

ENSINO DA FUNÇÃO SENO ATRAVÉS DO PhET Interactive Simulations: uma sequência didática para análise da contribuição de um laboratório virtual para a aprendizagem de matemática

TEACHING THE SINE FUNCTION THROUGH PHET INTERACTIVE SIMULATIONS: A Didactic Sequence for Analyzing the Contribution of a Virtual Laboratory to Mathematics Learning

Luzia Alves de Mendonça
Lam1@discente.ifpe.edu.br

Emersson Rodrigues de Souza
emersson.souza@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar a efetividade de uma sequência didática voltada ao ensino da *função seno* através da utilização do laboratório virtual de matemática *PhET Interactive Simulations*. O ambiente virtual utilizado foi a animação Tour Trigonométrico pertencente ao laboratório virtual *PhET Interactive Simulations* da Universidade do Colorado em Boulder, Estados Unidos. Os resultados revelaram que a maioria dos estudantes participantes da pesquisa conseguiram aprender o conteúdo de Função Seno de forma satisfatória. Alcançando a marca de 90% de acertos no teste feito após a aplicação das atividades. O que demonstra o sucesso da utilização do referido laboratório virtual de matemática para promover uma aprendizagem dinâmica e significativa para o conteúdo matemático em questão. Além disso, provou que é possível proporcionar um ensino eficaz através de uma metodologia lúdica e divertida sem demandar grandes custos, pois o Laboratório *PhET Interactive Simulations*, assim como diversas outras plataformas digitais, é de utilização gratuita.

Palavras-chave: Função Seno. *PhET Interactive Simulations*. Tour Trigonométrico. Sequência Didática.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the effectiveness of a didactic sequence focused on teaching the sine function using the virtual mathematics laboratory PhET Interactive Simulations. The virtual environment utilized was the Trigonometric Tour animation, which belongs to the PhET Interactive Simulations laboratory at the University of Colorado in Boulder, United States. The results revealed that the majority of participating students successfully learned the content related to the sine function, achieving an impressive 90% accuracy on the test administered after completing the activities. This demonstrates the success of utilizing the mentioned virtual mathematics

laboratory to facilitate dynamic and meaningful learning of the mathematical content in question. Furthermore, it highlights that effective teaching can be achieved through a playful and enjoyable methodology without incurring significant costs, as the PhET Interactive Simulations Laboratory, along with various other digital platforms, is freely accessible

Keywords: Sine function. PhET COLORADO. Following Teaching.

1 INTRODUÇÃO

Diante dos atuais desafios que a educação básica enfrenta, desde recursos limitados até mesmo a falta desses insumos, faz-se necessário buscar estratégias que potencializem o ensino e as experiências educacionais dos estudantes utilizando materiais de baixo custo e também os meios tecnológicos.

Neste sentido, investigaremos as potencialidades que do uso de um laboratório virtual oferece para a melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem da matemática, em nosso caso específico utilizaremos o laboratório virtual Phet¹ que pertence a Universidade do Colorado.

Portanto, não devemos conceber a matemática como algo separado da realidade, pois esta deve motivar o estudante a desenvolver seu modo de pensar e, logo, sua forma de agir. Contudo, é importante ampliar a criticidade do estudante acerca do ambiente em que vive, e promover a capacidade de resolver os variados problemas que surgem.

Para Ribas, Barone e Basso (2007) a resolução de problemas é algo comum para todas as pessoas, não somente para os estudantes. Trabalhar com alternativas tecnológicas, aliadas a resolução de problemas e desafios lógicos no espaço educacional, ou fora dele, pode ser uma boa alternativa para desenvolver tais habilidades.

Desse modo, utilizar recursos tecnológicos digitais nas aulas de matemática pode contribuir para aumentar o interesse dos estudantes e também ajudá-los a adquirir habilidades essenciais ao seu desenvolvimento enquanto cidadãos. Tais recursos, como os laboratórios virtuais da matemática podem ser utilizados para diminuir a complexidade de alguns conteúdos matemáticos e auxiliarem no processo de transposição didática facilitando assim a aprendizagem significativa.

E o que seria então um laboratório virtual? Saraiva (2022) considera os laboratórios virtuais como

[...] recursos que funcionam como simulações do que seriam os laboratórios físicos. Os elementos em cena replicam a ação e interação destes no “mundo real”. O grande desafio é apresentar versões com alto nível de verossimilhança, para que a experiência possa contribuir para o aprendizado. (SARAIVA, 2022)

Partindo da premissa que o laboratório virtual pode auxiliar no processo de aprendizagem, apresentamos os objetivos deste trabalho.

¹https://phet.colorado.edu/pt_BR/

Objetivo geral

- Verificar a efetividade de uma sequência didática voltada ao ensino da *função seno* através da utilização do laboratório virtual de matemática PhET.

Objetivos específicos:

- Apresentar o laboratório virtual *PhET Interactive Simulations*;
- Apresentar o *Tour Trigonométrico*;
- Explicitar os procedimentos metodológicos para a construção da *sequência didática*;
- Explicar a função seno;
- Realizar análises comparativas na aplicação do pré-teste e pós-teste.

2 PhET Interactive Simulations

A *Figura 1* a seguir é a logomarca do projeto *PhET Interactive Simulations*² que pertence à *Universidade do Colorado*, e foi criado em 2002 pelo vencedor do *Prêmio Nobel Carl Wieman*.

Figura 1: logomarca PhET Interactive Simulations



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/

O ambiente PhET desenvolve simulações voltadas à Matemática, Física, Química, Ciências da Terra e Biologia de modo interativo e gratuito. Estas simulações são fundamentadas em vasta pesquisa em educação e interagem com os estudantes através de um espaço intuitivo, como uma brincadeira, onde os eles aprendem por meio da exploração e descoberta.

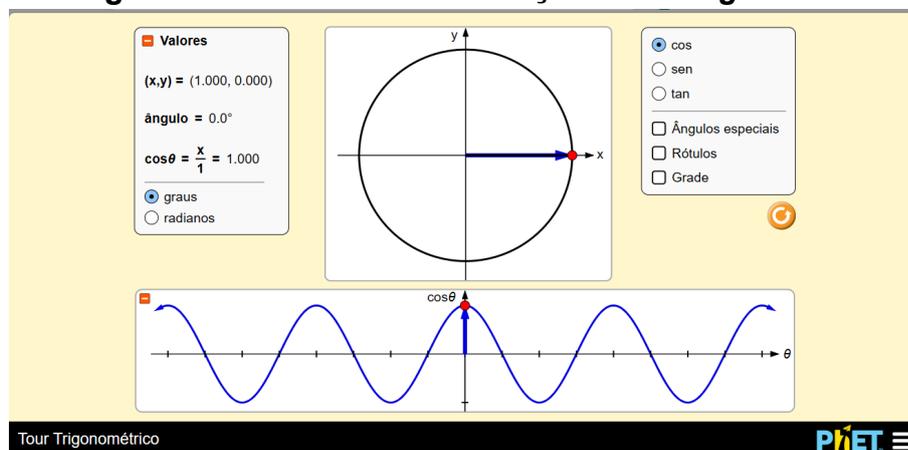
Outro ponto importante é que este site utiliza o termo *Sims* para se referir às simulações experimentais, em que estas *Sims* já estão prontas para uso de estudantes e professores enquanto que outros projetos dentro da plataforma, denominados protótipos, ainda estão em fase de elaboração e testes, mas também podem ser explorados pelos usuários.

Cabe ressaltar a forma descontraída como os temas são trabalhados, bem como a beleza das telas e a interatividade proporcionada por estas animações. Ao total são 41 *Sims* de Matemática já finalizadas e testadas pela própria plataforma e que se referem a conteúdos voltados para a educação básica.

²O PhET oferece simulações de ciência e matemática divertidas, gratuitas, interativas e baseadas em pesquisa. Testamos e avaliamos extensivamente cada simulação para garantir a eficácia educacional. Esses testes incluem entrevistas com alunos e observação do uso da simulação em salas de aula. As simulações são escritas em HTML5 (com algumas simulações legadas em Java ou Flash), e podem ser executadas online ou baixadas para o seu computador. Todas as simulações são de código aberto (veja nosso código-fonte). Vários patrocinadores apoiam o projeto PhET, permitindo que esses recursos sejam gratuitos para todos os alunos e professores.

Iremos, portanto, nos empenhar na construção de uma sequência didática que utilize uma das Sims denominada *Tour Trigonométrico* (Figura 2), que é voltada para o ensino do conteúdo matemático *Função Seno*.

Figura 2: tela inicial da simulação *Tour Trigonométrico*



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/trig-tour/latest/trig-tour_all.html?locale=pt_BR

Também será avaliado o desempenho dos estudantes ao aprenderem Matemática através de uma metodologia baseada em procedimentos experimentais buscando compreender os benefícios de empregar recursos presentes no Laboratório Virtual *PhET Interactive Simulations* para melhorar a aprendizagem desses alunos.

Apresentaremos a seguir nossa metodologia.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa é de natureza qualitativa, pois contempla o desenvolvimento de atividades por parte dos atores sociais envolvidos, e dá importância às interpretações proporcionadas por eles.

3.1 Procedimentos metodológicos

O campo empírico da pesquisa foi a *Escola Estadual de Referência em Ensino Médio Comendador Manoel Caetano de Brito* localizada na cidade de Poção/PE. Participaram dez alunos do 3º Ano do ensino médio que estudavam no período noturno no programa *Travessia*³. Segundo Andrade e Aguiar (2020) este programa

[...] foi instituído como política pública em Pernambuco por meio da Instrução Normativa nº 07, de 15 de outubro de 2008, que “fixa diretrizes e orienta procedimentos para correção de fluxo escolar no Ensino Médio, no âmbito da Rede Pública Estadual de Ensino”, implantado pelo governo Eduardo Campos em parceria com a Fundação Roberto Marinho (FRM). (ANDRADE e AGUIAR, 2020, p. 8-9)

Com o esclarecimento acima, percebe-se que estamos lidando, não com uma classe regular em que os estudantes estão corretamente alocados por idade/série.

³É o nome fantasia do chamado: Programa de Aceleração de Estudos de Pernambuco.

Será criada, portanto, uma sequência didática para ensino do conteúdo de Função Seno. E terá como metodologia a utilização do ambiente matemático do laboratório virtual *PhET Interactive Simulations* para fazer esta abordagem.

3.2 Etapas da pesquisa

A presente pesquisa se subdividirá em 4 etapas: *Análises Preliminares, Elaboração da Sequência Didática, Aplicação da Sequência Didática e Análises Finais*.

Na etapa 1, a qual denominamos de *Análises Preliminares*, buscaremos compreender todas as variáveis que interferirão na aplicação da sequência didática. Este é o momento no qual se realizam as análises iniciais, que segundo Almouloud (2008), pode comportar as seguintes vertentes:

[...] epistemológica dos conteúdos visados pelo ensino; do ensino usual e seus efeitos; das concepções dos alunos, das dificuldades e dos obstáculos que marcam sua evolução; das condições e fatores de que depende a construção didática efetiva; a consideração dos objetivos específicos da pesquisa; o estudo da transposição didática do saber considerando o sistema educativo no qual insere-se o trabalho. (ALMOULOU, 2008, p. 5)

Ou seja, nesta etapa buscaremos analisar as dificuldades que o conteúdo matemático *Função Seno* poderá oferecer para a aprendizagem dos estudantes, o conhecimento prévio dos alunos acerca dos conceitos que serão abordados e também de conteúdos que são pré-requisitos para uma aprendizagem efetiva deste conceito.

A segunda etapa da nossa *sequência didática* é destinada à *Elaboração da Sequência Didática*. Neste momento utilizaremos todas as informações coletadas na etapa anterior para a construção projeto didático em si, cujo objetivo

[...] é determinar como as escolhas efetuadas permitem controlar os comportamentos dos alunos e explicar seu sentido. Dessa forma, [...] devemos: descrever as escolhas das variáveis locais e as características da situação didática desenvolvida; analisar a importância dessa situação para o aluno e, em particular, em função das possibilidades de ações e escolhas para construção de estratégias, tomadas de decisões, controle e validação que o aluno terá; prever comportamentos possíveis e tentar mostrar como a análise feita permite controlar seu sentido. (ALMOULOU, 2008, p. 5)

Ainda de acordo com Almouloud (2008), as ações dos estudantes são consideradas nesse processo de forma quase independente da ação do educador, que, sendo o coordenador de todo o sistema, comanda o ambiente educacional de modo a proporcionar que o aluno seja o responsável pelo seu próprio aprendizado.

Depois de finalizada essa etapa, tem-se início a fase de *Aplicação da Sequência Didática*. É nesse momento que o projeto pedagógico é colocado em prática e observado o desenvolvimento dos estudantes a fim de se colher informações sobre a eficácia do mesmo.

[...] etapa de aplicação das situações didáticas e coleta dos dados relativos à pesquisa. Nesta coleta, podemos fazer uso de vários instrumentais, tais como relatórios, registros fotográficos, produções dos alunos, entrevistas, dentre outros

recursos, a fim de formarmos o corpus da pesquisa. (SANTOS e ALVES, 2017, p. 448)

Por fim, chega a quarta e última etapa: *Análises Finais*. É nesse momento que são analisados minuciosamente os passos percorridos pelos alunos durante a aplicação da sequência didática. Ou seja, se eles conseguiram aprender o conteúdo matemático em questão e se cada atividade conseguiu realizar o que estava proposto inicialmente. De acordo com Santos e Alves (2017) essa análise é uma etapa destinada a correta organização dos dados coletados na pesquisa, para se fazer uma avaliação posterior.

Serão, para isso, investigados os resultados de cada aluno no desenvolvimento de cada atividade da Sequência Didática. Esta fase é muito importante para o processo, pois dará subsídios para se estudar se tal sequência didática surtiu efeito e quais foram os impactos positivos e negativos desta aplicação. Mais que isso, esta etapa proporcionará sabermos se os objetivos desta pesquisa educacional foram atingidos e se o projeto pedagógico configura um produto aplicável por outros professores para o ensino do referido conteúdo matemático. E também fornecerá uma base para futuros estudos e pesquisas voltadas aos temas trabalhados nesta Sequência Didática.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Como já foi mencionado, a Sequência Didática compõe-se de um desencadeamento de atividades voltadas a construção e validação de um projeto didático. E também, está apoiada em 4 importantes momentos: *Análises Preliminares*, *elaboração da Sequência Didática*, *aplicação da Sequência Didática* e *Análises Finais*.

4.1 Análises Preliminares

Sendo assim, na etapa de Análises Preliminares faremos um estudo aprofundado sobre o conteúdo Função Seno, para que possamos ter subsídios para a construção da sequência didática. Tanto a respeito das dificuldades epistemológicas que este tema traz, quanto de sua história e características particulares que proporcionem seu correto ensino. Faremos, portanto, um estudo bibliográfico sobre este conceito e também sobre suas dificuldades didáticas.

Ainda nesta etapa, buscaremos compreender os conhecimentos preliminares dos estudantes a respeito do conteúdo Função Seno. Para tanto, faremos a aplicação de um pré-teste que será construído e aplicado nesta etapa e proporcionará a coleta destas informações que auxiliarão na construção da sequência didática e também na etapa de validação de toda a pesquisa, para que tenhamos a possibilidade de aferir o desenvolvimento dos estudantes e a eficácia da sequência didática.

4.1.1 Função Seno

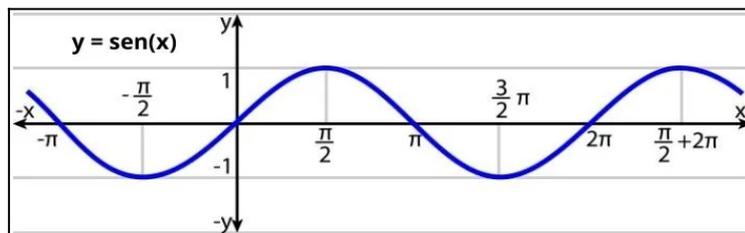
A função seno é muito importante para nossas vidas e oferece recursos para diversas áreas como arquitetura, engenharia, construção e ciência. Sua essência está condicionada a relação trigonométrica com esse mesmo nome: o seno. Dado um triângulo retângulo A e um ângulo interno α (alfa) pertencente a este triângulo, temos que o seno deste ângulo é a razão entre as medidas do cateto oposto a α e a hipotenusa de A . Quanto à origem da sua nomenclatura, temos que este termo surgiu

há mais de 15 séculos.

Em espanhol, “seno” também significa “seio”, e uma vez um colega de Madrid me garantiu que essa seria a origem do nome, fazendo referência à forma arredondada do gráfico da função seno. Mas a história é um pouco mais complicada. A noção de seno de um ângulo apareceu pela primeira vez por volta do ano 500, em trabalho do matemático e astrônomo hindu Aryabhata, o Velho (476 – 550). Ele usou o nome “jya” (corda de arco) que, por uma tradução mal feita, virou “jaib” (dobra ou baía) em árabe e, depois, “sinus” (dobra, baía ou... seio) em latim. Desta última, popularizada por Leonardo Fibonacci (1170 – 1250), o maior matemático da Europa medieval, resultou o nome atual. (VIANA, 2023, p. 1)

Para um ângulo x , a função seno é a condição que relaciona a cada $x \in \mathbb{R}$, o seno do ângulo x , representado pelo número real $\text{sen}(x)$. A função é dada por $f(x) = \text{sen}(x)$.

Figura 3 – Gráfico da Função Seno



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/matematica/funcoes-trigonometricas.htm>

O domínio de $f(x) = \text{sen}(x)$ é constituído de todos os números reais. Ou seja, $\text{Dom}(\text{sen}) = \mathbb{R}$. Quanto à sua imagem, temos que é constituída do intervalo: $I = \{y \in \mathbb{R} : -1 \leq y \leq 1\}$.

A função $f(x) = \text{sen}(x)$ é uma função periódica e seu período é 2π . Ou seja, a cada período de 2π , o gráfico de $f(x)$ se repete. Já, ao analisar o sinal da função $f(x) = \text{sen}(x)$, temos:

Quadro 1 – Estudo da Função Seno

Intervalo	Característica da função
$[0, \pi/2]$	<i>positiva</i>
$[\pi/2, \pi]$	<i>positiva</i>
$[\pi, 3\pi/2]$	<i>negativa</i>
$[3\pi/2, 2\pi]$	<i>negativa</i>

Fonte: os autores.

A função $f(x) = \text{sen}(x)$ é uma função ímpar, pois para qualquer x pertence aos números reais, temos que $\text{sen}(-x) = -\text{sen}(x)$. Ou seja, o seu gráfico é simétrico em relação à origem. Já, ao analisar a *monotonicidade* da função $f(x) = \text{sen}(x)$, temos:

Quadro 2 – Monotonicidade da Função Seno

Intervalo	Característica da função
$[0, \pi/2]$	<i>crescente</i>
$[\pi/2, \pi]$	<i>decrecente</i>
$[\pi, 3\pi/2]$	<i>crescente</i>
$[3\pi/2, 2\pi]$	<i>decrecente</i>

Fonte: os autores.

4.1.2 Pré-teste

Para que tivéssemos subsídios para produzir a sequência didática, elaboramos o seguinte Pré-teste:

1. Qual o valor de $\text{sen}(30^\circ)$?
2. Dada a função $f(x) = \text{sen}(x)$, qual o valor de $f\left(\frac{\pi}{2}\right) - f(0)$?
3. Dada a função $f(x) = \text{sen}(x)$, qual o valor de $f\left(\frac{7\pi}{6}\right)$?
4. Qual o período da função $f(x) = \text{sen}(x)$?
5. Qual o domínio de $f(x) = \text{sen}(x)$?
6. Qual o conjunto imagem de $f(x) = \text{sen}(x)$?
7. $f(x) = \text{sen}(x)$ é uma função par ou uma função ímpar?
8. Faça o estudo do sinal da função $f(x) = \text{sen}(x)$, ou seja, em quais quadrantes ela é positiva e em quais ela é negativa?
9. Analise o crescimento e o decréscimo de $f(x) = \text{sen}(x)$, ou seja, para quais intervalos (quadrantes) ela é crescente e para quais ela é decrescente?
10. Esboce o gráfico da função $f(x) = \text{sen}(x)$.

A aplicação do Pré-teste ocorreu no dia 08 de maio de 2023 e teve a duração de 2 aulas de 50 minutos. Participaram 7 estudantes. Observe a *Figura 4*.

Figura 4 – Aplicação do Pré-teste



Fonte: Acervo dos autores (2023)

Os resultados revelaram que estes estudantes não conheciam o conceito de Função Seno. Analise o *Quadro 3*.

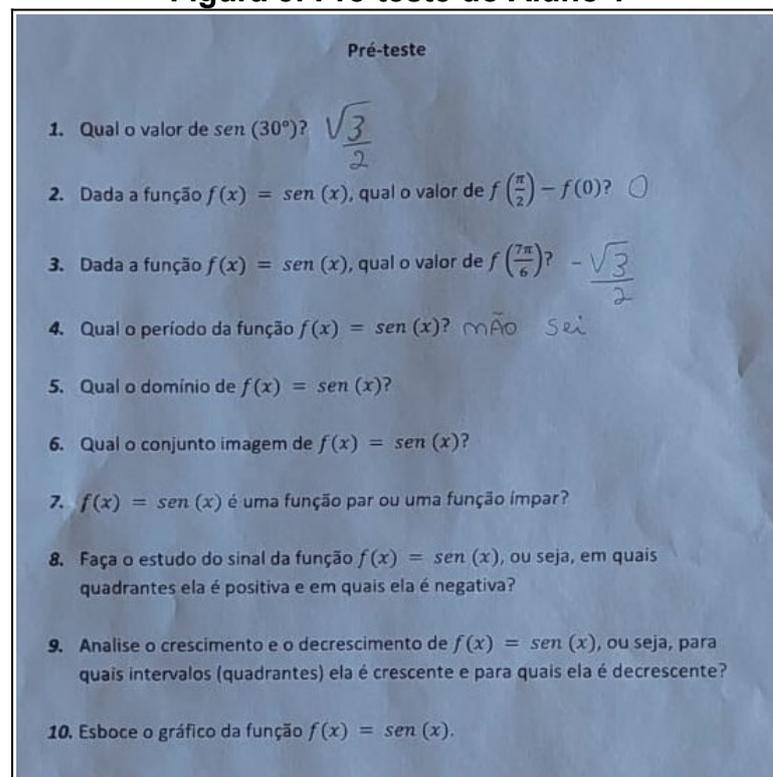
Quadro 3 – Resultado do Pré-teste

Aluno	Total de acertos
Aluno 1	0
Aluno 2	0
Aluno 3	1
Aluno 4	0
Aluno 5	0
Aluno 6	2
Aluno 7	0

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

A *Figura 5*, apresenta o resultado do *Aluno 1*, errou todas as questões do pré-teste.

Figura 5: Pré-teste do Aluno 1



Fonte: os autores.

De fato os resultados não foram satisfatórios.

4.2 Elaboração da Sequência Didática

A sequência didática será composta por um conjunto de atividades que proporcionarão o ensino do conteúdo matemático com a mínima interferência possível do educador no processo de ensino. Ou seja, espera-se que a sequência didática seja efetivamente capaz de conduzir cada estudante ao aprendizado dos conceitos em questão mediante a realização das atividades propostas. A seguir, apresentaremos a sequência didática que foi vivenciada com os estudantes.

4.2.1 Atividade 1

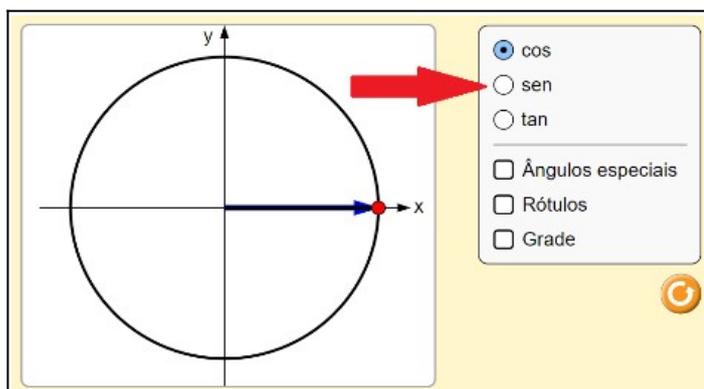
Item 1. Acesse o link:

https://phet.colorado.edu/sims/html/trig-tour/latest/trig-tour_all.html?locale=pt_BR

Depois de clicar, aparecerá a tela inicial da simulação *Tour Trigonômico* conforme Figura 2.

Item 2. Clique na opção **sen**.

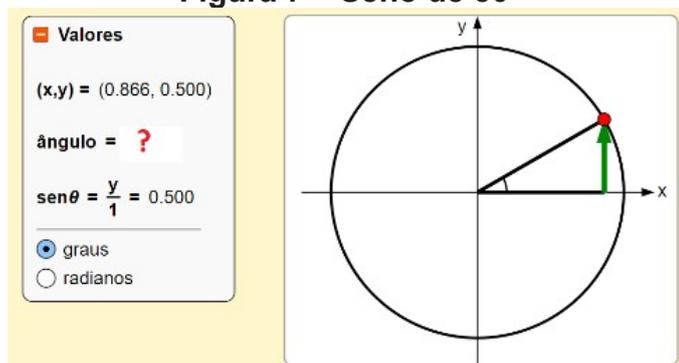
Figura 6 – Indicação da opção Seno



Fonte: PhET Interactive Simulations

Item 3. Deslize o ponteiro do círculo trigonométrico até o valor de 30° e observe o valor do Seno desse ângulo.

Figura 7 – Seno de 30°



Fonte: PhET Interactive Simulations

Item 4. Repita este procedimento para os ângulos 0° , 45° , 60° , 90° , 120° , 135° , 150° , 180° , 210° , 225° , 240° , 270° , 300° , 315° , 330° e 360° . Registre todos os resultados.

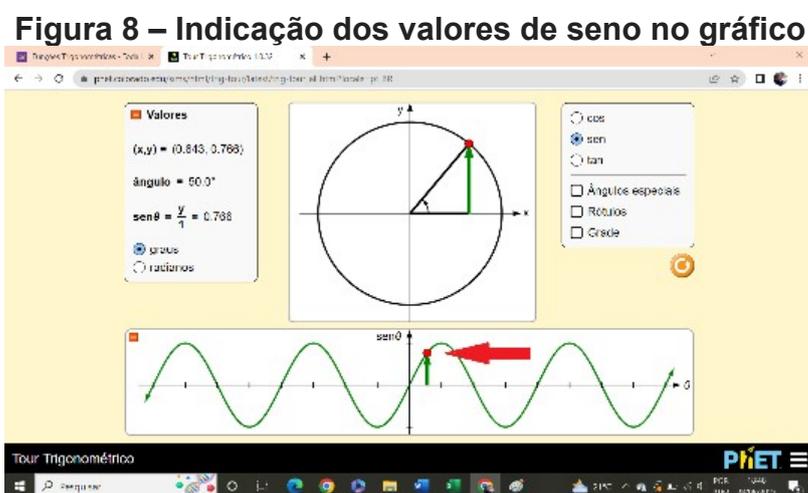
4.2.2 Atividade 2

Item 1. Acesse o link:

https://phet.colorado.edu/sims/html/trig-tour/latest/trig-tour_all.html?locale=pt_BR

e em seguida clique na opção **sen**.

Item 2. Observe o gráfico que está abaixo do círculo trigonométrico e também a movimentação do ponto vermelho (x, y) à medida que você movimenta o ponteiro. O valor de x é a medida do ângulo em radianos e o valor de y significa o seno desse ângulo.

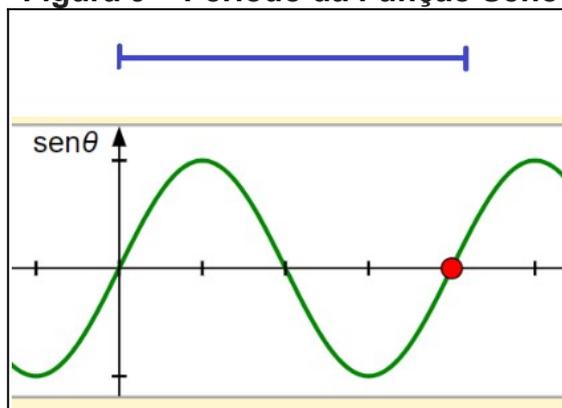


Fonte: PhET Interactive Simulations

Item 3. Qual o formato do gráfico gerado? Com o que se parece? Este é o gráfico da Função Seno que pode ser escrita como $f(x) = \text{sen}(x)$.

Item 4. A função $f(x) = \text{sen}(x)$ é uma função periódica, ou seja, seu gráfico se repete infinitas vezes. Qual parte deste gráfico está se repetindo? Começando no ângulo 0° , qual ângulo deve ser atingido para que o gráfico comece a se repetir?

Item 5. Analise agora no gráfico a medida dessa parte do gráfico que se repete. Ou seja, a distância no eixo X do ponto $(0,0)$ ao ponto $(x,0)$ que o gráfico começa a se repetir. Lembre que os valores de x são os valores dos ângulos em radianos, ou seja, para concluir esta etapa basta pegar o ângulo obtido no quesito anterior, que está em graus, e transformá-lo para radianos.

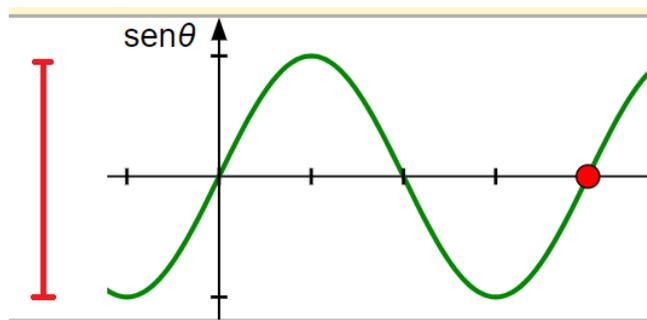
Figura 9 – Período da Função Seno

Fonte: PhET Interactive Simulations

Item 6. Qual a medida encontrada no item anterior? Ela representa o período da função $f(x) = \text{sen}(x)$. Ou seja, cada vez que essa medida se repete, no eixo X , o gráfico de $f(x) = \text{sen}(x)$ também se repete.

Item 7. Movimente, agora, livremente o ponteiro do círculo trigonométrico e registre o maior e o menor valor de seno encontrados.

Item 8. Registre o intervalo da reta real, no eixo de Y , delimitado pelos valores obtidos no item anterior. Este intervalo representa a imagem de $f(x) = \text{sen}(x)$.

Figura 10 – Imagem da Função Seno

Fonte: PhET Interactive Simulations

Item 9. Movimente, novamente, o ponteiro do círculo trigonométrico. Quais os valores possíveis para o seno de um ângulo? Será que ele pode assumir qualquer valor real?

Item 10. Baseado na sua resposta ao item anterior responda qual o domínio de $f(x) = \text{sen}(x)$.

4.2.3 Atividade 3

Item 1. Acesse o link:

https://phet.colorado.edu/sims/html/trig-tour/latest/trig-tour_all.html?locale=pt_BR

Clique na opção **sen** e em seguida, leia atentamente os enunciados:

- I. Uma função é considerada par quando $f(-x)=f(x)$ para todo x pertencente ao domínio de f . Ou seja, seu gráfico é simétrico ao eixo Y .
- II. Uma função é considerada ímpar quando $-f(x)=f(-x)$ para todo x pertencente ao domínio de f . Ou seja, seu gráfico é simétrico à origem.

Item 2. Utilize a *Sim Tour Trigonométrico* para preencher a *Tabela 1*.

Tabela 1 – Verificação da paridade da Função Seno

Graus	$f(x)$	$-f(x)$	$f(-x)$
30°	$f\left(\frac{\pi}{6}\right)$	$-f\left(\frac{\pi}{6}\right)$	$f\left(\frac{-\pi}{6}\right)$
45°	$f\left(\frac{\pi}{4}\right)$	$-f\left(\frac{\pi}{4}\right)$	$f\left(\frac{-\pi}{4}\right)$
60°	$f\left(\frac{\pi}{3}\right)$	$-f\left(\frac{\pi}{3}\right)$	$f\left(\frac{-\pi}{3}\right)$
90°	$f\left(\frac{\pi}{2}\right)$	$-f\left(\frac{\pi}{2}\right)$	$f\left(\frac{-\pi}{2}\right)$
180°	$f(\pi)$	$-f(\pi)$	$f(-\pi)$
270°	$f\left(\frac{3\pi}{2}\right)$	$-f\left(\frac{3\pi}{2}\right)$	$f\left(\frac{-3\pi}{2}\right)$
360°	$f(2\pi)$	$-f(2\pi)$	$f(-2\pi)$

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Item 3. Considerando os dados da tabela do item anterior para responder: $f(x)=\text{sen}(x)$ é uma função par ou uma função ímpar?

Item 4. Utilize mais uma vez a *Sim Tour trigonométrico* e observe o sinal de $f(x)=\text{sen}(x)$ em cada quadrante do círculo trigonométrico. Analise, portanto, se os valores dos senos dos ângulos, ou seja, as imagens da função são negativas ou positivas em cada quadrante. Use os dados obtidos para preencher o quadro a seguir:

Quadro 4 – Verificação do sinal da Função Seno

Quadrante	Valores de $f(x)$: Positivos ou negativos
1° quadrante	
2° quadrante	
3° quadrante	
4° quadrante	

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Item 5. Repita o procedimento do item anterior, só que desta vez analise o crescimento ou decréscimo da função em cada quadrante. Ou seja, observe se os

valores de $f(x)$ estão aumentando ou diminuindo naquele quadrante à medida com que aumentamos o valor de x (medida do ângulo). Utilize os dados para preencher o *Quadro 5*.

Quadro 5 – Verificação da monotonicidade da Função Seno

Quadrante	Função: crescente ou decrescente
1º quadrante	
2º quadrante	
3º quadrante	
4º quadrante	

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.3 Aplicação da Sequência Didática

A aplicação das atividades da sequência didática ocorreu no dia 15 de maio de 2023. Cada atividade durou 50 minutos. Todos os estudantes conseguiram realizar os procedimentos esperados. A Figura 10 registra o momento da aplicação da atividade 1 no laboratório de informática da escola.

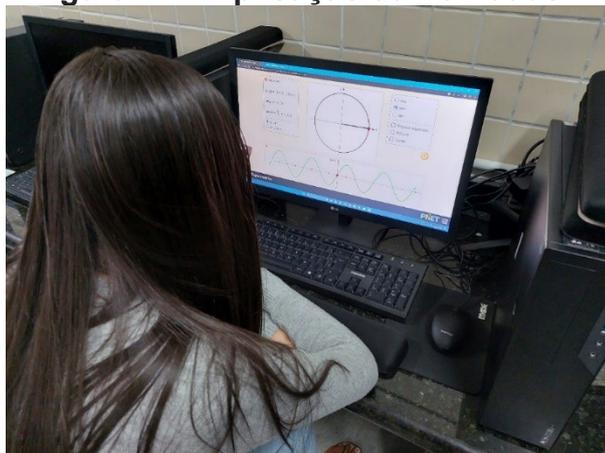
Figura 10 – Aplicação da Atividade 1



Fonte: Acervo dos autores (2023)

Os estudantes demonstraram bastante interesse em movimentar a animação virtual e também realizam o que era pedido nas atividades sem grandes problemas. A Figura 11 evidencia a aplicação da *Atividade 2*.

Figura 11 – Aplicação da Atividade 2



Fonte: Acervo dos autores (2023)

Todas as etapas foram realizadas com sucesso. Os estudantes demonstraram terem aprendido os conteúdos. A Figura 12 registra o momento da aplicação da *Atividade 3*.

Figura 12 – Aplicação da Atividade 3



Fonte: Acervo dos autores (2023)

4.4 Análises Finais

Para que tivéssemos subsídios para analisar a efetividade da Sequência Didática elaborada optamos pela aplicação de um Pós-Teste.

4.4.1 Pós-teste

No dia 22 de maio, uma semana após a aplicação da sequência didática ocorreu a aplicação do pós-teste. Este teste abordou as mesmas questões do pré-teste. Desta vez, os resultados foram bastante diferentes da primeira avaliação. A seguir encontra-se o *Quadro 7* com estes resultados:

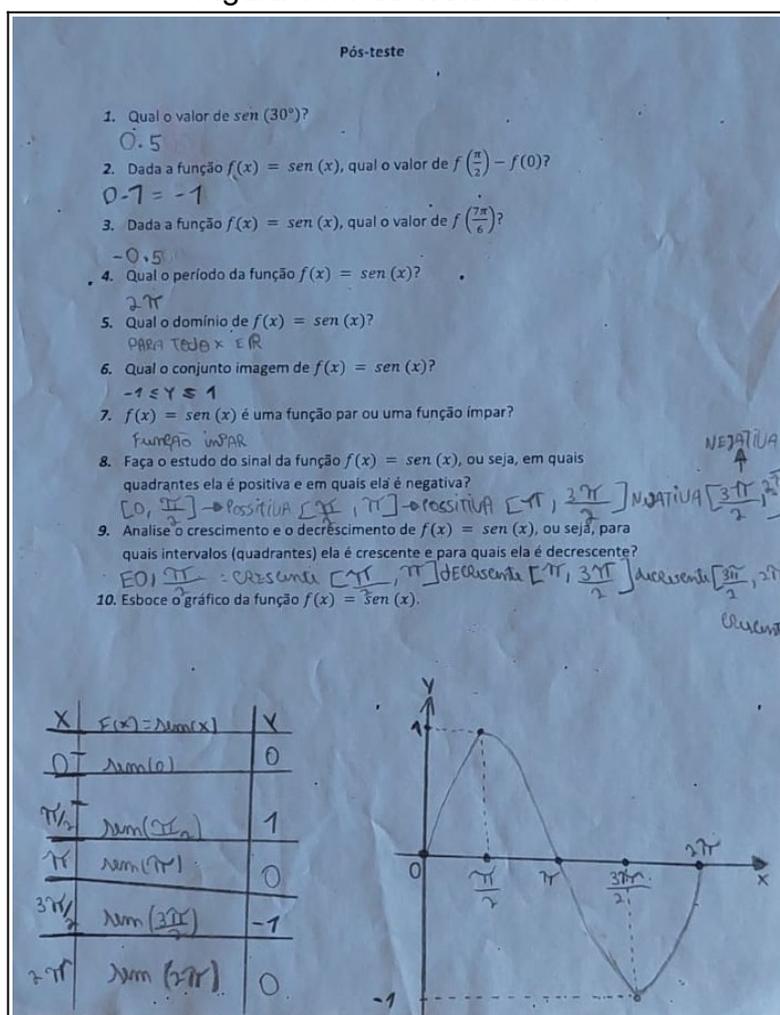
Quadro 7 – Resultados do Pós-teste

Aluno	Total de acertos
Aluno 1	9
Aluno 2	9
Aluno 3	10
Aluno 4	8
Aluno 5	7
Aluno 6	10
Aluno 7	10

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Os resultados da aplicação do pós-teste revelam que os estudantes conseguiram aprender de forma satisfatória o conteúdo de Função /seno e também que a Sequência Didática produzida ao longo do trabalho também foi um sucesso. Prova disso é que o Aluno 1, um dos estudantes que havia errado todas as questões do pré-teste, obteve uma melhora fantástica, vide Figura 13.

Figura 13: Pós-teste Aluno 1



Fonte: os autores.

4.4.2 Análise dos resultados

A aplicação do pré-teste e do pós-teste nesta pesquisa ofereceram subsídios de análise sobre a efetividade do trabalho didático produzido.

No teste inicial, os 7 estudantes responderam a 10 questões cada um e o total de acertos foi apenas 3. O que configura apenas 4,3 %, aproximadamente, de acertos. Porém, após a aplicação da sequência didática, o número de acertos totais destes estudantes na resolução das mesmas questões foi alto, representando um índice de médio de 90 % de acertos.

Estes dados servem de base para analisarmos a eficiência da sequência didática produzida, ou seja, a aplicação das atividades surtiu efeito e fez com que os estudantes em sua maioria aprendessem os conceitos de *Função Seno*.

Mais que isso, revelaram que a metodologia utilizada, ou seja, a utilização do laboratório virtual *PhET Interactive Simulations* contribuiu de forma positiva para a aprendizagem dos estudantes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho foi importante, pois apresenta como produto final uma sequência didática voltada ao ensino da *Função Seno* através de um laboratório virtual de matemática. Sequência esta que foi testada e teve sua eficácia comprovada. Agora ela pode ser utilizada pelos professores da educação básica para promover o ensino desse conteúdo de forma lúdica e interativa.

Além disso, a pesquisa também revelou os benefícios de se trabalhar com os laboratórios virtuais de matemática como menores custos, maior interatividade com os conteúdos e maior alcance da linguagem digital dos estudantes.

Este estudo também serviu para demonstrar que é possível trabalhar de forma eficaz tais ambientes virtuais para promover um ensino mais divertido e que chame a atenção dos estudantes. Foi enriquecedor trabalhar com o laboratório *PhET Interactive Simulations*, pois é um site muito interessante, que aborda diferentes áreas do conhecimento e múltiplos conteúdos. Além de ser uma plataforma totalmente gratuita, proporciona inúmeras experiências virtuais e animações fantásticas.

Outro ponto importante deste trabalho é que ele utilizou a metodologia da experimentação, que ofereceu todo um suporte para a construção das sequências didáticas e colaborou para sua qualidade. Pois, tivemos a oportunidade de traçar múltiplas estratégias de aprendizagem, prever dificuldades e comportamentos dos alunos, antecipar problemas e investigar a fundo o conteúdo matemático em questão.

Função Seno é um conceito importantíssimo para diversas áreas como engenharia, construção civil e fenômenos da natureza. Entretanto é um conteúdo considerado complexo pela maioria dos alunos. E este trabalho serviu também para desmistificar o estudo deste importante conceito, minimizando suas dificuldades e preparando melhor os estudantes para os vestibulares e também para o mundo do trabalho.

Por fim, deixamos como sugestão para pesquisas futuras a investigação de outros sites e/ou laboratórios virtuais de ensino da matemática. Bem como, a aplicação da metodologia desta pesquisa para investigar o ensino de outros conteúdos matemáticos através de outra animação/ experiência virtual do *PhET Interactive Simulations*.

Destacamos, porém a contribuição da presente pesquisa para educação básica, oferecendo uma sequência didática completa para o ensino de um importante conteúdo matemático através da utilização de laboratório virtual de matemática.

6 REFERENCIAS

ALMOULOUDG, Saddo Ad. Fundamentos da didática da matemática. Curitiba – PR: UFPR, 2007.

ANDRADE, Edson Francisco de; AGUIAR, Silvana Galvão de. **Política de correção de fluxo escolar em Pernambuco: uma análise do programa Travessia**. PRÓ-POSIÇÕES (UNICAMP. ONLINE), v. 31, p. 1-25, 2020.

SANTOS, Arlem Atanazio dos; ALVES, Francisco Regis Vieira. **A Engenharia Didática em Articulação com a Teoria das Situações Didáticas como Percurso Metodológico ao Estudo e Ensino de Matemática**. REVISTA ACTA SCIENTIAE, v. 19, p. 447-465, 2017.

PhET COLORADO, 2023. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 29 de março de 2023.

RIBAS, Daniela Rodrigues; BARONE, Dante Augusto Couto; BASSO, Marcus Vinícius de Azevedo. **O Uso de um Laboratório Virtual de Matemática no Processo de Ensino-aprendizagem**. RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 5, p. 2e, 2007.

SARAIVA EDUCAÇÃO. (2022). *Laboratório virtual: o que é, como funciona e quais são os benefícios*. São Paulo, 26 abril 2022. Disponível em: <<https://blog.saraivaeducacao.com.br/laboratorio-virtual/>>. Acesso em: 02 mar. 2024.

VIANA, Marcelo. COLUNA DE MARCELO VIANA. **Folha de São Paulo**, p. 1, 2023. UEL, Universidade Estadual de Londrina. Trigonometria: Funções trigonométricas circulares. **Londrina-PR, 2020**.