIPPER, 2008).

Sendo assim, o estudo contém seis seções: na terceira seção, *Contribuições científicas: papel social das redes sociais*, encontram-se informações a respeito das concepções teóricas da temática 'divulgação científica por meio da democratização da ciência'. A quarta seção, *Identidade e características do perfil AntroVerso*, apresenta uma caracterização do referido perfil no Instagram, demonstrando sua identidade visual e os objetivos propostos para divulgação e democratização da ciência. Na quinta seção, *Resultados: impressões apresentadas pelos usuários*, estão demonstrados, na forma de gráficos, os resultados obtidos por meio das respostas a quatro enquetes, relacionadas às percepções dos usuários sobre as contribuições do *AntroVerso* para a ciência. Por fim, na sexta seção, *Considerações finais*, apresentam-se as possibilidades e os desafios das redes sociais para divulgação científica.

CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS: PAPEL SOCIAL DAS REDES SOCIAIS

De acordo com o *Relatório de Visão Geral Global Digital 2022*, publicado em parceria pela We Are Social e a Hootsuite (2022), o número de pessoas conectadas à internet aumentou exponencialmente devido à pandemia de Covid-19. Os dados mais recentes sugerem que os usuários de internet cresceram 192 milhões nos últimos 12 meses (Figura 1):

Figura 1: Número crescente de usuários da internet, 2012-2022.

Fonte: We Are Social e Hootsuite, 2022.

Os números apresentados no referido relatório demonstram também que, das redes sociais mais acessadas, o Instagram é a segunda plataforma favorita dos usuários de mídia social, sendo seu uso indicado como um instrumento de expansão de conhecimento. O Instagram tem se tornado uma ferramenta de *marketing* essencial e atrativa, por proporcionar contato de forma direta, simples e rápida com o consumidor (SILVA; OLIVEIRA, 2019).

Conforme o *site* Social Pilot, atualmente há mais de 2 bilhões de usuários ativos no Instagram, dos quais 64% possuem menos de 34 anos. O Brasil é segundo maior país em número de usuários da plataforma (115 milhões). Portanto, tal rede social é o instrumento ideal para suprir a busca por democratização da divulgação científica e estimular a aproximação entre os jovens e a ciência. Grande parte do conteúdo na plataforma é entretenimento, que os utilizadores consomem com finalidade leniente e prazerosa no dia a dia. A média de tempo gasto no Instagram é de 28 minutos por dia (BAGADIYA, 2022).

O uso das redes sociais como instrumento para disseminar o conhecimento gerado pela produção científica diminui a distância entre a pesquisa e a vida cotidiana, além de potencializar a democratização do conhecimento (NAVAS *et al.*, 2020). As plataformas digitais, como espaços coletivos e colaborativos, também otimizam a divulgação do conteúdo gerado, favorecendo o alcance de um número maior de pessoas e aumentando a popularidade do projeto (ALLEGRETTI *et al.*, 2012).

Assim, podemos compreender que a divulgação científica é a “[...] utilização de recursos, técnicas, processos e produtos (veículos ou canais) para a veiculação de informações científicas, tecnológicas ou associadas a inovações ao público leigo” (BUENO, 2010, p. 2). Ou seja, na divulgação científica, o público não é alfabetizado cientificamente, logo vê como obstáculo qualquer termo técnico de certa complexidade. Conseqüentemente, se há a presença desses termos, observa-se certa dificuldade e resistência em acompanhar o tema por parte do público leigo, por dificuldades em associar o conteúdo com a realidade em que vive.

Pensando nisso, é necessária uma decodificação dos termos técnicos para que a informação seja passada. Isso pode ser feito por meio de recursos linguísticos e imagéticos, como metáforas e/ou vídeos, *designs* e fotos chamativas. Esses recursos ajudam o público leigo a assimilar as inovações, a compreender um pouco o mundo em que está e, ao mesmo tempo, a relacionar todos esses elementos com a realidade em que vive. Assim, as pessoas sem formação em ciências se tornam mais engajadas e integradas à comunidade científica, dando abertura para um interesse e uma vontade de saber cada vez maiores, atingindo o objetivo de democratização da ciência (ALBAGLI, 1996).

De acordo com Tavares e Melo (2019, p. 2), “[...] os ambientes *online* se expandem a cada dia, e um imensurável número de informações pode ser acessado através das diversas *websites* existentes [...]”, proporcionando assim a difusão de conhecimentos. Nesse sentido, a utilização do Instagram *AntroVerso* com vistas à democratização da ciência abre espaço para discussão, permitindo aos seus seguidores tirar dúvidas e opinar sobre os temas divulgados pela página.

O acesso a conteúdos informativos por intermédio do ensino informal digital, mesmo que por períodos pequenos e com conteúdos breves e diretos, destina-se à difusão de conhecimento agradável e eficiente ao receptor.

IDENTIDADE VISUAL E CARACTERÍSTICAS DO PERFIL ANTROVERSO

O nome *AntroVerso* tem inspiração em duas palavras: ‘antro’, de antropologia – o estudo do homem como um ser biológico, social e cultural –, e ‘verso’, de universo – a soma do espaço, do tempo e das mais variadas formas de matéria. O perfil foi criado em março de 2022, sendo muito recente, o que justifica o desenvolvimento deste estudo, que busca identificar as verdadeiras contribuições

que o referido projeto pode dar à ciência e à sociedade. Ele foi idealizado por dois jovens que finalizaram recentemente o Ensino Médio.

O perfil (Figura 2), criado em 14 de março de 2022, conta atualmente com 348 seguidores e atinge um público majoritariamente feminino, na faixa de 16 a 36 anos. Tem uma identidade visual voltada à releitura da obra *Homem Vitruviano*, de Leonardo da Vinci, na qual o homem representa o prefixo 'antro', cujas proporções são, na verdade, as trajetórias dos planetas/astros, que fazem jus ao sufixo 'verso'. Juntamente com a logo, o nome tem como objetivo mostrar que o perfil abrange publicações tanto voltadas para o corpo humano e as ciências naturais quanto para o universo que nos cerca, demonstrando como esses dois assuntos podem estar correlacionados.

Figura 2: Identidade visual do perfil no Instagram @antroverso



Fonte: perfil do @antroverso no Instagram (SOMOS..., 2022).

O perfil *AntroVerso* tem por fim obter um contato mais profundo com a ciência, abordar inovações científicas e suas implicações para a sociedade, entender como o mundo funciona, espalhar conhecimento de maneira simples, eliminar a crença de que ciência é apenas para cientistas formados, fazer mais pessoas se interessarem pela ciência e, se possível, inspirá-las a seguirem uma carreira científica.

A criação do conteúdo do *AntroVerso* fundamenta-se em uma profunda coleta de informações disponíveis na internet, unidas em textos mais objetivos e de linguagem acessível para jovens. As informações empregadas provêm de múltiplas e fidedignas fontes, a exemplo de revistas aclamadas (Nature, Science, etc.), de bibliotecas digitais e ferramentas de pesquisas (SciELO, Google Acadêmico, etc.) e de publicações diretamente retiradas dos *sites* de instituições de ensino reconhecidas (Universidade de Stanford, Instituto Tecnológico de Massachussets, etc.). Para atender aos requisitos da plataforma Instagram, as pesquisas são resumidas e adaptadas para a leitura prática.

A elaboração do projeto e do perfil *AntroVerso* no Instagram objetiva a divulgação de matérias e também a produção de textos e conteúdos pertinentes às mais diversas áreas das ciências naturais, com linguagem informal e de rápida compreensão e visualização, atuando na entrega de curiosidades e informações não usuais, que tangem o aprendizado da educação informal nas redes sociais. Nessa modalidade de ensino, “[...] os conhecimentos são compartilhados em meio a uma interação sociocultural que tem, como única condição necessária e suficiente, existir quem saiba e quem queira ou precise saber” (GASPAR, 2002, p. 173).

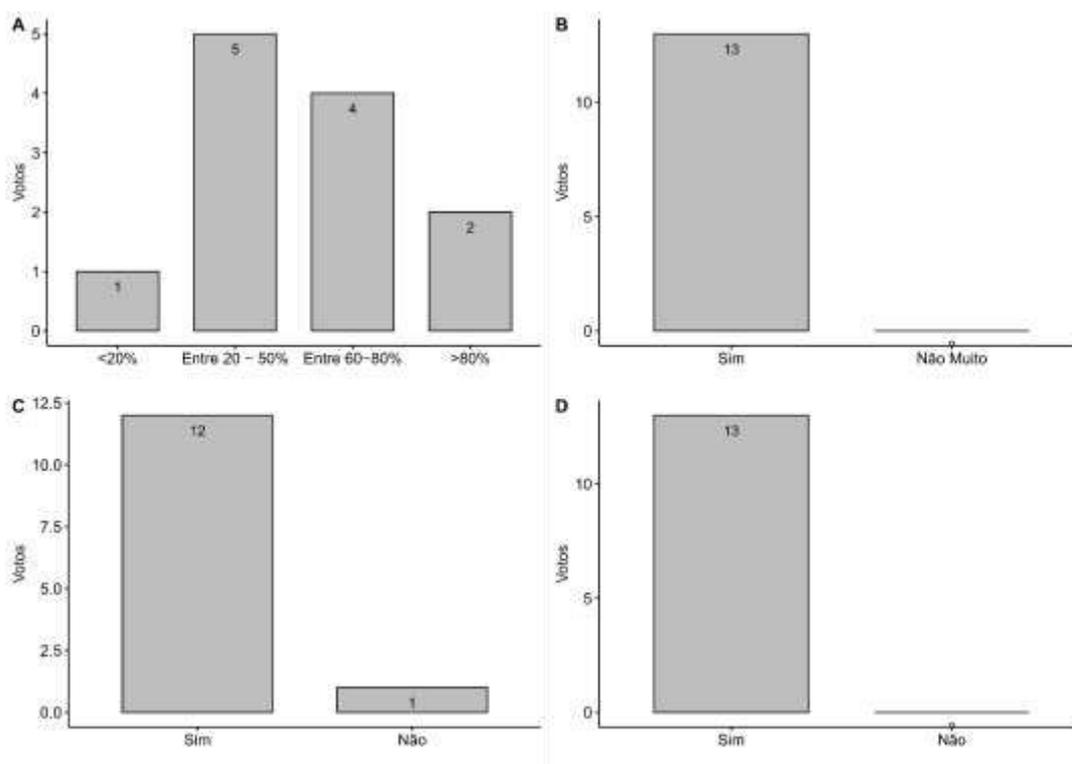
Dessa forma, os usuários começam a acompanhar o projeto do *AntroVerso* no Instagram pela via do engajamento, seja pela localidade, a popularidade e a atividade do perfil, entre outros fatores que compõem o algoritmo da plataforma, relacionando-se com as publicações de forma ativa e ágil, o que permite, por meio do interesse casual, a aprendizagem de conteúdos sem qualquer cobrança, tanto financeira quanto acadêmica. Ademais, há a frequente utilização da ferramenta ‘*story*’ do Instagram, na qual se pode adicionar funções como ‘caixa de perguntas’, ‘votação’ e ‘quiz’, com as quais os seguidores do perfil interagem, utilizando tanto o conhecimento prévio de que dispõem como aquele que adquirem no próprio perfil.

RESULTADOS: IMPRESSÕES APRESENTADAS PELOS USUÁRIOS

A identificação das percepções dos usuários acerca das contribuições do perfil de Instagram denominado *AntroVerso* deu-se por meio do uso de quatro enquetes. Estas foram disponibilizadas por meio da opção ‘*story*’, contida na ferramenta, ficando cada enquete disponível por 24 horas. Obteve-se a participação de 12 respondentes na primeira enquete, e de 13 em cada uma das outras três.

Os resultados provenientes das quatro enquetes foram compilados em forma de gráficos de barras, com o uso do *software* The R Project for Statistical Computing, e podem ser observados na Figura 3:

Figure 3: Resultado das quatro enquetes acerca das percepções apresentadas pelos usuários sobre o perfil *AntroVerso*



Fonte: elaborado pelos autores (2022).

De acordo com a Figura 3, o primeiro gráfico (A) corresponde à seguinte questão: “Em porcentagem, qual é o valor que você atribui ao grau de conhecimento científico que você adquiriu com o perfil?”. As escalas das respostas variaram entre <20%, com 1 voto; entre 20 e 50%, com 5 votos; entre 60 e 80%, com 4 votos; e >80%, com 2 votos.

Podemos identificar a predominância dos votos na faixa de 20-80%, que corresponde a 9 dos 12 votos disponíveis, referindo-se a 75% de aprendizagem que os seguidores adquiriram com o uso do perfil. Percebe-se que, embora não se observe a prevalência da opção de maior porcentagem, houve significativa participação do *AntroVerso* na aprendizagem dos participantes.

O segundo gráfico (B) contém as respostas ao seguinte questionamento: “O nosso perfil te ajudou a compreender o mundo ou a sua realidade de alguma

forma?”. Identificou-se que 13 participantes sinalizaram a opção ‘sim’, totalizando 100% dos votos.

O terceiro gráfico (C) teve como questão: “Após nos seguir, você teve interesse em saber cada vez mais sobre ciência?”. Do total de 13 votos, 12 se referiram à opção ‘sim’, o que corresponde a 92% dos votos totais. Na quarta e última enquete, representada pelo gráfico D, foi questionado: “Você consegue compreender de maneira fácil e descomplicada a informação que é passada aqui?”. Nas respostas, obteve-se 100% dos votos em relação à opção ‘sim’.

A partir das respostas dos participantes das 4 enquetes, percebeu-se uma tendência positiva, no sentido de confirmar que as publicações do perfil *AntroVerso* estimulam o indivíduo no processo de discernimento do mundo por meio da ciência, bem como proporcionam engajamento com o meio científico.

Sendo assim, ressalta-se que divulgação científica por meio de redes sociais cumpre função primordial: democratizar o acesso ao conhecimento científico e estabelecer condições para a chamada alfabetização científica. Portanto, de acordo com Bueno (2010), essa prática pode incluir os cidadãos no debate sobre temas especializados e que podem impactar sua vida e seu trabalho, a exemplo de transgênicos, células-tronco, mudanças climáticas, energias renováveis e outros itens.

Pode-se perceber também que a linguagem empregada no perfil mostrou-se efetiva na transposição das informações que continham termos de cunho científico e técnico, pois, como mencionado nas respostas referentes às perguntas demonstradas pelos gráficos B e D, 100% dos participantes sinalizaram que sim, compreendiam a informação que estava sendo passada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, debatemos o papel social das redes sociais na divulgação do conhecimento científico em prol da democratização da ciência, a partir de um estudo sobre o perfil *AntroVerso* no Instagram, que se deu por meio da análise descritiva dos dados coletados.

Ressaltamos que, assim como todo método de análise de dados, este possui algumas limitações. Ao se condensar os dados gerados por meio de gráficos, perde-

se informação, pois não se têm as observações originais. Entretanto, esta perda de informação é pequena se comparada à clareza da interpretação proporcionada pelo dimensionamento em escala gráfica dos dados quantitativos.

A fim de combater *fake news* e passar informações fundamentadas, a busca dos conteúdos científicos divulgados no Antroverso é feita em revistas e *sites* idôneos, como Nature, Science, Scientific American, National Geographic, entre outros, os quais possuem prestígio científico global. Essas referências contêm assuntos das mais variadas áreas, as quais são amplamente usadas pelo perfil. A partir das matérias publicadas, é possível filtrar qual informação seria de maior interesse e satisfação dos seguidores, extraindo-se assim um determinado assunto para ser explicado de maneira compreensível ao público leigo.

Um dos problemas que a divulgação científica nas redes sociais enfrenta é o fato de que, nas plataformas digitais, em especial no Instagram, as informações, antes de serem postadas, não passam por uma avaliação moral/ética, o que implica, muitas vezes, a não veracidade das matérias divulgadas.

Diante de todos os fatos mencionados, apresenta-se uma proposta para resolver esse desafio: assim como perfis comerciais, que possuem um selo de certificação do conteúdo, os perfis científicos de grande repercussão também deveriam receber tal averiguação, por meio de um ‘selo científico’ ou ‘selo educacional’.

Os perfis de cunho científico e educacional podem passar pelo crivo de uma comissão avaliadora especializada na temática, que decidirá se os conteúdos divulgados possuem boa procedência. Ampliando os recursos para a averiguação, deve haver a validação do ‘currículo’ dos perfis, ou seja, os eventos, as feiras e os seminários em que os projetos estiveram presentes. Isso resolveria a problemática de propagação de *fake news*, muito presente hoje nas mídias sociais, pois comprovaria a validação e a fidelidade da pesquisa, bem como a fundamentação de tais perfis.

REFERÊNCIAS

ALBAGLI, Sarita. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? **Ciência da Informação**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 396-404, 1996. Disponível em: <https://revista.ibict.br/ciinf/article/view/639>. Acesso em: 20 mar. 2022.

ALLEGRETTI, S. M. M. *et al.* Aprendizagem nas redes sociais virtuais: o potencial da conectividade em dois cenários. **Revista contemporaneidad educacion y tecnologia**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 53-60, 2012. Disponível em: https://revistacontemporaneidadeeducacaoetecnologia02.files.wordpress.com/2012/04/pucsp_2012.pdf. Acesso em: 20 mar. 2022.

BAGADIYA, Jimit. How To Initiate Content Marketing through Social Media? **Social Pilot**, [S. l.], 13 fev. 2020. Disponível em: <https://www.socialpilot.co/>. Acesso em: 23 maio 2022.

BUENO, Wilson Costa. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. **Informação & Informação**, Porto Alegre, v. 15, n. 1 – especial, p. 1-12, 2010. Disponível em: <https://brapci.inf.br/index.php/res/v/33484>. Acesso em: 20 set. 2022.

DESSAU, Ram Benny; PIPPER, Christian Bressen. "R"--project for statistical computing. **Ugeskrift for laeger**, [S. l.], v. 170, n. 5, p. 328-330, 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18252159/>. Acesso em: 20 set. 2022.

GASPAR, Alberto. A educação formal e a educação informal em ciências. **Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil**, Rio de Janeiro, p. 171-183, 2002. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4044729/mod_resource/content/1/Texto%206%20A%20educa%C3%A7%C3%A3o%20formal%20e%20a%20educa%C3%A7%C3%A3o%20informal%20em%20ci%C3%A7ncias.pdf. Acesso em: 20 set. 2022.

NAVAS, Ana Luiza Gomes Pinto *et al.* Divulgação científica como forma de compartilhar conhecimento. **CoDAS**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 1-3, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/codas/a/JfNfDWM4Qr3rkqmRWHCWLm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2022.

REIS, Edna Afonso; REIS, Ilka Afonso. **Análise descritiva de dados**. Relatório Técnico do Departamento de Estatística da UFMG. Belo Horizonte: UFMG, 2002. v. 1. Disponível em: <http://www.est.ufmg.br/portal/arquivos/rts/rte0202.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

SILVA, Dhiego Abnner de Medeiros; OLIVEIRA, Mariana Simão Brasil de. **Análise da utilização do Instagram como uma ferramenta viável de empreendedorismo: um estudo de caso com empresas potiguaras**. 2019. 13 f. TCC (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Natal, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/2368/2/DhiegoAMS_ART.pdf.

SOMOS novos por aqui e agora eu vou dar um resumo sobre o que é nosso perfil. [S. l.], 14 mar. 2022. Instagram: @antroVerso. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/CbF3SoWO8nq/>. Acesso em: 20 dez. 2022.

TAVARES, Vinicius dos Santos; MELO, Rosane Braga de. Possibilidades de aprendizagem formal e informal na era digital: o que pensam os jovens nativos digitais? **Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 23, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pee/a/6kRNTdkSLdD5PkcJLhLkWrh/?lang=pt>. Acesso em: 20 set. 2022.

WE ARE SOCIAL; HOOTSUITE. **The Global State of Digital 2022**. [S. l.: s. n.], 2022 Disponível em: <https://www.hootsuite.com/pt/recursos/digital-trends>. Acesso em: 20 mar. 2022.

Desempenho de revestimentos de Politetrafluoroetileno e Dissulfeto de Molibdênio em brocas para furação de madeira

10.35819/scientiatec.v10i1.6711

Clederson Barro¹
Alexandre Luis Gasparin²

Resumo: Este estudo mostra a performance dos revestimentos superficiais politetrafluoroetileno (PTFE) e dissulfeto de molibdênio (MoS_2) aplicado em brocas para a furação de madeira. A caracterização química dos revestimentos foi feita por espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR). A avaliação da vida útil da ferramenta, através de testes de bancada, mediu o torque e potência na furação. A dureza dos corpos de prova de madeira foi verificada na escala Shore D, os filmes e substrato na escala Vickers. Metalografia determinou a microestrutura da broca e espessura de camada dos filmes. As análises foram realizadas de forma comparativa entre as amostras com PTFE, MoS_2 e sem revestimento (padrão). As brocas com PTFE em relação as padrão obtiveram reduções do torque de furação de até 35 %, reduzindo-se o gasto de potência elétrica. Já as amostras de MoS_2 obtiveram um aumento do torque de furação de até 28 % e consumo de energia de 18 % superior a padrão, deslocando-se totalmente nas arestas de corte. O torque nas amostras com PTFE foi de até 49 % menor comparadas a MoS_2 . Houve revenimento nas microestruturas de todos os substratos. Os resultados viabilizam as brocas com filmes de PTFE em detrimento ao MoS_2 .

Palavras-chave: Broca para madeira; politetrafluoroetileno; dissulfeto de molibdênio.

Abstract: This study shows the performance of polytetrafluoroethylene (PTFE) and molybdenum disulfide (MoS_2) surface coatings applied to drills for wood drilling. The chemical characterization of the coatings was performed by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). The evaluation of the tool life, through bench tests, measured the torque and power during drilling. The hardness of the wood specimens was verified with Shore D scale, the films and substrate with Vickers scale. Metallography determined the microstructure of the drill and layer thickness of the films. The analyses were performed comparing the samples with PTFE, MoS_2 and without coating (standard). The drills with PTFE in relation to the standard ones obtained reductions of the drilling torque of up to 35 %, reducing the electric power consumption. The MoS_2 samples, on the other hand, obtained an increase in drilling torque of up to 28 % and energy consumption of 18 % higher than the standard, totally detaching at the cutting edges. The torque in the samples with PTFE was up to 49% lower compared to MoS_2 . There was tempering in the microstructures of all substrates. The results enable drills with PTFE films to the detriment of MoS_2 .

Keywords: Wood drill; polytetrafluoroethylene; molybdenum disulfide.

¹ Bacharel em Engenharia Mecânica pela UCS, E-mail: clederson05@gmail.com

² Doutor em Ciências do Materiais pela UFRGS, E-mail: alexandre.gasparin@caxias.ifrs.edu.br

INTRODUÇÃO

O politetrafluoroetileno (PTFE) é um material muito utilizado na fabricação de filmes antiaderentes (ABDENNADHER et al., 2023; ANDREATTA et al., 2020); ele pertence à família de polímeros conhecidos por flúor-carbonos com teores significativos de flúor e resistentes à inflamabilidade. Também exibe uma resistência excepcional ao ataque por soluções tanto ácidas quanto alcalinas (CALLISTER JR., 2003). É um polímero fluorado de alta estabilidade térmica, química e baixo coeficiente de atrito e suporta uma tensão de compressão da ordem de 30 MPa (CANEVAROLO JR, 2006).

As características mecânicas do PTFE mostram um módulo de elasticidade sob tração na faixa de 0,40 a 0,55 GPa, um limite de resistência à tração entre 20,7 e 34,5 MPa, um limite de escoamento de 13,8 a 15,2 MPa e um alongamento na ruptura entre 200 e 400 % (CALLISTER JR., 2020). O polímero cristalino PTFE possui alta densidade, devido ao pequeno tamanho do átomo de flúor em relação ao de carbono e à regularidade da cadeia molecular, possui um ponto de fusão de 327 °C e densidade entre 2,13 e 2,19 g/cm³ (SMITH; HASHEMI, 2012a).

Uma simulação do processo dinâmico de transferência de atrito e desgaste do PTFE quando deslizado contra o aço AISI SAE 1045 foi feita por Xie *et al*, 2019, onde uma camada de partículas foi transferida, aumentando, desse modo, a taxa de desgaste do PTFE, devido ao aumento da rugosidade da contraface (XIE; LAI; YANG, 2019). O comportamento tribológico do atrito torcional plano-sobre-plano entre o PTFE e ao aço AISI SAE 1045 também demonstrou que, tanto o torque devido à fricção, quanto a taxa de desgaste do PTFE diminuem exponencialmente quando o ângulo de torção aumenta (WANG; NIU, 2016).

O dissulfeto de molibdênio (MoS₂) pertence à classe de compostos lamelares com três modificações polimórficas: 2H, 3R e 1T (WYPYCH, 2002a). É também aplicado em baterias no estado sólido em meio aquoso, células solares, catalisadores e em lubrificantes sólidos. A sua estrutura lamelar contribui para o seu baixo coeficiente de atrito. É uma substância muito versátil com uma notável estabilidade química e térmica, possui propriedades físicas anisotrópicas habilitando-o a variadas aplicações industriais, como em revestimentos através de filmes finos (WYPYCH, 2002b). No entanto, a sua baixa dureza superficial pode causar um desgaste severo no filme, apesar dos resultados positivos obtidos com o revestimento de TiMoN/a-

MoSx terem alcançado uma taxa de desgaste de 2.10^{-11} mm³/N.m e um coeficiente de atrito na ordem de 0,10 (YANG et al., 2018a).

Um estudo com a utilização de MoS₂ para a lubrificação de rolamentos mostrou uma redução do desgaste dos anéis de rolamento em até 94%, além do aumento da sua vida útil em 30 % (MARIAN et al., 2021).

Coníferas de madeira mole, branca e resinosa (PEREIRA, 2013a) e classificadas como uma madeira macia de fibras longas com propagação fácil e crescimento rápido, o *Pinus elliottii* tem grande manejo, crescimento rápido e a sua madeira é muito utilizada na construção civil (RIZZINI, 1978). É amplamente usada como um substituto das madeiras nativas na construção civil, sendo capaz de suportar ambientes agressivos quando tratada em autoclave (GONZAGA, 2006). Esse material apresenta uma dureza Janka paralela às fibras de 197 kgf (PEREIRA, 2013b). Na escala de dureza Shore D, pode chegar a 49,6 Shore D à 20 °C e 62,75 Shore D à -196 °C (ÖZKAN, 2022a).

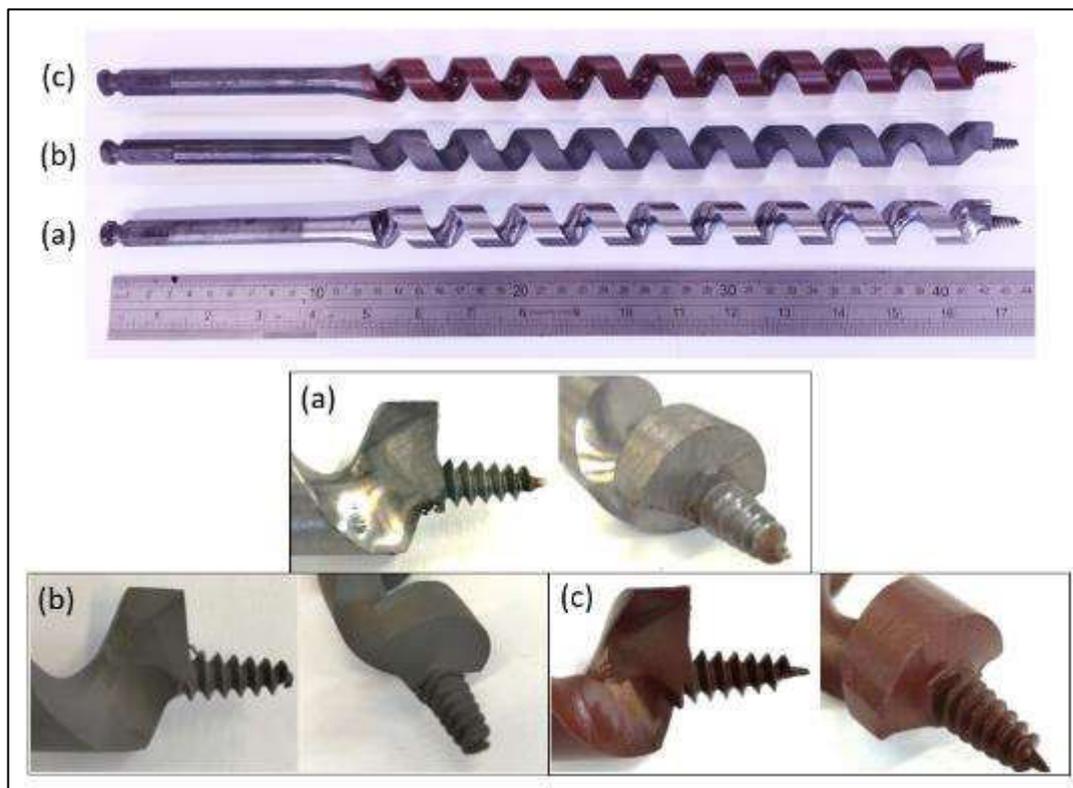
Brocas helicoidais para furação em madeira, especialmente para o tipo *Pinus elliottii*, sofrem desgastes nas arestas de corte em decorrência do atrito e esforços gerados na furação, diminuindo a vida útil da ferramenta e a sua performance. O objetivo geral deste estudo foi de executar uma análise mais detalhada com a aplicação dos revestimentos com PTFE e MoS₂ em uma broca tipo *Auger Bit* de aço AISI SAE 1060 temperado, com o objetivo de reduzir o torque de furação.

MATERIAIS

Brocas

As brocas que foram utilizadas nos testes são do tipo *Auger bits* com diâmetro de 7/8" e comprimento de 17", material base AISI SAE 1060 temperado e revenido. Foram separadas 30 brocas, das quais 10 foram utilizadas como padrão, ou seja, brocas sem revestimento ou padrão (Figura 1a), 10 com aplicação de MoS₂ (Figura 1b) e 10 com aplicação de PTFE (Figura 1c). A deposição dos revestimentos foi realizada na superfície das peças cobrindo a região da extremidade onde há uma pequena ponta roscada e as arestas da afiação, além de toda a superfície do canal de escoamento do cavado, por serem as regiões que efetivamente estão em contato com a madeira durante a furação.

Figura 1: (a) Broca sem revestimento (padrão); (b) Com revestimento de MoS₂; (c) Com revestimento de PTFE



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Corpos de prova

Nos experimentos de furação foram utilizados corpos de prova feitos de caibros de madeira do gênero *Pinus elliottii*, com dimensões 150 x 150 x 50 mm.

Equipamentos para teste de furação

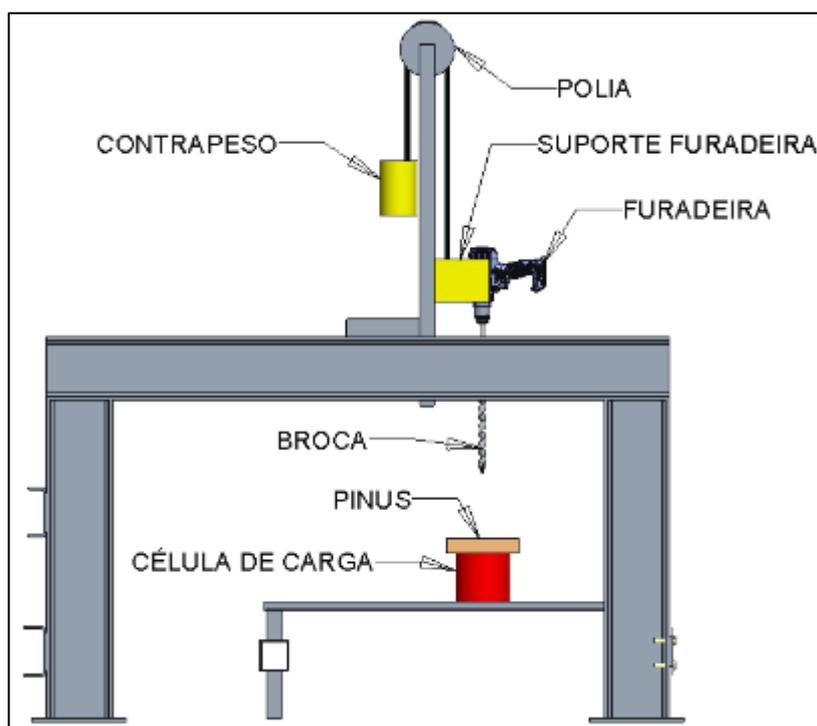
Os testes de furação foram realizados em um equipamento conforme mostra o desenho esquemático da Figura 2. A bancada de testes replica a condição de furação manual dos usuários, com parâmetros controlados como alinhamento da broca perpendicular à madeira e com aplicação de carga axial constante.

O equipamento (Figura 2) é composto por uma mesa linear para movimentação nos eixos X, Y e Z, na qual foi fixada uma furadeira. Os caibros de madeira, a célula de carga (plataforma piezoelétrica) e o gabarito rígido foram fixados com alinhamento concêntrico entre si abaixo da broca utilizada nos testes. A carga axial de furação aplicada na broca é composta pelos pesos da furadeira e do suporte da furadeira

ajustados com a carga de contrapeso do sistema, desta forma, a carga na broca é constante.

O dispositivo é controlado por um comando numérico computadorizado, o qual é responsável pelo posicionamento, movimentação e acionamento da furadeira. A célula de carga, o sensor fotoelétrico Banner multiuso modelo QS18VP6LAF e o alicate amperímetro de marca Dewesoft, modelo DS-CLAMP-1800DC foram conectados no sistema de aquisição de dados responsável pela coleta dos seguintes dados de teste: torque, esforço axial, rotação, tensão e corrente da furadeira. Através do software da Dewesoft foi possível a análise dos dados de furação, gerando-se o gráfico de potência consumida durante a furação.

Figura 2: Equipamento para teste de furação: estrutura, furadeira, célula de carga e caibros de madeira.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Medição de esforços de corte

A verificação dos esforços de corte foi feita com uso de uma plataforma piezoelétrica marca Kistler, modelo 9273, capacidade de trabalho nas direções F_x e F_y de -5 a 5 kN, F_z de -5 a 20 kN e M_z de -100 a 100 N.m e resoluções em F_x e F_y

de 20 mN, F_z de 20 mN e M_z de 0,02 N.cm. A plataforma foi fixa sobre o dispositivo do equipamento de testes na sua parte inferior com parafusos e o corpo de prova fixo na sua parte superior (ver Figura 3).

A coleta dos dados de furação foi realizada com o auxílio de um sistema de aquisição de dados da marca Dewesoft modelo *X-Professional Sirius-8xSTGM* com resolução de 0,7 %, no qual foi possível conectar a furadeira alimentada por bateria de 4 A e 20 V, com rotação entre 450 e 2000 rpm, torque máximo de 95 N.m e potência 820 W. Na medição da rotação da furadeira foi utilizado um sensor fotoelétrico marca Banner, modelo QS18VP6LAF com faixa de tensão de 10 a 30 V DC, com resolução de 1 rpm e sensibilidade de 1 mm. Para a medição da potência durante a furação dos corpos de prova de madeira, um amperímetro tipo alicate de marca Dewesoft, modelo DS-CLAMP-1800DC, faixa de 1800 A DC/AC e saída de 1 mV/A foi usado, juntamente com a plataforma piezoelétrica.

Figura 3: Plataforma piezoelétrica.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

MATERIAIS E MÉTODOS

Aplicação dos revestimentos

Aplicado por pulverização, o PTFE utilizado foi o da marca Testrong 104D da fabricante Chemours (Dupont), com uma espessura de camada entre 20 μm e 30 μm , recomendado para aplicações industriais, automotivas, eletrônicas, químicas, aeroespacial, medicina, entre outros, cujas características principais são: antiaderente, baixo coeficiente de atrito, entre 0,05 e 0,20, resistência térmica de até 260°C, resistência química e à abrasão.

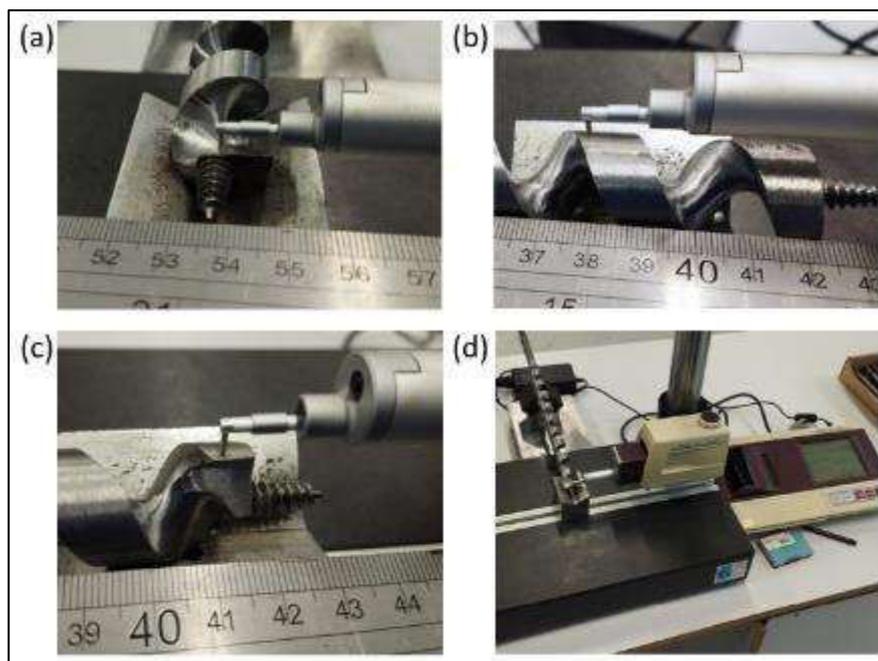
O MoS_2 utilizado foi o da marca Molykote tipo II, da fabricante Dupont, aplicado por pulverização, com uma espessura de camada entre 20 μm e 30 μm , indicado para aplicações industriais de alto desempenho.

Caracterização das brocas

Medição da rugosidade

Foi verificada a rugosidade das peças antes e após a aplicação dos revestimentos com o objetivo de comparar as variações através do rugosímetro da fabricante Mitutoyo, modelo SJ-400, resolução de 0,125 μm montado sobre uma mesa modelo Heavyduty column stand, fabricante Mitutoyo. As verificações foram feitas em três regiões da ponta das peças sendo na superfície do ângulo de ataque (Figura 4a), na superfície externa do canal (Figura 4b) e na superfície do alívio radial próxima a aresta secundária de corte (Figura 4c). A Figura 4d mostra uma visão geral do sistema de medição de rugosidade utilizado.

Figura 4: Medição de rugosidade: (a) posição do ângulo de ataque da aresta de corte, (b) superfície externa do canal da broca, (c) superfície do alívio radial, (d) visão geral dos equipamentos utilizados.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Metalografia e dureza das brocas

As amostras também foram submetidas à caracterização microestrutural, de acordo com (HANDBOOK, 2004), para avaliar a microestrutura do aço antes e após a deposição dos revestimentos. A verificação da espessura e microdureza Vickers das camadas, foram analisadas pelos microscópios marca Leica modelo EC3 DMILM resolução 3,1 megapixels na aquisição de imagens de 15 quadros por segundo e, no microdurômetro digital marca Pantec modelo MV2000A de capacidade de medição de HV 8 a HV 2500, exatidão de $\pm 3\%$ e cargas de 2,9 a 98 N, respectivamente. As regiões mais críticas da peça foram analisadas com seccionamento longitudinal da ponta, longitudinal na aresta de corte e transversal na região do canal. A verificação da microdureza das camadas de revestimento foram realizadas coletando cinco pontos em cada amostra com distância mínima entre os pontos de cinco vezes a diagonal medida na carga de 98 mN, com base na norma (ISO/ASTM E384-17, 2017). No substrato foi aplicada a mesma metodologia dos revestimentos com aplicação de carga de 9,8 N, seguindo a norma (ASTM E92-04, 1997).

Determinação dos grupos funcionais principais dos filmes

As amostras de PTFE e MoS₂ foram submetidas à análise de espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier, FTIR (FT-MIR, modelo *Frontier*), da

marca Perkin Elmer, faixa de comprimento de onda de 200 cm^{-1} a 4000 cm^{-1} , com resolução de 8 cm^{-1} . As análises foram realizadas sob uma superfície plana do aço da broca revestidas com PTFE e MoS_2 , área de 1 cm^2 . O ensaio foi realizado no laboratório Central de Análises da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Brasil.

Caracterização dos corpos de prova de madeira

Após a medição dimensional das amostras de madeira (Figura 3), essas foram caracterizadas em relação à dureza, através do método Shore D, de acordo com a norma (ASTM D2244-15, 2015). Utilizou-se um durômetro marca Bareiss com escala de 0 a 100 e carga de 5 kg. Foram evitadas as regiões de nós da madeira.

Ensaio de furação e aquisição de dados

Os ensaios de furação foram realizados no equipamento descrito na (Figura 2). As furações envolveram seis brocas com MoS_2 , seis com PTFE e seis sem revestimentos, cada broca foi ensaiada com 5 furos, num total de 30 por tipo de broca.

Os dados coletados pela bancada, segundo a Figura 2 são descritos a seguir: a rotação da broca foi medida no mandril da furadeira por sensor fotoelétrico, a carga axial de furação (N) e o torque (N.m) medidos através da célula de carga. A corrente (A) e a tensão (V), necessárias para determinar o consumo de potência elétrica foram medidas através do alicate amperímetro, juntamente com o tempo de furação (s) ao longo do furo.

O procedimento de furação consistiu em encostar a broca no bloco de madeira com a furadeira desligada aplicando-se a carga axial na broca de furação. Logo após, foi acionada a furadeira realizando-se o furo até ultrapassar totalmente o bloco de madeira. A furadeira então foi desligada retornando à posição inicial. A distância média entre as furações ficou em 30 mm e a profundidade de furação foi de 50 mm.

Parâmetros de corte

Os experimentos foram realizados com avanço automático axial da furadeira sobre o bloco de madeira, com a rotação de 450 rpm e a carga axial de avanço de 117,7 N fixas. A broca foi posicionada sob o bloco de madeira com a furadeira desligada e após tocar na madeira foi acionada automaticamente até finalizar o furo. Não foi utilizado meio lubrificante nos ensaios.

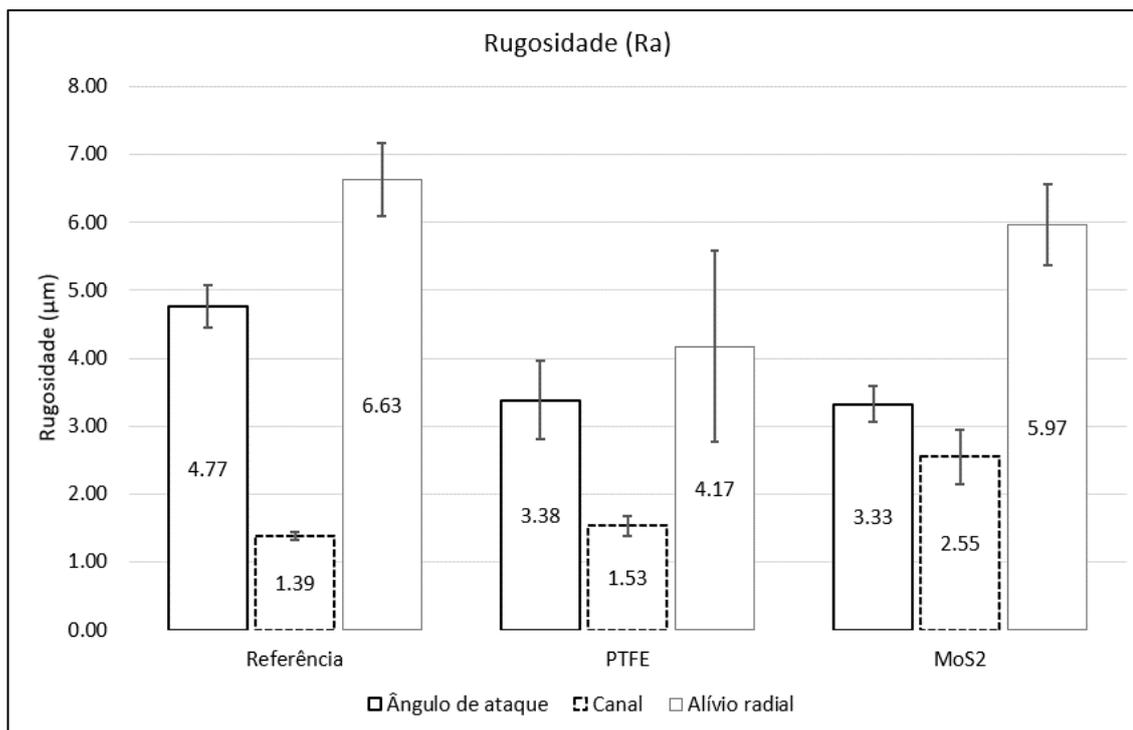
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Medição da rugosidade

Os resultados das medições de rugosidade média das amostras antes de serem submetidas ao ensaio de furação, comparando as amostras com e sem revestimentos são mostrados na Figura 5. Observa-se um aumento de 84 % da rugosidade média no canal de saída do cavaco, após aplicação do revestimento com MoS₂ em relação à broca sem revestimento. Nas amostras com PTFE ocorreu um aumento de rugosidade de 11 % em relação a amostra sem revestimento. Nas superfícies do ângulo de ataque, ambos os revestimentos apresentaram resultados similares, nos quais houve redução de 29 a 30 % da rugosidade em relação às brocas sem revestimento.

De um modo geral, conforme a Figura 5 mostra, os revestimentos aumentaram a rugosidade na região do canal e diminuíram nas regiões do ângulo de ataque e de alívio radial. Para o filme de MoS₂ a rugosidade quase duplicou no canal em relação à amostra padrão. A redução da rugosidade com a aplicação dos revestimentos de MoS₂ e PTFE podem reduzir o coeficiente de atrito, assim como foi encontrado no trabalho de (SONG et al., 2021) e a medida que as arestas de corte desgastam há uma tendência a aumentar a rugosidade e o torque, conforme também encontrado por (JEONG et al., 2021).

Figura 5: Rugosidade superficial das brocas

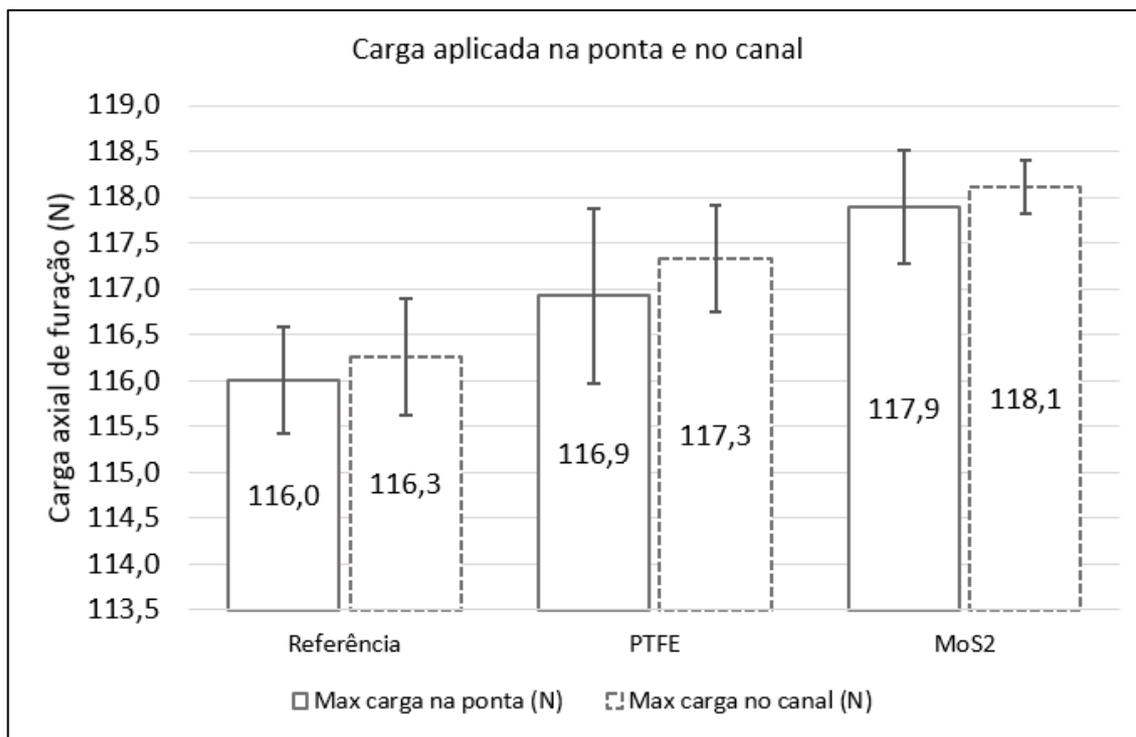


Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Avaliação da carga axial

A carga axial medida na análise não mostrou grandes diferenças na comparação entre a amostra padrão de referência e as demais condições testadas. O valor de carga configurado no equipamento foi de 117,70 N muito semelhante aos valores médios lidos entre 116,00 N e 118,1 N (Figura 6). Esses valores representam uma variação total de pouco menos de 2,45 N, o que torna o valor da carga axial estável e praticamente constante durante as furações dos corpos de prova de madeira.

Figura 6: Esforços axiais de corte: máximas cargas na ponta e no canal



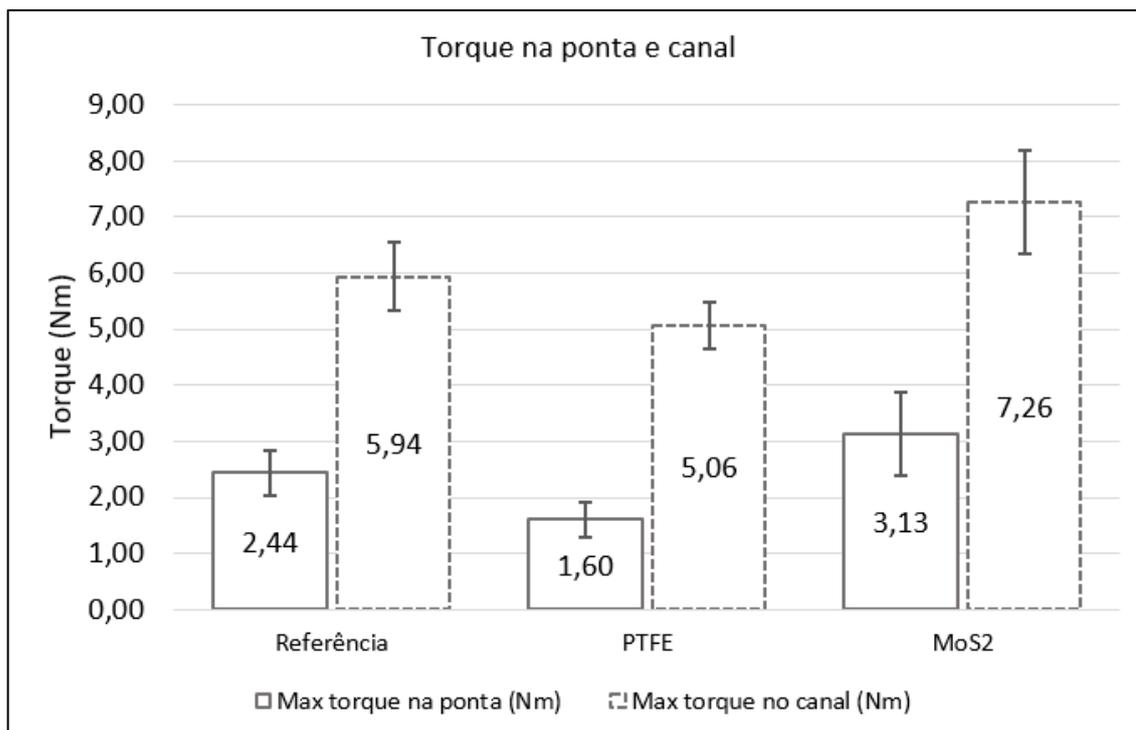
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Medição do torque da furação

O torque verificado na ponta e no canal foram muito semelhantes entre as amostras (Figura 7). As amostras com PTFE apresentaram redução do torque na ponta de 34 % e no canal de 15 %. No entanto, para as amostras com MoS₂ observa-se um aumento do torque em 29 % na ponta e 22 % no canal. Medidas essas, considerando os valores médios em comparação com os da amostra referência (broca sem revestimento).

Observa-se o aumento de torque na região do canal da peça em relação a região da ponta, devido à mudança da geometria e do diâmetro da peça. O canal tem um diâmetro de 22 mm e a ponta 10 mm, modificam a distribuição desse esforço ao longo da ferramenta. O torque tende a aumentar a medida que acentua-se o desgaste nas arestas de corte, conforme também encontrado por (JEONG et al., 2021).

Figura 7: Esforços de corte: Torque na ponta e no canal



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Os resultados da medição da dureza da madeira utilizada nos testes de furação estão apresentados na Tabela 1. Na média a dureza Shore D encontrada em uma amostra representativa dos blocos de madeira utilizados na furação mostrou que a faixa de dureza está entre 30,9 e 54,9 Shore D, valores próximos à dureza do MDF (SZWAJKA; ZIELIŃSKA-SZWAJKA; TRZEPIECINSKI, 2019) e a dureza do *Pinus elliottii* está ao redor de 50 Shore D a 20°C (ÖZKAN, 2022b). As regiões sobre os veios representam o acúmulo e alinhamento das fibras da madeira, apresentando maiores durezas do que entre veios, conforme mostraram os resultados da Tabela 1. Em ambas as orientações normal e paralelo às fibras, os valores de dureza entre os veios foram menores do que 37 Shore D com desvios padrão menores de 8 %, já sobre os veios os valores de dureza não ultrapassaram 55 Shore D com desvios padrão inferiores a 6 %.

Tabela 1: Valores de dureza Shore D do *Pinus elliottii*.

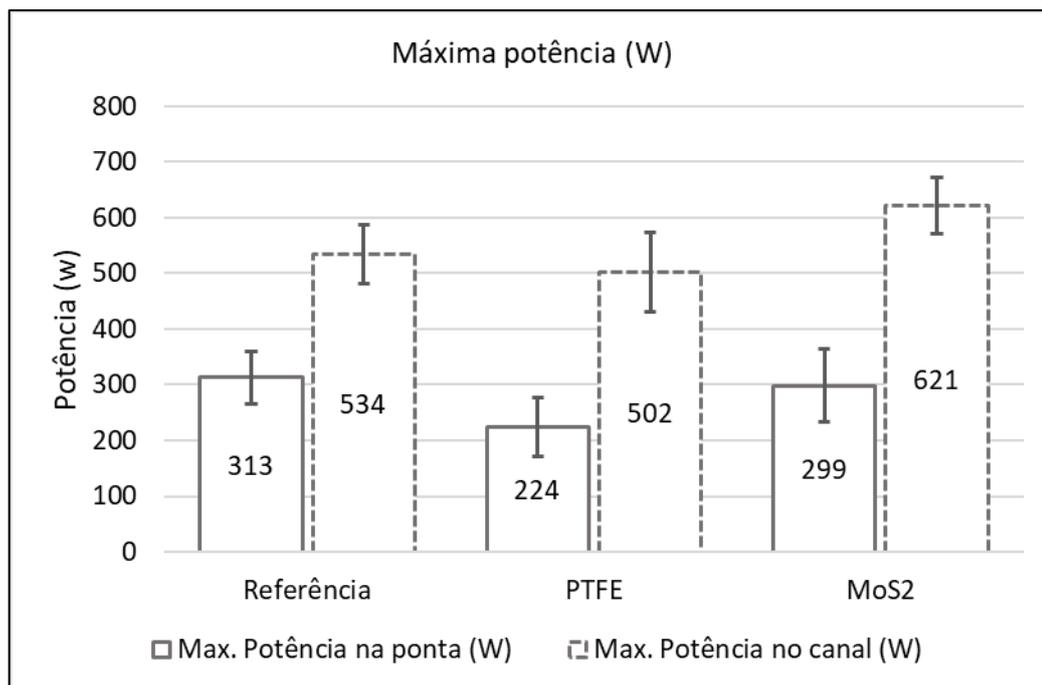
Orientação	Região	Medições (Shore D)										Média	Desvio padrão
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Normal as fibras	Sobre o veio	51	53	54	58	58	58	56	54	52	55	54,9	2,56
	Entre os veios	36	35	35	37	38	40	40	35	34	35	36,5	2,17
Paralelo as fibras	Sobre o veio	47	48	44	52	49	51	52	50	45	52	49,0	2,94
	Entre os veios	28	28	29	29	32	35	32	31	32	33	30,9	2,33

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Na Figura 8 pode-se observar a variação da potência elétrica consumida para efetuar as furações nas diferentes amostras com a rotação constante de 450 rpm $\pm 0,15\%$. Nessa condição as amostras apresentaram um consumo de potência para furação na ponta inferior que no canal, o que é razoável, pois o torque de furação na ponta da broca é inferior ao do corpo do canal, devido ao aumento do diâmetro da ponta para o canal. Em relação à broca referência, a potência gasta nas amostras de PTFE para a furação apresentou uma tendência de menor consumo, com uma redução de 28 % na ponta e 6 % no canal, enquanto que, para a amostra com MoS₂ houve uma redução de 5 % na ponta e aumento de 16 % no canal. As amostras de MoS₂ em relação às amostras com PTFE apresentaram aumento de consumo de 33 % na ponta e aumento de 24 % no canal.

Os maiores valores de potência no processo de furação foram encontrados nas amostras de MoS₂, que chegaram a 76 % da capacidade máxima da ferramenta, enquanto as amostras sem revestimento atingiram 65%. Já as amostras com PTFE atingiram 61 % da capacidade da furadeira, de 820 W, o que representa redução de 6% em relação as amostras sem revestimentos.

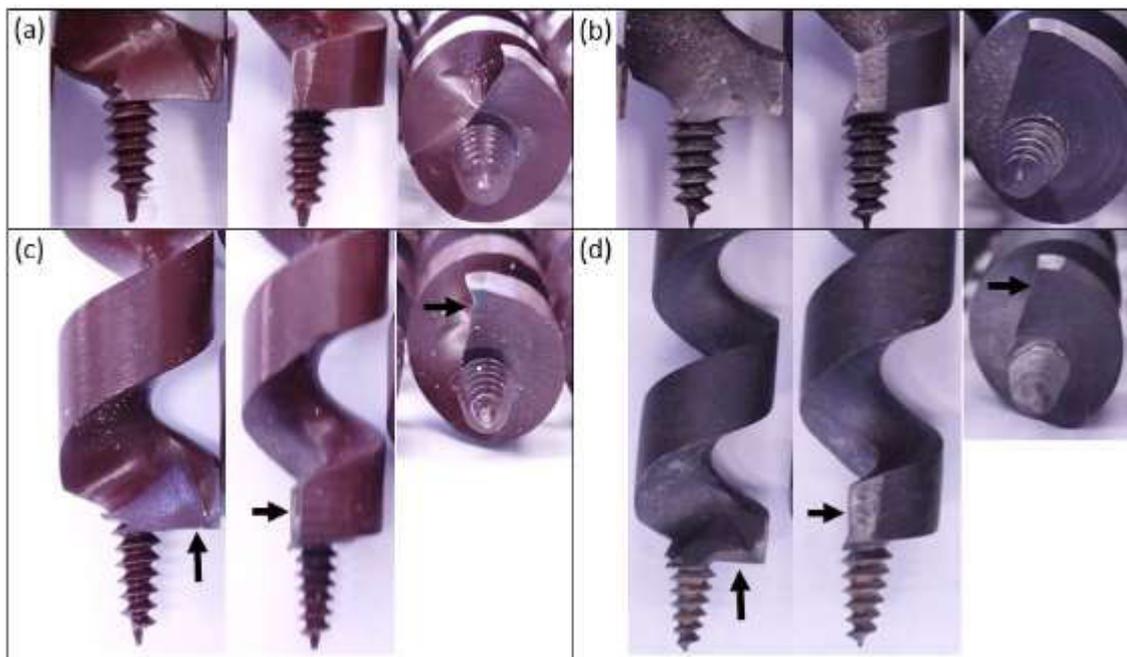
Figura 8: Consumo de potência requerida na furação



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Em relação ao deslocamento da camada pode-se visualizar que, após 55 furos as amostras de PTFE apresentaram os melhores resultados, houveram mínimas remoções de material, ver as setas na Figura 9. Nas amostras de MoS₂ observa-se uma remoção total da camada nas regiões próximas às arestas de corte, conforme indicado nas setas na Figura 9.

Figura 9: Comparação de deslocamento do revestimento: (a) PTFE com 5 furos (b) MoS₂ com 5 furos (c) PTFE com 55 furos (d) MoS₂ com 55 furos



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

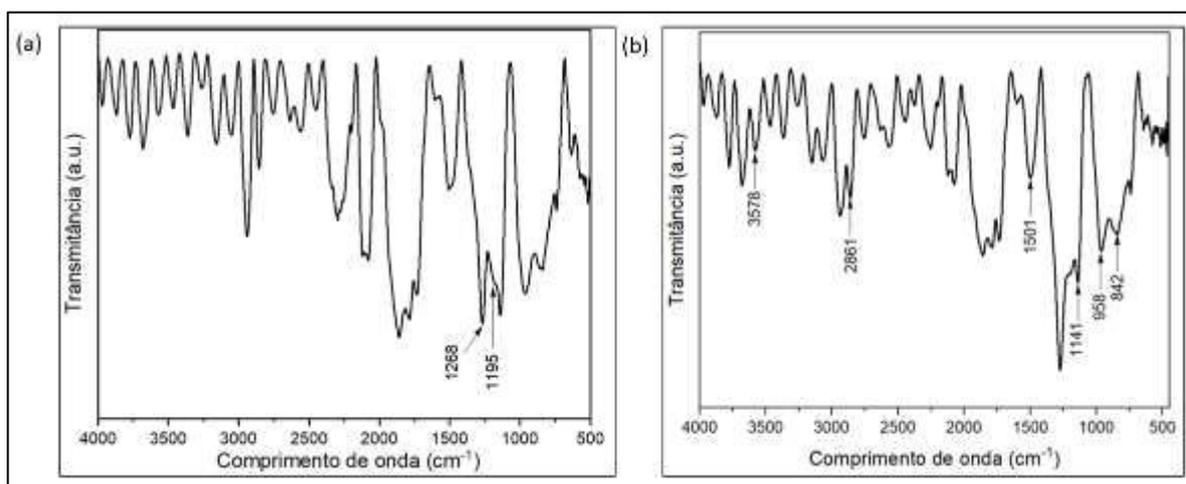
Análise de FTIR

A análise de FTIR apresentou uma banda na faixa de 1268 cm^{-1} e outra em 1195 cm^{-1} indicando o alongamento assimétrico e simétrico da ligação C-F, respectivamente. Essas bandas são características do PTFE (Figura 10a). Elas também foram identificadas em outros estudos como por exemplo em uma técnica de regeneração óssea guiada (ROG), onde o PTFE expandido (e-PTFE) e politetrafluoroetileno laminado (PTFE) foram caracterizados por FTIR-ATR observando-se uma banda na faixa de 1261 cm^{-1} intensa indicando o alongamento assimétrico da ligação C-F característica de absorção por efeito vibracional de estiramento para ligações carbono-flúor ($=\text{CF}_2$) e simétrico C-F na faixa de 1215 cm^{-1} que também é característica de absorção de efeito vibracional de estiramento para ligações monofluoradas ($\equiv\text{CF}$) (GOMES, 2018).

As amplas bandas de absorção encontradas nas faixas 842 cm^{-1} , 958 cm^{-1} , 1141 cm^{-1} , e 1501 cm^{-1} podem ser atribuídas à ligação S-S e nas bandas 2861 cm^{-1} e 3578 cm^{-1} podem ser atribuídas ao grupo O-H. Ambas podem ser consideradas bandas características do MoS_2 (Figura 10b). Outros estudos apresentam resultados que se assemelham aos encontrados como é o caso onde observa-se uma banda alargada na região entre 2400 a 2800 cm^{-1} para dispersão de MoS_2 , a qual é centralizada em 2615 cm^{-1} que pode ser relacionada com a banda de tiol (-SH) que

fica em uma faixa de 2540 a 2563 cm^{-1} podendo ser indicativo de mudança de estrutura química do MoS_2 aos grupos químicos tipo tiol (RODRIGUEZ, 2020). Além disso, nano partículas de dicalcogeneto de metal de transição MoS_2 sintetizadas por um método de evaporação lenta mostraram amplas bandas de absorção em 639 cm^{-1} , 893,39 cm^{-1} , 1402,99 cm^{-1} e 1622,8 cm^{-1} , que são atribuídas ao MoS_2 , banda em 483,23 cm^{-1} e a de 931,39 cm^{-1} devido à ligação S-S, já os picos em 3182 cm^{-1} pertencem às bandas características do grupo O-H (LALITHAMBIKA; SHANMUGAPRIYA; SRIRAM, 2019).

Figura 10: Gráficos de FTIR: (a) filme de PTFE (b) filme de MoS_2

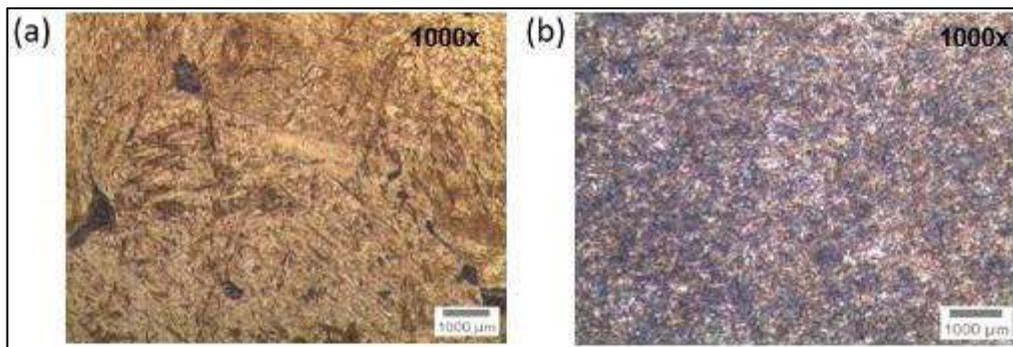


Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Análise Metalográfica

Na análise metalográfica observou-se que nas amostras analisadas antes de aplicar os revestimentos a microestrutura é martensítica temperada o que pode ser comprovado pela presença de uma matriz mesclada com agulhas e placas (Figura 11a) as quais estão de acordo com (SMITH; HASHEMI, 2012b). Todas as amostras analisadas foram afetadas termicamente devido ao tempo e temperatura de exposição durante o processo de aplicação dos revestimentos, evidenciado pela microestrutura martensítica revenida na (Figura 11b) em todas as regiões analisadas da peça, a qual assemelha-se a literatura nestas condições conforme (SHACKELFORD, 2008).

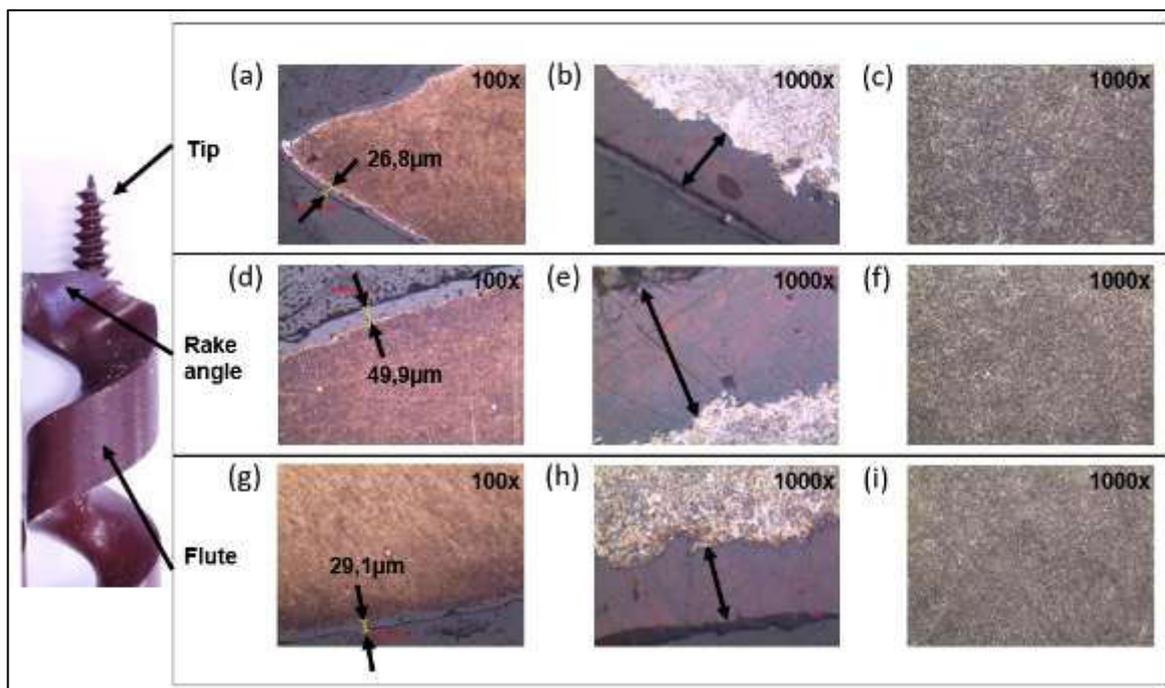
Figura 11: Microestrutura martensítica do aço da broca AISI SAE 1060: (a) condição temperado antes de aplicar os revestimentos (b) condição temperado e revenido após a aplicação dos revestimentos



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Análises nas regiões onde há maior solicitação mecânica durante o processo de furação mostram que nas amostras com PTFE (Figura 12) em todas as regiões o desprendimento do revestimento foi mínimo sendo visível a presença do mesmo após os testes de furação. Observa-se também que as microestruturas do substrato (Figura 12c, f, i), as quais foram submetidas ao processo de aquecimento a 400 °C por 1h15min durante a deposição dos revestimentos transformaram-se em martensita revenida (KATIYAR; MISRA; MONDAL, 2019).

Figura 12: Microestrutura da amostra de PTFE: (a, b, c) microestrutura e revestimento na região da ponta (d, e, f) microestrutura e revestimento no gume de corte (g, h, i) microestrutura e revestimento na região do canal

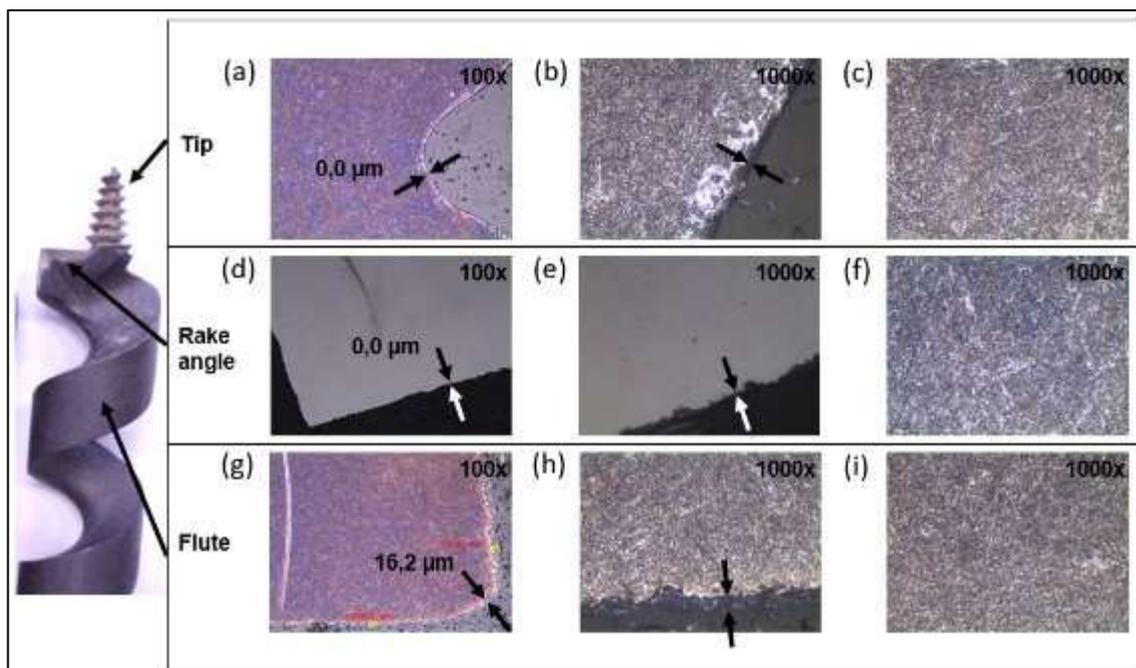


Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Nas amostras com MoS_2 também foi verificada uma microestrutura de martensita revenida no substrato após a aplicação dos revestimentos, tendo em vista que as amostras foram expostas a $400\text{ }^\circ\text{C}$ por 1h15min (Figura 13c, f, i).

Observa-se que houve remoção total da camada depositada na região da ponta e no gume de corte (Figura 13a, d) e (Figura 9b, d). Entretanto, na região do canal foi possível visualizar a presença de camada de revestimento (Figura 13g). Os valores que comprovam estas análises são mostrados na (Tabela 2), da espessura prevista pelo fornecedor dos revestimentos comparada com os valores medidos nas análises.

Figura 13: Microestrutura da amostra de MoS_2 : (a, b, c) microestrutura e revestimento na região da ponta (d, e, f) microestrutura e revestimento no gume de corte (g, h, i) microestrutura e revestimento na região do canal



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Tabela 2: Espessura de camada de revestimento em cada região da peça analisada comparando os valores previstos pelo fornecedor e após os testes realizados

Amostra	Ponta (μm)	Gume de corte (μm)	Canal (μm)
PTFE	25 ± 4	50 ± 4	30 ± 4
MoS ₂	0,0	0,0	16 ± 3

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Assim como já observado a mudança de microestrutura após a aplicação dos revestimentos nota-se alterações significativas também na dureza. Amostras avaliadas antes de aplicar os revestimentos apresentaram durezas 48 a 52 HRc (HV 484 a HV 544). Contudo, os substratos com PTFE apresentaram reduções na dureza para 33 a 35 HRc (HV 327 a HV 349) e aqueles com MoS₂ para 35 a 35,5 HRc (HV 345 a HV 349) (Tabela 3). A dureza obtida nas amostras de MoS₂ pode estar relacionada com a baixa performance, e as melhorias na taxa de desgaste podem estar relacionadas com o aumento da dureza (YANG et al., 2018b). As camadas de revestimentos apresentaram durezas abaixo de HV 55 e por serem valores significativamente baixos em relação ao substrato, possivelmente não influenciarão

nas melhorias da vida da ferramenta, caracterizando um revestimento com baixa resistência ao desgaste, característica fundamental para garantir a vida da ferramenta especialmente nas arestas de corte conforme verificado por (JEONG et al., 2021), onde o incremento de desgaste influencia no aumento do torque de furação (ver Tabela 3).

Tabela 3: Comparativo de dureza Vickers nas amostras analisadas

Amostra	Substrato	Camada
Referência	484 a 544	n/a
PTFE	327 a 349	23 a 26
MoS ₂	345 a 349	21 a 52

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Metodologia de testes

A metodologia de testes aplicada neste estudo mostrou-se eficaz e de acordo com a aplicação da ferramenta. Os controles de movimentação e aplicação de carga do sistema foram fundamentais para garantir a consistência do teste com todas as brocas sendo testadas sob a mesma base de parâmetros, assim eliminando interferências indesejadas nos resultados. A seleção dos corpos de prova de madeira, a utilização do mesmo equipamento ao longo de todos os testes e a seleção e controle com as amostras testadas também garantiram controle e consistência nos resultados. O sistema de aquisição de dados de furação foi fundamental, possibilitando através do *software* a coleta adequada dos dados comparativos dos testes em todas as amostras. A metodologia aplicada possibilitou minimizar ao máximo as influências de fatores externos e variações indesejadas nos testes, garantindo assim, melhor controle e consistência nos resultados.

CONCLUSÕES

Após a aplicação dos revestimentos as amostras com PTFE apresentaram uma redução significativa da rugosidade nas regiões do alívio radial e do ângulo de ataque

das brocas, porém no canal manteve-se igual a amostra referência. Já em comparação a amostra com MoS₂ a rugosidade apresentada foi menor em todas as regiões da peça, exceto no ângulo de ataque.

As amostras com PTFE solicitaram menor potência da furadeira em comparação com a amostra referência e com MoS₂. Esse resultado é positivo, pois pode-se relacioná-lo com a quantidade de furos que o usuário consegue fazer por carga de bateria. Os tempos de furação ficaram no mesmo nível em todas as amostras. Observou-se o nível mínimo de deslocamento da camada de revestimento, principalmente nas arestas de corte.

A espessura da camada do filme de MoS₂ ficou dentro do informado pelo fabricante em todas as regiões da peça. Houve uma leve redução da rugosidade, exceto no canal os valores foram superiores a amostra referência. Mesmo assim, apresentou rugosidades maiores que as amostras com PTFE. O aumento da rugosidade pode impactar negativamente na performance uma vez que o maior atrito tende a aumentar o aquecimento da broca dificultando a furação e acelerando os mecanismos de desgaste. As bandas encontradas por FTIR estão de acordo com os grupos funcionais do MoS₂.

Em relação à carga aplicada observa-se que houve um aumento do torque em todas as regiões das amostras de MoS₂ em relação as de referência e com PTFE. A rotação da broca durante os testes de furação permaneceu fixa.

Observou-se o deslocamento em praticamente todas as arestas de corte e na ponta das brocas de MoS₂, onde gerou um impacto negativo na performance, o que não foi observado nas de PTFE.

Espera-se que estas brocas sem aplicação de revestimentos façam pelo menos quinhentos furos em *Pinus elliottii*. Após cinquenta e cinco furos realizados nos testes as amostras de PTFE apresentaram menor torque de furação e potência consumida nas amostras com PTFE, em relação às de MoS₂.

Esses resultados podem aumentar a vida de trabalho da ferramenta. Além disso, a transformação da microestrutura de martensita temperada para martensita revenida na microestrutura das brocas após a aplicação dos revestimentos foi um ganho na tenacidade das ferramentas.

A metodologia aplicada nos testes de furação mostrou-se eficaz garantindo um excelente controle de parâmetros, a mesma base comparativa de testes entre as amostras e evitando a influência de fatores externos indesejados.

REFERÊNCIAS

ABDENNADHER, M. et al. Experimental Characterization of Coated Aluminum Sheets for Deep Drawing Applications. **Lecture Notes in Mechanical Engineering**, p. 842–850, 2023.

ASTM D2244-15. ASTM D2240-15 Standard Test Methods for Rubber Property-Durometer Hardness. **Annual Book of ASTM Standards**, p. 1–13, 2015.

ANDREATTA, F. et al. Degradation of PTFE non-stick coatings for application in the food service industry. **Engineering Failure Analysis**, v. 115, n. November 2019, p. 104652, 2020.

ASTM E92-04. Standard Test Method for Vickers Hardness of Matallic Materials. American Society for Testing and Materials, 1997.

CALLISTER JR., W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 5ª ed. Rio de Janeiro: [s.n.]. v. 59

CALLISTER JR., W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais. Uma Introdução**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

CANEVAROLO JR, S. V. **Ciência dos Polímeros: Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2ª ed. São Paulo: [s.n.]. v. 1

GOMES, P. A. M. C. **Modificação da superfície e caracterização do Politetrafluoroetileno (PTFE) para aplicação em regeneração óssea guiada (ROG)**. Instituto Militar de Engenharia, 2018.

GONZAGA, A. L. **Madeira: Uso e Conservação**. [s.l: s.n.].

HANDBOOK, C. A. I. **ASM Metals Handbook, Volume 09 Metallography and Microstrutures Handbook**. [s.l: s.n.]. v. 9

ISO/ASTM E384-17. Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials. **The Biology of the Xenarthra**, p. 281–293, 2017.

JEONG, M. J. et al. Prediction of drill bit breakage using an infrared sensor. **Sensors**, v. 21, n. 8, p. 2808, 16 abr. 2021.

KATIHAR, P. K.; MISRA, S.; MONDAL, K. Comparative Corrosion Behavior of Five Microstructures (Pearlite, Bainite, Spheroidized, Martensite, and Tempered Martensite) Made from a High Carbon Steel. **Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science**, v. 50, n. 3, p. 1489–1501, 15 mar. 2019.

LALITHAMBIKA, K. C.; SHANMUGAPRIYA, K.; SRIRAM, S. Photocatalytic activity of MoS₂ nanoparticles: an experimental and DFT analysis. **Applied Physics A: Materials Science and Processing**, v. 125, n. 12, p. 1–8, 2019.

MARIAN, M. et al. Ti₃C₂T_x solid lubricant coatings in rolling bearings with remarkable performance beyond state-of-the-art materials. **Applied Materials Today**, v. 25, p. 101202, 2021.

ÖZKAN, O. E. Effect of freezing temperature on impact bending strength and shore-D hardness of some wood species. *BioResources*, 2022a.

ÖZKAN, O. E. Effect of freezing temperature on impact bending strength and shore-D hardness of some wood species. *BioResources*, 2022b.

PEREIRA, A. F. Madeiras brasileiras guia de combinação e substituição. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2013a.

PEREIRA, A. F. Madeiras brasileiras guia de combinação e substituição. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2013b.

RIZZINI, C. T. Árvores e Madeiras Úteis do Brasil. Manual de Dendrologia Brasileira. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 1978.

RODRIGUEZ, C. L. C. Dissulfeto de Molibdênio (MoS₂) Bidimensional como carga para matrizes poliméricas. [s.l: s.n.].

SHACKELFORD, J. F. **Ciencia dos Materiais**. 6ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.

SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **FUNDAMENTOS DA ENGENHARIA E CIENCIA DOS MATERIAIS**. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2012a.

SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **FUNDAMENTOS DA ENGENHARIA E CIENCIA DOS MATERIAIS**. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2012b.

SONG, W. et al. Friction behavior of TiN–MoS₂/PTFE composite coatings in dry sliding against SiC. **Ceramics International**, v. 47, n. 17, p. 24003–24011, 1 set. 2021.

SZWAJKA, K.; ZIELIŃSKA-SZWAJKA, J.; TRZEPIECIŃSKI, T. Experimental study on drilling MDF with tools coated with TiAlN and ZrN. **Materials**, v. 12, n. 3, 2019.

WANG, S.; NIU, C. Torsional tribological behavior and torsional friction model of polytetrafluoroethylene against 1045 steel. **PLoS ONE**, v. 11, n. 1, p. 1–13, 2016.

WYPYCH, F. MOLYBDENUM DISULFIDE, A MULTIFUNCTIONAL AND REMARKABLE MATERIAL: TWELVE YEARS ON. v. 25, n. 1, p. 83–88, 2002a.

WYPYCH, F. MOLYBDENUM DISULFIDE, A MULTIFUNCTIONAL AND REMARKABLE MATERIAL: TWELVE YEARS ON. v. 25, n. 1, p. 83–88, 2002b.

XIE, T.; LAI, J.; YANG, H. Simulation of effect of counterface roughness on the friction transfer and wear of PTFE sliding against steel. **Industrial Lubrication and Tribology**, v. 71, n. 9, p. 1086–1092, 2019.

YANG, L. et al. TiMoN nano-grains embedded into thin MoS_x-based amorphous matrix: A novel structure for superhardness and ultra-low wear. **Applied Surface Science**, v. 462, n. July, p. 127–133, 2018a.

YANG, L. et al. TiMoN nano-grains embedded into thin MoS_x-based amorphous matrix: A novel structure for superhardness and ultra-low wear. **Applied Surface Science**, v. 462, n. July, p. 127–133, 2018b.