



Universidade Federal do Pará
Campus Universitário de Abaetetuba
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia
Curso de Licenciatura em Física
Trabalho de Conclusão de Curso

Derik Alan Oliveira Cardoso

O uso do simulador *Mozaik3D* como ferramenta para o ensino do campo eletromagnético da
Terra

Abaetetuba-PA
Setembro/2024

Derik Alan Oliveira Cardoso

O uso do simulador *Mozaiik3D* como ferramenta para o ensino do campo eletromagnético da
Terra

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, da
Universidade Federal do Pará - Campus
Abaetetuba, como requisito para a obtenção do
grau de Licenciado pleno em Física.

Orientador: Prof. Dr. Elder Augusto Viana
Mota.

Abaetetuba/PA
Setembro/2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

C268u Cardoso, Derik Alan Oliveira.
O uso do simulador Mozaik3D como ferramenta para o ensino
do campo eletromagnético da Terra / Derik Alan Oliveira Cardoso.
— 2024.
40 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Elder Augusto Viana Mota
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Abaetetuba, Curso de
Física, Abaetetuba, 2024.

1. Ensino de física. 2. Campo eletromagnético terrestre. 3.
Aplicativos educativos. 4. Simulador Mozaik3D. I. Título.

CDD 530.07

Derik Alan Oliveira Cardoso

"O uso do simulador *Mozaik3D* como ferramenta para o ensino do campo eletromagnético da terra"

Monografia apresentada ao curso de Física da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia (FACET) da Universidade Federal do Pará (UFPA) - Campus Abaetetuba, como requisito final para a obtenção do grau de Licenciado em Física.

Data de defesa: 11/09/2024

Conceito: EXCELENTE

Elder Augusto Viana Mota

Prof. Dr. Elder Augusto Viana Mota
(Presidente-Orientador FACET-UFPA-Abaetetuba)

Cleidilane Sena Costa

Profa. Dra. Cleidilane Sena Costa
(Membro Interno FACET-UFPA-Abaetetuba)

Francenildo Baia Reis

Prof. Me. Francenildo Baia Reis
(Membro Externo PPGF-UFPA-Belém)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

À minha mãe, Conceição, meu mais sincero agradecimento. Seu amor, apoio incondicional e incentivo constante foram a base que me sustentou durante toda essa jornada. Sem você, nada disso seria possível.

Aos meus familiares e amigos, agradeço por todo o carinho, compreensão e apoio. Vocês foram meu alicerce nos momentos de dificuldade e minhas maiores inspirações para seguir em frente.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

Uma das dificuldades enfrentadas pelos estudantes de ensino médio é a compreensão dos conceitos físicos sobre o eletromagnetismo da Terra, que muitas vezes são representados por grandezas abstratas de difícil visualização. Para tentar superar esse problema, foi desenvolvido este trabalho, que propõe uma metodologia de ensino baseada na utilização de um *software* chamado *Mozaik3D*, que permite aos alunos a observação e análise das definições de campo eletromagnético terrestre, e sua importância para a vida na Terra. Baseado na “Teoria sociointeracionista” de Lev Vygotsky e na “Aprendizagem significativa” de David Ausubel, foi desenvolvida uma metodologia para melhor aplicação do projeto, utilizando questionários antes e após aplicação para avaliar a eficácia da metodologia empregada. Foi aplicado em três turmas do ano, somando um total de 60 alunos. Obtivemos um resultado satisfatório: no primeiro questionário, tivemos apenas 10% de acertos, enquanto no segundo questionário, alcançamos 80% de acertos. O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados alcançados, metodologia e verificar se essas abordagens contribuíram para o aumento do interesse e do aprendizado dos alunos em física, bem como para o desenvolvimento de habilidades como criatividade, raciocínio lógico e pensamento crítico. O simulador está disponível gratuitamente na internet, podendo ser feito downloads em smartphones, tablets e computadores. Estes dispositivos podem ser ferramentas eficazes para a pesquisa instantânea e o acesso a aplicativos educativos diversificados, enriquecendo o ambiente de ensino. No entanto, é crucial equilibrar seu uso para evitar distrações e garantir um ambiente educacional focado e produtivo. Sendo assim, o trabalho propõe uma maneira mais interativa e audiovisual para instigar a busca dos alunos pelo conhecimento.

Palavras-Chave: campo eletromagnético terrestre; ensino de física; aplicativos educativos; simulador *Mozaik3D*.

ABSTRACT

One of the challenges faced by high school students is understanding the physical concepts of Earth's electromagnetism, which are often represented by abstract quantities that are difficult to visualize. To address this issue, this project was developed, proposing a teaching methodology based on the use of a software called *Mozaik3D*. This software allows students to observe and analyze the definitions of the Earth's electromagnetic field and its importance for life on Earth. Based on Lev Vygotsky's "Socio-Interactionist Theory" and David Ausubel's "Meaningful Learning," a methodology was developed for better application of the project, using questionnaires before and after implementation to evaluate the effectiveness of the employed methodology. It was applied to three classes of the third year, totaling 60 students. We obtained satisfactory results: in the first questionnaire, we had only 10% correct answers, while in the second questionnaire, we achieved 80% correct answers. The objective of this work is to present the achieved results, methodology, and verify if these approaches contributed to increasing students' interest and learning in physics, as well as to the development of skills such as creativity, logical reasoning, and critical thinking. The simulator is available for free on the internet and can be downloaded on smartphones, tablets, and computers. These devices can be effective tools for instant research and access to diverse educational applications, enriching the learning environment. However, it is crucial to balance their use to avoid distractions and ensure a focused and productive educational environment. Thus, the project proposes a more interactive and audiovisual way to stimulate students' pursuit of knowledge.

Keywords: earth's electromagnetic field; physics teaching; educational software; *Mozaik3D* simulator.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Campo elétrico (em vermelho) gerado por uma carga pontual ilustrando a superfície gaussiana adotada	13
Figura 2	- Campo magnético (em verde) gerado por um ímã ilustrando a superfície gaussiana adotada	14
Figura 3	- Campo magnético (em verde) gerado por um ímã (em movimento) atravessando uma espira circular	15
Figura 4	- Campo magnético (em vermelho) gerado por uma corrente elétrica que percorre um fio. No detalhe (em azul), vemos a curva amperiana adotada que delimita a área A.	16
Figura 5	- Campos elétrico (em azul) e magnético (em vermelho) se propagando no espaço.	19
Figura 6	- Núcleo da Terra.	19
Figura 7	- Campo eletromagnético da Terra.	23
Figura 8	- Página inicial do site do projeto <i>Mozaik3D</i> .	24
Figura 9	- Página inicial do site do projeto <i>Mozaik3D</i> com ênfase na área de “Login”.	24
Figura 10	- Página inicial do site do projeto <i>Mozaik3D</i> com ênfase na área “temas disponíveis”.	24
Figura 11	- Cenas 3D <i>mozaik</i> .	25
Figura 12	- Acesso ao software.	25
Figura 13	- Simulador do campo magnético da Terra na plataforma <i>Mozaik3D</i> .	25
Figura 14	- Aplicativo <i>Mozaik3D</i> visualizado na loja online.	26
Figura 15	- Login no aplicativo <i>mozaWeb</i> .	26
Figura 16	- Interface <i>Mozaik3D app</i> .	27
Figura 17	- Acesso ao simulador “O campo magnético da Terra”.	27
Figura 18	- Simulador do campo magnético da Terra na <i>app Mozaik3D</i> .	28
Figura 19	- Resultado do questionário 01.	31
Figura 20	- Aplicação do Projeto.	32
Figura 21	- Resultado do questionário 02.	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal
PhET	<i>Physics Education Technology</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	11
3	MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
3.1.1	Equações de Maxwell e campos eletromagnéticos	11
3.1.2	Campo eletromagnético terrestre	18
3.1.3	Teorias de aprendizagem utilizadas	19
3.1.3.1	Teoria Sociointeracionista de Lev Vygotsky	19
3.1.3.2	Aprendizagem significativa de David Ausubel	20
3.2	SIMULADOR <i>MOZAIK3D</i>	22
3.2.1	Tutorial para utilizar o <i>Mozaik3D</i> em notebooks e desktops	23
3.2.2	Tutorial para utilizar o <i>Mozaik3D</i> em tablets e smartphones	25
3.3	METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	27
4	RESULTADOS	29
4.1	ETAPA 1: DISCUSSÃO EM SALA DE AULA	29
4.2	ETAPA 2: APLICAÇÃO DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO 01: AVALIANDO O CONHECIMENTO PRÉVIO	30
4.2.1	Pontos relevantes no questionário 01	30
4.3	ETAPAS 3 e 4: APLICAÇÃO DO PROJETO	31
4.4	ETAPA 5: APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO 02: AVALIANDO O IMPACTO DO PROJETO DE ELETROMAGNETISMO DA TERRA	32
4.2.1	Pontos relevantes no questionário 02	32
5	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34
	ANEXO A – QUESTIONÁRIO 1	36
	ANEXO B – QUESTIONÁRIO 2	38

1 INTRODUÇÃO

O estudo do campo eletromagnético da Terra desempenha um papel fundamental na compreensão dos processos geofísicos que ocorrem no nosso planeta. Este campo é gerado pelo movimento do núcleo terrestre, influencia em uma ampla gama de fenômenos naturais, e tem implicações significativas em áreas como geologia, meteorologia, navegação e comunicações. O campo elétrico é uma grandeza física vetorial que mede a influência que uma carga elétrica produz no espaço ao seu redor, e essa influência é representada por “linhas de campo”, um recurso abstrato que auxilia na visualização e entendimento das propriedades do campo [1,2].

O campo elétrico é o responsável pelo surgimento das forças de atração e repulsão entre cargas elétricas, sendo definido como a força elétrica por unidade de carga. Para que os estudantes compreendam esses conceitos complexos de forma abrangente, é essencial adotar abordagens de ensino inovadoras e envolventes.

Neste contexto, o simulador *Mozaik3D* [3] emerge como uma ferramenta poderosa e versátil para a educação. Com suas capacidades de visualização tridimensional e simulação interativa, o *software* oferece uma maneira única de explorar e aprender sobre o campo eletromagnético da Terra. Portanto, esse software surge como uma ferramenta de ensino inovadora para ajudar os alunos a visualizar e compreender os princípios e fenômenos associados ao campo eletromagnético terrestre.

Como as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [4] enfatizam a importância da identificação, manipulação, elaboração e contextualização ao longo do ensino médio, o *Mozaik3D* se alinha perfeitamente com esses objetivos. Os simuladores são projetados para explicar os fenômenos envolvidos de maneira clara, permitindo que os alunos interpretem e assimilem o conteúdo apresentado pelos professores em sala de aula. Dado que a maioria dos alunos possui acesso à internet, este simulador se torna uma ferramenta valiosa para professores de instituições públicas, que podem enfrentar desafios em relação à disponibilidade de recursos tecnológicos de ponta.

Neste trabalho, será apresentado uma visão geral e abrangente do projeto, incluindo seus objetivos educacionais, a metodologia proposta, os recursos necessários e as expectativas de aprendizado. Ao integrar tecnologia com conceitos geofísicos complexos, esperamos proporcionar uma experiência de aprendizado envolvente e eficaz, que capacitará os estudantes a compreenderem melhor o funcionamento do campo eletromagnético da Terra, e as suas implicações no mundo real.

2 OBJETIVOS

Este projeto têm como objetivo principal o desenvolvimento de um projeto que utilize o *Mozaik3D* como ferramenta educacional para aprimorar o ensino do campo eletromagnético da Terra, visando proporcionar uma compreensão mais eficaz e significativa desse fenômeno complexo. Entretanto, para alcançar este objetivo principal, será necessário atingir algumas etapas intermediárias, que estão elencadas nos seguintes objetivos específicos:

- a) Apresentar o software *Mozaik3D* e todas as suas funcionalidades como uma inovadora e eficaz ferramenta educacional para o ensino do campo eletromagnético da Terra.
- b) Utilizar o *Mozaik3D* para simplificar e visualizar os conceitos e fenômenos relacionados ao campo eletromagnético da Terra, tornando-os mais acessíveis aos alunos.
- c) Descrever os princípios de cargas elétricas em movimento que geram campo magnético, e que variação de fluxo magnético produz campo elétrico.
- d) Explicar o funcionamento dos campos e interações magnéticas.
- e) Exemplificar os conteúdos com práticas dinâmicas.
- f) Elucidar a importância que o campo eletromagnético terrestre tem para a proteção da Terra.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta parte do trabalho apresentamos as ferramentas utilizadas no desenvolvimento da pesquisa, começando com os aspectos teóricos que embasam os conceitos e metodologias utilizadas, e finalizando com os recursos didáticos implementados neste trabalho.

3.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, apresentamos a fundamentação teórica que serve como base para a nossa pesquisa. Nosso objetivo não é apenas explicar o propósito e a relevância do nosso trabalho, mas também proporcionar uma visão clara e concisa do campo de estudo no qual estamos trabalhando.

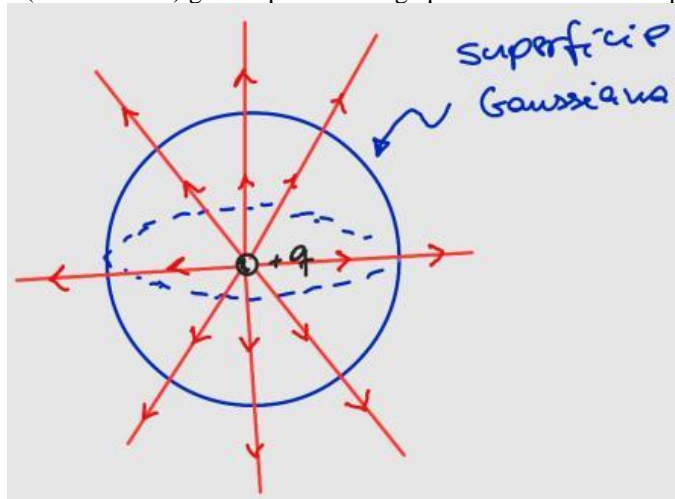
3.1.1 Equações de Maxwell no vácuo e campos eletromagnéticos

O campo eletromagnético é um fenômeno que envolve a interação entre campo elétrico e campo magnético, com ambos variando no tempo. Ele é produzido por objetos que são carregados eletricamente e estão em movimento. Todos os fenômenos eletromagnéticos

existentes podem ser sintetizados e descritos por um conjunto de quatro equações, conhecidas como equações de Maxwell [5-9].

A primeira equação de Maxwell é também conhecida como Lei de Gauss, e estabelece uma relação entre o campo elétrico (\vec{E}) gerado por uma distribuição de cargas (q) no interior de uma dada superfície, escolhida de maneira a aproveitar a simetria do campo e chamada de “Superfície Gaussiana” (Figura 1).

Figura 1 - Campo elétrico (em vermelho) gerado por uma carga pontual ilustrando a superfície gaussiana adotada



Fonte: Retirada da referência [9].

A equação de Maxwell no seu formato integral é dada por:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (1)$$

Onde podemos passar para o formato diferencial, aplicando o Teorema do Divergente [7,8] na equação 1:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int_V (\nabla \cdot \vec{E}) dV \quad (2)$$

e, lembrando que a densidade de carga do sistema é dada por:

$$\rho = \frac{\partial q}{\partial V} \rightarrow q = \int_V \rho dV. \quad (3)$$

Podemos substituir as equações (2) e (3) em (1), temos:

$$\int_V (\nabla \cdot \vec{E}) dV = \int_V \frac{\rho}{\epsilon_0} dV$$

Para que a igualdade seja satisfeita, temos então que:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}, \quad (4)$$

que é a Lei de Gauss na forma diferencial.

A segunda equação de Maxwell é também conhecida como “Lei de Gauss magnética”, pois estabelece um paralelo com a Lei de Gauss da eletricidade para o caso do magnetismo. Como nesse caso, a quantidade de linhas de campo que entram na superfície é igual as que saem (Figura 2), temos que:

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (5)$$

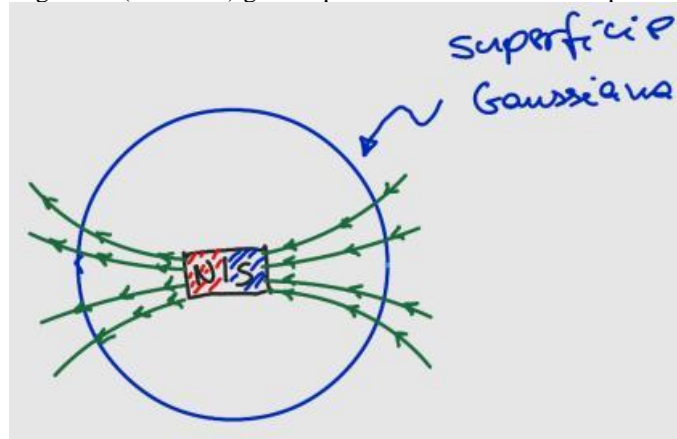
Aplicando o Teorema do Divergente [7,8], obtemos a forma diferencial:

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int_V (\nabla \cdot \vec{B}) dV = 0$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (6)$$

que basicamente nos diz, que não existem monopolos magnéticos.

Figura 2 - Campo magnético (em verde) gerado por um ímã ilustrando a superfície gaussiana adotada



Fonte: Retirada da referência [9].

A terceira equação de Maxwell é conhecida como Lei de Faraday-Lenz, e nos apresenta à uma importante propriedade Física descoberta por Faraday, a indução eletromagnética. Esta lei relaciona o fluxo das linhas de campo de um ímã que atravessam uma espira circular, quando este ímã está em movimento (Figura 3), e afirma que o módulo da força eletromotriz induzida em um circuito é diretamente proporcional à taxa temporal de variação do fluxo magnético através do mesmo circuito.

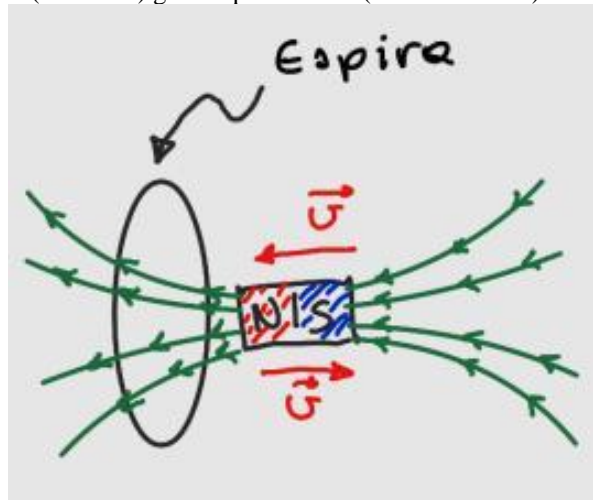
Temos então:

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\phi_B}{dt} \quad (7)$$

onde ϕ é o fluxo magnético que atravessa a espira, dado por:

$$\phi_B = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (8)$$

Figura 3 - Campo magnético (em verde) gerado por um ímã (em movimento) atravessando uma espira circular



Fonte: Retirada da referência [9].

Para chegarmos à forma diferencial da equação (7), aplicamos o Teorema de Stokes [7,8] no lado esquerdo dessa equação:

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_S (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} \quad (9)$$

Substituindo as expressões (8) e (9) em (7):

$$\int_S (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} = -\frac{d}{dt} \left[\int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \right]$$

Como a forma da superfície não varia com o tempo, e o campo magnético depende do tempo (t) e da posição (\vec{r}):

$$\int_S (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} = \left[\int_S \left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{A} \right]$$

Para que a igualdade seja válida:

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad (10)$$

que é a forma diferencial da equação (7), e nos diz que a variação de um campo magnético produz um campo elétrico que também varia.

A quarta equação de Maxwell é conhecida como Lei de Ampère-Maxwell, e recebe esse nome devido uma generalização da lei de Ampère:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i,$$

onde Maxwell a modificou através do acréscimo de um termo devido a corrente de deslocamento (I_D) [7]:

$$I_D = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$$

Gerando a famosa Lei:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} \quad (11)$$

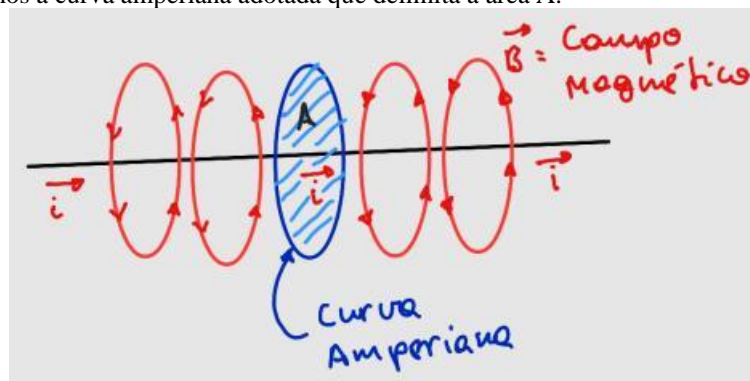
Essa lei, relaciona a corrente que atravessa uma superfície delimitada por uma curva, chamada de curva Amperiana (Figura 4). Sendo ϕ_E o fluxo elétrico que atravessa essa superfície, dado por:

$$\phi_E = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad (12)$$

E a densidade de corrente (J) nessa superfície dada por:

$$J = \frac{di}{dA}$$

Figura 4 – Campo magnético (em vermelho) gerado por uma corrente elétrica que percorre um fio. No detalhe (em azul), vemos a curva amperiana adotada que delimita a área A .



Fonte: Retirada da referência [9].

Que resulta em,

$$i = \int_S \vec{J} \cdot d\vec{A} \quad (13)$$

Para passarmos a equação (11) para o formato diferencial, utilizamos o Teorema de Stokes [7,8]:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_S (\nabla \times \vec{B}) \cdot d\vec{A} \quad (14)$$

Utilizando as relações (12), (13) e (14) na expressão (11):

$$\int_S (\nabla \times \vec{B}) \cdot d\vec{A} = \mu_0 \int_S \vec{J} \cdot d\vec{A} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \left[\int_S \vec{E} \cdot d\vec{A} \right]$$

Como a forma da superfície não varia com o tempo, e o campo elétrico depende do tempo (t) e da posição (\vec{r}), podemos reescrever:

$$\int_S (\nabla \times \vec{B}) \cdot d\vec{A} = \int_S (\mu_0 \vec{J}) \cdot d\vec{A} + \left[\int_S \left(\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{A} \right]$$

$$\int_S (\nabla \times \vec{B}) \cdot d\vec{A} = \int_S \left[\mu_0 \vec{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right] \cdot d\vec{A}$$

Para que a igualdade seja satisfeita, temos então que:

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \quad (15)$$

que é a quarta equação de Maxwell na forma diferencial, e nos diz que a variação de campo elétrico produz um campo magnético que também varia.

Portanto, temos pela Lei de Faraday-Lenz (Equação (10)) que campo magnético variável gera campo elétrico variável, e pela Lei de Ampère-Maxwell (Equação (15)) temos que campo elétrico variável gera campo magnético variável. Portanto, essas grandezas estão relacionadas de maneira autossuficiente, uma gerando a outra.

Efeitos como este, não estacionários, constituem basicamente os fenômenos eletromagnéticos. Para entender melhor essa relação, iremos utilizar uma identidade vetorial [7,8]:

$$\nabla \times (\nabla \times \vec{A}) = \nabla(\nabla \cdot \vec{A}) - \nabla^2 \vec{A},$$

onde \vec{A} é um campo vetorial qualquer. Utilizando esta identidade para os campos vetoriais \vec{E} (campo elétrico) e \vec{B} (campo magnético), temos:

$$\nabla \times (\nabla \times \vec{E}) = \nabla(\nabla \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E} \quad (16)$$

e

$$\nabla \times (\nabla \times \vec{B}) = \nabla(\nabla \cdot \vec{B}) - \nabla^2 \vec{B}. \quad (17)$$

Usando as equações (4) (Lei de Gauss) e (10) (Lei de Faraday-Lenz) na equação (16), temos:

$$\nabla \times \left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) = \nabla \left(\frac{\rho}{\varepsilon_0} \right) - \nabla^2 \vec{E}$$

$$-\frac{\partial}{\partial t} [\nabla \times \vec{B}] = \nabla \left(\frac{\rho}{\varepsilon_0} \right) - \nabla^2 \vec{E}$$

Usando a equação (15):

$$-\frac{\partial}{\partial t} \left[\mu_0 \vec{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right] = \nabla \left(\frac{\rho}{\varepsilon_0} \right) - \nabla^2 \vec{E}.$$

No caso do vácuo, $\rho = 0$ e $\vec{J} = \vec{0}$.

Temos então:

$$\begin{aligned} -\frac{\partial}{\partial t} \left[\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right] &= -\nabla^2 \vec{E} \\ \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} &= \nabla^2 \vec{E} \end{aligned} \quad (18)$$

Para entender o comportamento de \vec{B} agora, utilizaremos as equações (6) e (15) em (17):

$$\nabla \times \left[\mu_0 \vec{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right] = -\nabla^2 \vec{B}$$

No caso do vácuo, $\vec{J} = \vec{0}$. Portanto:

$$\begin{aligned} \nabla \times \left[\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right] &= -\nabla^2 \vec{B} \\ \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} [\nabla \times \vec{E}] &= -\nabla^2 \vec{B} \end{aligned}$$

Utilizando a equação (10):

$$\begin{aligned} \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \left[-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right] &= -\nabla^2 \vec{B} \\ \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} &= \nabla^2 \vec{B} \end{aligned} \quad (19)$$

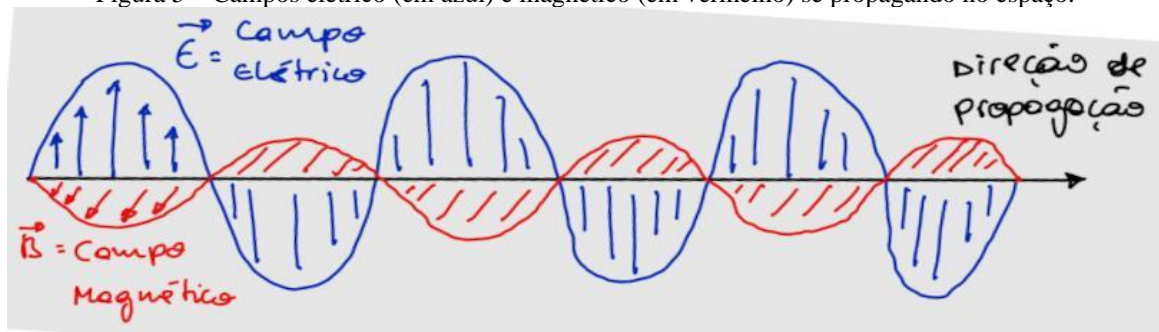
Ou seja, observamos que as representações para \vec{E} (campo elétrico) e \vec{B} (campo magnético) possuem um formato parecido, que é justamente o formato de uma equação de onda [7,8]:

$$v^2 \frac{\partial^2 \vec{f}}{\partial t^2} = \nabla^2 \vec{f}, \quad (20)$$

onde \vec{f} é a onda que se propaga, e v a sua velocidade de propagação. Ou seja, os campos elétrico e magnético variáveis se propagam como se fossem uma onda, uma onda eletromagnética, de maneira autossuficiente, com um campo sustentando o outro (Figura 5).

$$v^2 = \frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0}$$

Figura 5 – Campos elétrico (em azul) e magnético (em vermelho) se propagando no espaço.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Comparando as equações (18) e (19) com a equação (20), temos que a velocidade de propagação dessa onda será:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

Sendo a permissividade magnética no vácuo dada por $\mu_0 = 1,257 \times 10^{-6} \text{NA}^{-2}$, e a permissividade elétrica no vácuo dada por $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{C}^2 \text{N}^{-1} \text{m}^{-2}$, temos:

$$v = c \cong 3,00 \times 10^8 \text{m/s}.$$

Isto é, ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com a velocidade da luz. Logo, a luz também é uma onda eletromagnética. Portanto, temos que corpos carregados em movimento geram um campo eletromagnético ao seu redor, cuja interação se propaga como uma onda, com velocidade igual a da velocidade da luz.

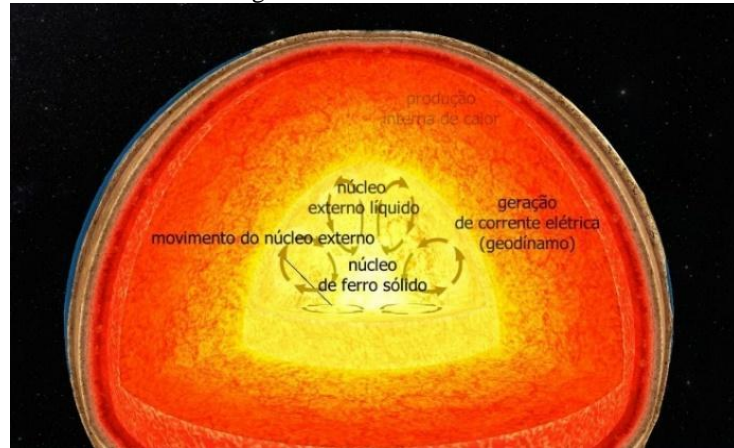
3.1.2 Campo Eletromagnético terrestre

Como corpos carregados em movimentos geram campos eletromagnéticos, podemos então entender e analisar as causas do campo eletromagnético da Terra. O campo eletromagnético é o resultado do movimento do ferro líquido eletricamente carregado, que envolve o núcleo interno do planeta formado de ferro sólido (Figura 6).

Ao girar a uma velocidade maior que a superfície, o ferro líquido produz um campo eletromagnético com dois polos magnéticos opostos, próximos aos polos Norte e Sul geográficos. Sua intensidade na superfície do planeta é menor que a de um ímã de prender papel na porta da geladeira e diminui ainda mais no topo da atmosfera. Mesmo assim, funciona como um escudo de partículas cósmicas. O simulador *Mozaik3D* surge justamente como uma maneira

de visualizar estas linhas de campo, fornecendo um melhor entendimento para o aluno desses fenômenos.

Figura 6 - Núcleo da Terra.



Fonte: Captura de tela do aplicativo *Mozaik3d* app

3.1.3 Teorias de aprendizagem utilizadas

Para aplicarmos o nosso trabalho, buscamos utilizar as ferramentas que achamos mais adequadas para que os alunos obtivessem êxito em entender os principais aspectos do campo eletromagnético terrestre. Por isso, nós utilizamos de algumas teorias de aprendizagem para que o ensino/aprendizagem fosse mais eficiente.

3.1.3.1 Teoria sociointeracionista de Lev Vygotsky

A teoria sociointeracionista de Lev Vygotsky [10,11] é uma abordagem que enfatiza o papel das interações sociais e da cultura no desenvolvimento humano e na aprendizagem. Segundo Vygotsky, o homem se constitui na relação dialética com o meio em que está inserido, internalizando as formas culturais e transformando-as. A linguagem é o principal instrumento de mediação entre o sujeito e o objeto de conhecimento, pois permite a formação de conceitos e a organização do pensamento. Por exemplo, quando uma criança aprende a palavra "cachorro", ela associa esse termo a uma imagem mental de um animal com determinadas características, que pode ser diferente da imaginada por outra pessoa. A linguagem também tem uma função social, pois possibilita o intercâmbio de experiências e informações entre as pessoas. Por exemplo, quando uma criança conversa com seus pais, ela pode aprender novas palavras, expressar seus sentimentos e necessidades, e receber orientações e feedbacks. Outro exemplo é quando uma criança brinca com seus amigos, ela pode desenvolver habilidades sociais, como cooperação, negociação e resolução de conflitos.

A aprendizagem ocorre primeiro no plano social, por meio da interação com outros indivíduos mais experientes, e depois no plano individual, por meio da internalização dos conteúdos. Vygotsky propõe o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que fornece recursos do ambiente e da vivência para facilitar o aprendizado, aproximando o aluno do objetivo da aprendizagem. Por exemplo, se uma criança possui pais que possuem o hábito da leitura, vários livros espalhados pela casa, existe uma grande possibilidade dessa criança também adquirir esse hábito.

A zona de desenvolvimento proximal representa o potencial de aprendizagem do indivíduo, que pode ser estimulado pela mediação pedagógica. A teoria sociointeracionista de Vygotsky tem como pilares básicos a concepção de que as funções psicológicas superiores são produtos da atividade cerebral, que é mutável; que o funcionamento psicológico tem como base as relações sociais, dentro de um contexto histórico; que a cultura é parte essencial do processo de construção da natureza humana; e que a relação homem-mundo é uma relação mediada por sistemas simbólicos.

Nessa perspectiva, utilizando um software como ferramenta de aprendizagem. O software pode favorecer a visualização e a simulação de fenômenos eletromagnéticos, bem como a experimentação e a resolução de problemas. Por exemplo, o software *Mozaik3D* oferece diversas simulações interativas sobre o eletromagnetismo, que permitem aos estudantes explorar os conceitos de campo elétrico, campo magnético, força eletromotriz, indução eletromagnética, entre outros. Outro exemplo é o software *GeoGebra* [12], que possibilita a construção de gráficos, figuras geométricas e equações relacionadas ao eletromagnetismo, facilitando a compreensão das relações matemáticas envolvidas.

Além disso, o uso do software pode estimular a colaboração e o diálogo entre os estudantes e o professor, promovendo a troca de ideias e a reflexão crítica. O ensino do eletromagnetismo com base na teoria sociointeracionista de Vygotsky requer uma abordagem que valorize o contexto histórico-cultural dos conceitos, a relação entre teoria e prática, a interdisciplinaridade e a participação ativa dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem.

3.1.3.2 Aprendizagem significativa de David Ausubel

A aprendizagem significativa de David Ausubel [13] é uma teoria que propõe que os alunos aprendam de forma mais eficaz quando relacionam um novo conhecimento com outro conhecimento já adquirido (um subsunçor). Para explicar esse conceito, Ausubel usa a ideia de

organizadores prévios, que são materiais ou informações que ajudam os alunos a estabelecerem conexões entre o conhecimento prévio e o novo.

Por exemplo, um organizador prévio pode ser uma analogia, uma ilustração, um resumo ou uma pergunta. Segundo Ausubel, o conhecimento prévio é a base para a construção do conhecimento novo, e o professor deve facilitar esse processo, criando situações de aprendizagem que estimulem a curiosidade, a motivação e a reflexão dos alunos. A aprendizagem significativa de Ausubel se diferencia da aprendizagem mecânica, que é baseada na memorização e na repetição sem compreensão. A aprendizagem significativa promove a retenção e a transferência do conhecimento, além de favorecer o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Uma forma de comparar a aprendizagem significativa de Ausubel com outras teorias de aprendizagem é analisar as perspectivas comportamental, cognitiva, humanista e social da aprendizagem. A perspectiva comportamental enfoca o comportamento observável dos alunos e o papel dos estímulos e reforços externos na aprendizagem. Um exemplo de teoria comportamental é o *behaviorismo* de Burrhus Skinner [14,15], que defende que a aprendizagem ocorre por meio do condicionamento operante.

A perspectiva cognitiva enfoca os processos mentais envolvidos na aprendizagem, como a percepção, a memória, o raciocínio e a resolução de problemas. Um exemplo de teoria cognitiva é o cognitivismo de Jerome Bruner [16], que defende que a aprendizagem ocorre por meio da descoberta guiada pelo professor.

A perspectiva humanista enfoca as emoções e as motivações dos alunos na aprendizagem, valorizando a autoestima, a autoexpressão e a autonomia. Um exemplo de teoria humanista é o humanismo de Carl Rogers [17], que defende que a aprendizagem ocorre por meio da facilitação do professor, que cria um clima de confiança e respeito na sala de aula.

A perspectiva social enfoca as interações sociais e culturais dos alunos na aprendizagem, destacando o papel da linguagem, da cooperação e da mediação. Um exemplo de teoria social é o sociointeracionismo de Vygotsky, que defende que a aprendizagem ocorre por meio da ZDP, como discutido no tópico anterior.

A partir dessa comparação, podemos perceber que a aprendizagem significativa de Ausubel se aproxima mais das perspectivas cognitiva e social da aprendizagem, pois considera tanto os processos mentais quanto as interações sociais dos alunos na construção do conhecimento. No entanto, Ausubel também se diferencia dessas perspectivas ao enfatizar o papel dos organizadores prévios e da estrutura cognitiva dos alunos na aprendizagem. Além disso,

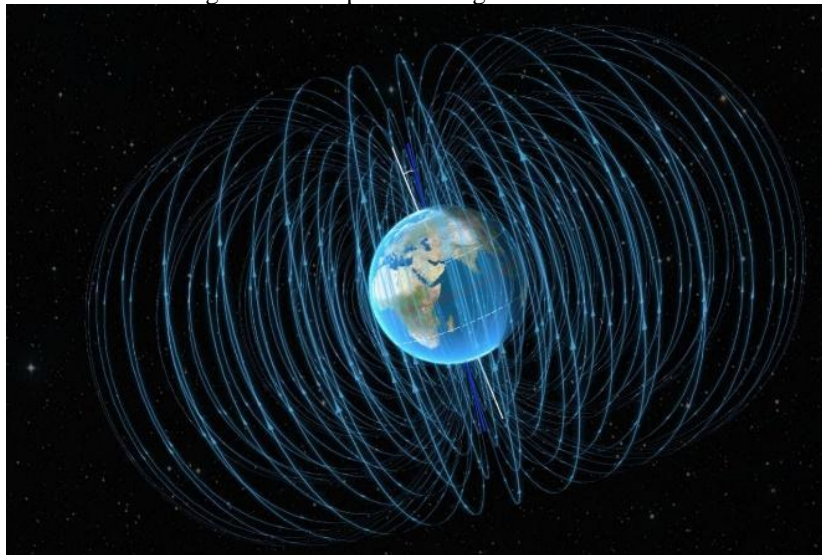
Ausubel critica tanto as teorias comportamentais quanto as teorias humanistas por ignorarem os aspectos cognitivos da aprendizagem.

3.2 SIMULADOR *Mozaik3D*

O projeto *Mozaik3D* [3] é uma iniciativa moderna que ganhou destaque recentemente, a qual oferece uma abordagem inovadora para o ensino de conceitos complexos em matemática e ciências. Desenvolvido com o objetivo de proporcionar uma experiência de aprendizado envolvente e interativa, o simulador se tornou uma ferramenta valiosa para educadores e estudantes.

Similar ao projeto *PhET* Simulações Interactivas (do inglês *Physics Education Technology*) [18], o *Mozaik3D* cria simulações interativas que permitem aos alunos explorar e descobrir os princípios subjacentes a fenômenos físicos e matemáticos de forma intuitiva e semelhante a um jogo (Figura 7). A pesquisa educacional rigorosa embutida na plataforma garante que as simulações sejam eficazes na promoção do aprendizado ativo. Assim como o *PhET*, ele oferece uma ampla gama de simulações que podem servir como um recurso visual e prático para professores e alunos.

Figura 7 - Campo eletromagnético da Terra.



Fonte: Captura de tela do aplicativo *Mozaik3d* app.

Portanto, o *Mozaik3D* se destaca como uma solução acessível e poderosa para enriquecer o ensino da física e outras disciplinas relacionadas, promovendo uma aprendizagem mais eficaz e envolvente para os alunos. Sua acessibilidade e flexibilidade tornam-no uma ferramenta valiosa no arsenal educacional, capacitando professores a inspirar o pensamento crítico e a curiosidade científica em suas salas de aula.

O *Mozaik3D* é uma ferramenta online que permite visualizar e interagir com modelos tridimensionais de objetos, animais, plantas, monumentos e muito mais. É importante saber que a plataforma limita o acesso a cinco vezes por semana, para cada conta cadastrada.

3.2.1 Tutorial para utilizar o *Mozaik3D* em notebooks e desktops

Para acessar o *Mozaik3d* no computador, notebook ou desktop, você precisa seguir alguns passos simples:

1. Acesse o site do projeto: https://www.mozaweb.com/pt_BR/index.php

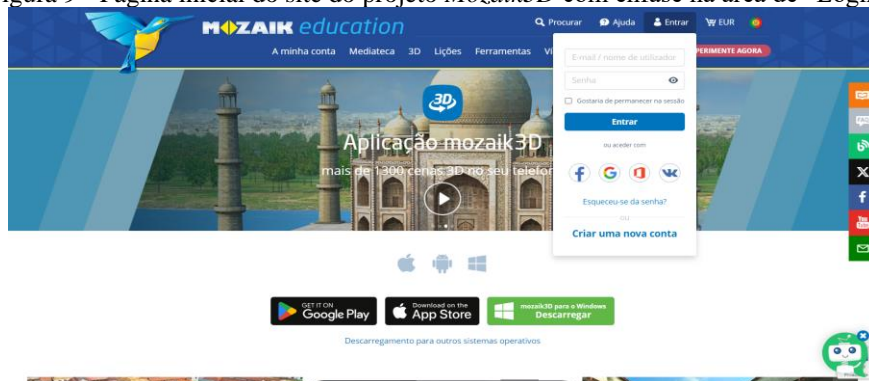
Figura 8 - Página inicial do site do projeto *Mozaik3D*.



Fonte: Captura de tela do site *MOZAIK education*.

2. Clique em "Experimente gratuitamente" e crie uma conta com seu e-mail ou faça login com o Google ou o Facebook.

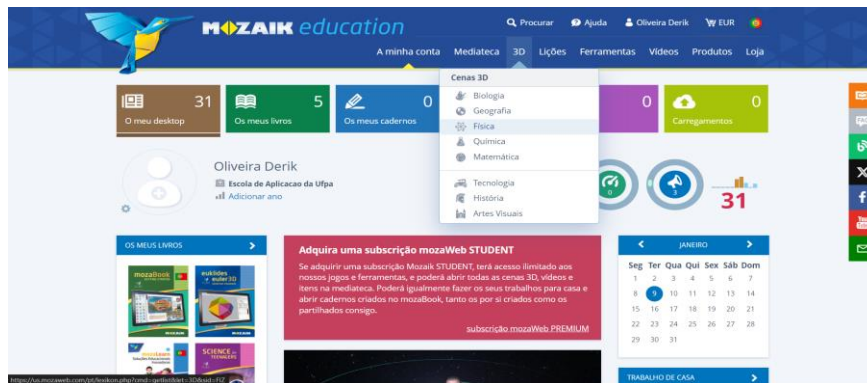
Figura 9 - Página inicial do site do projeto *Mozaik3D* com ênfase na área de "Login".



Fonte: Captura de tela do site *MOZAIK education*.

3. Escolha um dos temas disponíveis, como "Ciências", "História" ou "Arte e Cultura".

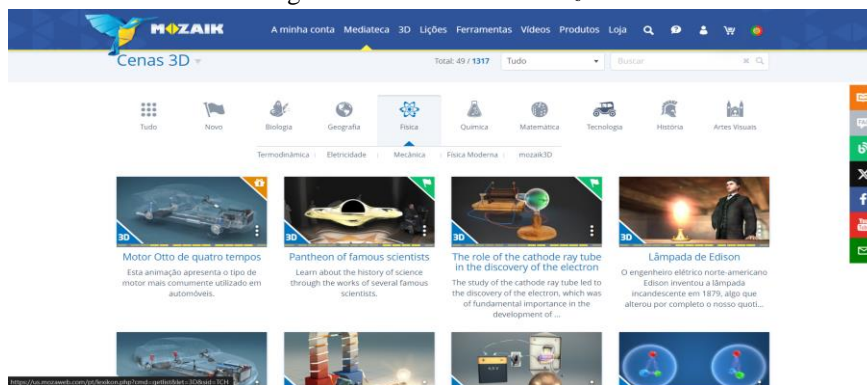
Figura 10 - Página inicial do site do projeto *MozaiK3D* com ênfase na área “temas disponíveis”.



Fonte: Captura de tela do site *MOZAIK education*.

4. Navegue pelas categorias e subcategorias até encontrar o modelo 3D que deseja explorar.

Figura 11 - Cenas 3D do *MozaiK*.



Fonte: Captura de tela do site *MOZAIK education*.

5. Clique no modelo e guarde ele carregando na tela.

Figura 12 - Acesso ao software.



Fonte: Captura de tela do site *mozik education*.

6. Use o mouse ou o teclado para girar, aproximar, afastar ou mover o modelo. Você também pode clicar nos ícones na parte inferior da tela para ativar diferentes modos de visualização, como "O campo magnético da Terra", "Animação" ou "Informações".

Figura 13 - Simulador do campo magnético da Terra na plataforma *MozaiK3D*.



Fonte: Captura de tela do software *MozaiK3D*.

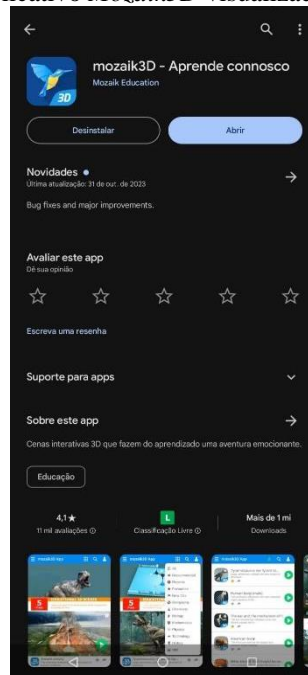
7. Aproveite o *MozaiK3D* e aprenda mais sobre o mundo ao seu redor!

3.2.2 Tutorial para utilizar o *MozaiK3D* em tablets e smartphones.

Para utilizar nos tablets e smartphones:

1. Baixe o aplicativo *MozaiK3D* na loja de aplicativos do seu celular. Ele é gratuito e compatível com Android e iOS.

Figura 14 - Aplicativo *MozaiK3D* visualizado na loja online.



Fonte: Captura de tela da loja de aplicativos *android*.

2. Abra o aplicativo e faça o login com sua conta do Google, Facebook ou e-mail. Se você não tiver uma conta, pode criar uma rapidamente.

Figura 15 - Login no aplicativo *mozaWeb*.



Fonte: Captura de tela do aplicativo *Mozaik3D app*.

3. Na tela inicial, você verá uma lista de categorias que contêm os modelos 3D disponíveis. Você pode navegar pelas categorias ou usar a lupa para pesquisar um modelo específico.

Figura 16 - Interface *Mozaik3D app*.



Fonte: Captura de tela do aplicativo *Mozaik3D app*.

4. Ao selecionar um modelo, você verá uma tela com uma breve descrição e algumas opções. Você pode tocar no ícone de play para iniciar a animação do modelo, no ícone de informações para ver mais detalhes sobre ele.

Figura 17 - Acesso ao simulador “O campo magnético da Terra”.



Fonte: Captura de tela do aplicativo *Mozaik3d* app.

5. Para interagir com o modelo, você pode usar gestos na tela para girar, aproximar ou afastar o modelo. Você também pode tocar em partes específicas do modelo para ver seus nomes e funções.

Figura 18 – Simulador do campo magnético da Terra na *app Mozaik3D*.



Fonte: Captura de tela do software *Mozaik3D*.

6. Para sair do modelo, basta tocar no botão de voltar no seu dispositivo superior.

3.3 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

A educação é um processo contínuo de aprendizado e descoberta. Para facilitar esse processo, é essencial empregar metodologias de ensino eficazes que possam envolver os alunos e tornar o aprendizado uma experiência enriquecedora. Neste contexto, apresentamos uma metodologia inovadora para ensinar os alunos sobre o campo eletromagnético da Terra. Esta metodologia, inspirada nas teorias de aprendizagem de Vygotsky e Ausubel, foi projetada para

promover a interação social e a aprendizagem significativa. Através de uma combinação de discussões em sala de aula, avaliações de conhecimento prévio, contextualização histórica e aprendizado visual e interativo, esta metodologia visa aumentar a compreensão dos alunos sobre o campo eletromagnético da Terra e suas influências na vida humana. A seguir, detalharemos cada etapa desta metodologia e discutiremos sua eficácia com base nos resultados obtidos.

Etapa 1 - Discussão em Sala de Aula: A primeira etapa envolveu uma discussão em sala de aula sobre o eletromagnetismo da Terra. Isso proporcionou aos alunos uma introdução ao tópico, servindo como um organizador prévio [13], e preparou os alunos para um aprendizado mais aprofundado. Além do mais, nos permitiu sondar alguns aspectos socioambientais do cotidiano dos alunos.

Etapa 2 - Aplicação de Questionário (Pré-análise): Após a discussão inicial, foi aplicado o questionário 01 aos alunos de maneira a avaliar seu conhecimento prévio sobre o assunto.

Etapa 3 - Apresentação da História do Eletromagnetismo: Em seguida, foi apresentada aos alunos a história do eletromagnetismo. Isso ajudou a contextualizar o assunto e a despertar o interesse dos alunos.

Etapa 4 - Uso do simulador *Mozaik3D*: A quarta etapa da metodologia envolveu a utilização do simulador *Mozaik3D*, uma ferramenta educacional interativa. Este *software* apresenta, de forma visual e interativa, como o campo eletromagnético é gerado e as influências que exerce na Terra e na vida humana.

Através do simulador, os alunos puderam visualizar e entender melhor conceitos complexos, como a orientação de uma bússola pelo campo magnético da Terra. Foi explicado que a agulha de uma bússola é atraída pelo campo magnético da Terra, o que permite que ela aponte para o norte magnético, que é ligeiramente diferente do norte geográfico devido à diferença entre os polos geográficos e magnéticos.

Além disso, os alunos aprenderam sobre fenômenos naturais fascinantes, como as auroras boreal e austral. Essas exibições de luzes coloridas no céu ocorrem quando partículas carregadas do sol interagem com o campo magnético da Terra, criando um espetáculo visual impressionante.

Essa etapa permitiu aos alunos não apenas entender o conceito de campo eletromagnético, mas também apreciar suas manifestações práticas e sua beleza natural.

Etapa 5 - Aplicação de Questionário Final: Após a conclusão do projeto, foi aplicado o questionário 02 para avaliar o entendimento dos alunos sobre o campo eletromagnético da Terra.

Esta etapa final é crucial para medir o impacto do projeto e a eficácia da metodologia utilizada. Através deste questionário final, é possível quantificar o aumento no entendimento dos alunos e identificar áreas que podem precisar de mais atenção no futuro. Isso reforça a importância de avaliar continuamente o progresso dos alunos e adaptar as estratégias de ensino para atender às suas necessidades de aprendizado.

4 RESULTADOS

O projeto foi aplicado nas salas de aula do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), em Abaetetuba para os alunos do terceiro ano dos cursos de “Meio Ambiente”, “Mecânica” e “Informática”.

4.1 ETAPA 1: DISCUSSÃO EM SALA DE AULA

Antes de aplicar o primeiro questionário (Etapa 2), houve uma breve conversa entre o professor e os alunos. O objetivo era criar uma ZDP [10,11], gerando um clima de curiosidade e expectativa, onde os estudantes se sentissem à vontade e instigados a aprender um pouco mais sobre o eletromagnetismo. Consideramos que obtivemos êxito nessa proposta, pois os estudantes compartilharam suas percepções iniciais e seus entendimentos sobre o eletromagnetismo.

O professor supervisor do IFPA nos auxiliou na aplicação do projeto, explicando a importância desse tema e como ele permeia nossas vidas, desde os dispositivos eletrônicos que usamos até os fenômenos naturais que observamos. Ele destacou que o projeto seria uma jornada de descoberta, desafiando os alunos a explorar conceitos complexos e a aplicá-los em situações práticas.

As turmas, somando um total de 60 alunos, estavam prestes a embarcar em uma jornada de aprendizado. O professor incentivou a colaboração, a troca de ideias e a busca por conexões com o conhecimento prévio de cada um (subsunçores) [10,13].

4.2 ETAPA 2: APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO 01: AVALIANDO O CONHECIMENTO PRÉVIO

Na aplicação do primeiro questionário, tínhamos como objetivo coletar informações sobre os conhecimentos prévios dos alunos na área de eletromagnetismo, de maneira a tornar mais eficiente a aplicação do projeto, que utilizaria tais conhecimentos para investigar os fenômenos relacionados ao campo eletromagnetismo terrestre. Além do mais, também serviria como parâmetro para que analisássemos ao final, a eficiência da metodologia proposta.

Os resultados revelaram um cenário em que apenas 10% dos alunos dos cursos de meio ambiente, mecânica e informática demonstraram familiaridade com o tema, como apresentado na Figura 19. A maioria dos estudantes apresentava lacunas significativas em relação ao eletromagnetismo.

Essa constatação inicial foi crucial para a definição das estratégias de ensino. Com base nas teorias de Vygotsky e Ausubel, o projeto buscou preencher essas lacunas e promover uma aprendizagem mais eficaz.

Figura 19 - Resultado do questionário 01.



Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados coletados.

4.2.1 Pontos relevantes no questionário 01

a) *Desconhecimento sobre a área de investigação:* A primeira aplicação do questionário evidenciou que o eletromagnetismo não era um tópico amplamente compreendido pelos alunos. Muitos não conseguiam explicar os conceitos básicos relacionados a campos elétricos, magnéticos, correntes elétricas e suas interações.

b) *Identificação das Necessidades:* A análise dos resultados permitiu identificar as necessidades específicas de cada grupo de alunos. Alguns careciam de conhecimentos básicos, enquanto outros tinham noções vagas que precisavam ser consolidadas.

c) *Desafios Iniciais*: O baixo aproveitamento inicial também destacou os desafios enfrentados pelo professor. Era necessário encontrar abordagens que estimulam o interesse e a compreensão dos alunos, considerando suas diferenças individuais.

4.3 ETAPAS 3 e 4: APLICAÇÃO DO PROJETO

Durante a aplicação do projeto, os alunos tiveram uma introdução à história do eletromagnetismo. Logo após, foi apresentado o software *Mozaik3D*, que está disponível para download na loja de aplicativos dos smartphones. Os alunos foram incentivados a baixar o aplicativo para interagir de maneira mais eficaz com o simulador, utilizando seus smartphones como recurso didático.

No decorrer da atividade, foi realizado um experimento prático com um eletroímã interagindo com um neodímio e um ímã interagindo com malhas de ferro. Onde houve um incidente em que um dos ímãs foi acidentalmente quebrado por um aluno. Isso se tornou uma oportunidade interessante para discutir a inexistência do monopolo magnético, já que os ímãs quebrados não se juntam novamente.

Após a apresentação inicial, o notebook foi disponibilizado para que os alunos pudessem interagir com o simulador, considerando que nem todos possuíam um smartphone. A aplicação do projeto ocorreu de maneira tranquila e contou com uma participação ativa dos alunos. Eles fizeram várias perguntas sobre o campo eletromagnético da Terra e outros tópicos relacionados. Inclusive, chegamos a discutir sobre a teoria da Terra plana, uma dúvida que foi esclarecida durante a atividade.

Portanto, a implementação do projeto foi um sucesso, proporcionando aos alunos uma experiência educativa interativa e esclarecedora. Através do uso de ferramentas digitais e experimentos práticos, os alunos puderam explorar e entender melhor o conceito de eletromagnetismo.

Figura 20 – Aplicação do projeto.

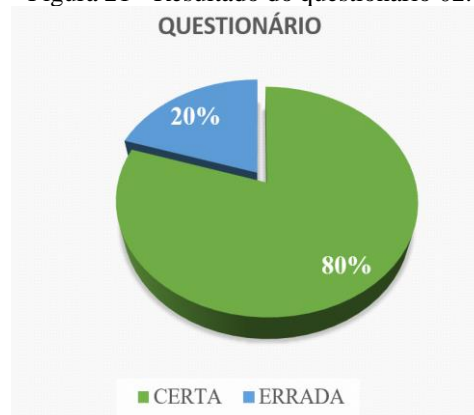


Fonte: Acervo pessoal.

4.4 ETAPA 5: APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO 02: AVALIANDO O IMPACTO DO PROJETO DE ELETROMAGNETISMO DA TERRA

Após a implementação do projeto de eletromagnetismo da Terra, foi conduzida uma segunda aplicação do questionário. O objetivo era avaliar o impacto das estratégias de ensino implementadas baseadas nas teorias de Vygotsky e Ausubel, assim como dos recursos tecnológicos utilizados como ferramenta de aprendizagem. Os resultados revelaram mudanças significativas:

Figura 21 - Resultado do questionário 02.



Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados coletados.

4.4.1 Pontos relevantes no questionário 02

- a) Aproveitamento Aprimorado: O aproveitamento dos alunos aumentou consideravelmente. Agora, 80% dos estudantes demonstraram compreensão sobre conceitos relacionados ao eletromagnetismo como apresentado na figura 17. Esse progresso é um indicativo positivo da eficácia do projeto.
- b) Conexões com o Conhecimento Prévio: A abordagem de Ausubel, que enfatiza a aprendizagem significativa, mostrou resultados promissores. Os alunos conseguiram relacionar os novos conteúdos com seus conhecimentos prévios, tornando a aprendizagem mais sólida e duradoura.
- c) Atividades Colaborativas: A aplicação da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) de Vygotsky também desempenhou um papel crucial. A criação da ZDP com as atividades colaborativas, permitiu que os alunos compartilhassem experiências e construíssem os conhecimentos em conjunto.
- d) Desafios Contínuos: Apesar dos avanços, ainda enfrentamos desafios. Alguns alunos apresentam dificuldades específicas. Isso nos mostra que o professor deve continuar se

adaptando e cada vez mais se qualificando, aprendendo novas estratégias de ensino e teorias de aprendizagem capazes de atender às necessidades específicas e individuais dos alunos.

5 CONCLUSÃO

A conclusão deste projeto de ensino sobre o campo eletromagnético da Terra nos oferece várias percepções valiosas. Primeiramente, a eficácia da metodologia adotada é evidente pelo aumento significativo na compreensão dos alunos sobre o campo eletromagnético da Terra. O fato de que a compreensão dos alunos aumentou de apenas 10% para 80% é um testemunho do sucesso da metodologia empregada e do esforço coletivo de todos os envolvidos.

A metodologia utilizada está fortemente alinhada com as teorias de aprendizagem de Vygotsky e Ausubel. A ênfase de Vygotsky na interação social foi incorporada através das discussões em sala de aula e do uso do *software Mozaik3D*. Isso permitiu aos alunos aprenderem uns com os outros e com o professor, promovendo um ambiente de aprendizado colaborativo.

Por outro lado, a teoria de Ausubel sobre aprendizagem significativa foi refletida na maneira como o novo conhecimento sobre o campo eletromagnético foi conectado ao conhecimento prévio dos alunos (subsúcores). A apresentação da história do eletromagnetismo e a visualização interativa do campo eletromagnético através do *software Mozaik3D* ajudaram os alunos a relacionar o novo conhecimento com o que já sabiam, facilitando a aprendizagem significativa.

No entanto, apesar do sucesso do projeto, ainda há espaço para melhorias. Ainda há 20% dos alunos que não compreenderam completamente o conteúdo, o que indica a necessidade de estratégias de ensino diferenciadas para atender às necessidades de aprendizado variadas dos alunos. Isso nos lembra que, embora tenhamos feito progressos significativos, ainda há espaço para melhorias. Devemos continuar a adaptar e aprimorar nossas estratégias de ensino para garantir que todos os alunos possam se beneficiar de tais iniciativas educacionais no futuro.

Além disso, é importante refletir sobre o impacto a longo prazo deste projeto. A compreensão do campo eletromagnético da Terra é fundamental para muitos aspectos da ciência e da tecnologia. Ao equipar os alunos com esse conhecimento, estamos preparando-os para futuras explorações e descobertas científicas. Estamos também cultivando uma apreciação pela ciência e pelo mundo natural, o que pode inspirar os alunos a buscar carreiras em campos científicos e tecnológicos.

Portanto, este projeto demonstrou a eficácia de uma abordagem de ensino que combina interação social e aprendizagem significativa. Ele ressalta a importância de métodos de ensino

inovadores e interativos na educação científica e serve como um modelo para futuros projetos de ensino. A jornada de aprendizado é contínua e devemos nos esforçar para alcançar uma compreensão de 100% entre todos os alunos, pois cada aluno é importante e cada mente que iluminamos é um passo em direção a um futuro mais brilhante. Afinal, a educação é a chave para o progresso e a inovação, e cada passo que damos nessa direção nos aproxima de um futuro mais brilhante e promissor.

REFERÊNCIAS

- [1] HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- [2] BISCUOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H. **Tópicos de Física: Eletricidade, Física Moderna, Análise Dimensional**. 18. ed. São Paulo: Saraiva, 2012. v. 3.
- [3] **MOZAIK education**. Disponível em: <https://www.mozaweb.com/pt/index.php>. Acesso em: 14 Mar. 2024.
- [4] BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- [5] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. **Física 3**. 5. ed. São Paulo: LTC, 2004.
- [6] NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: Eletromagnetismo**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2015. v. 3.
- [7] GRIFFITHS, D. J. **Eletrodinâmica**. 3. ed. São Paulo: PEARSON, 2010.
- [8] REITZ, J. R.; MILFORD, F. J.; CHRISTY, R. W. **Fundamentos da Teoria Eletromagnética**. 3. ed. Rio de Janeiro: CAMPUS, 1982.
- [9] MOTA, E. A. V. **Equações de Maxwell**. Curso de Licenciatura em Física. Data completa 2023. Notas de Aula. Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Pará – Campus Abaetetuba.
- [10] MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. Rio de Janeiro: LTC, 2021.
- [11] ROMERO, P. **Breve estudo sobre Lev Vygotsky e o sociointeracionismo**. 2015. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/15/8/breve-estudo-sobre-lev-vygotsky-e-o-sociointeracionismo>. Acesso em: 14 Mar. 2024.
- [12] **Geogebra - aplicativos matemáticos**. Disponível em: <https://www.geogebra.org>. Acesso em: 3 fev. 2024.
- [13] AUSUBEL, D. **Teoría del aprendizaje significativo**. Fascículos de CEIF, 1, 1-10, 1983.
- [14] SKINNER, B. F. **Sobre o behaviorismo**. São Paulo: Cultrix, 1974.

[15] TOURINHO, E. Z. **Behaviorismo radical, representacionismo e pragmatismo.** Temas em Psicologia, *n.2*, p. 41-56, 1996.

[16] CORREIA, M. F. B. **A constituição social da mente: (re)descobrimo Jerome Bruner e construção de significados.** Estudos de Psicologia, 8(3), 505- 513, 2003.

[17] SOUSA, I. S. **Estreitando caminhos para a aprendizagem: Carl Rogers e a teoria da aprendizagem centrada no aluno.** Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação, 7(11), 1904–1915, 2021

[18] **PhET – Physics Education Technology.** Disponível em <http://phet.colorado.edu/>. Acesso em: 14 Mar. 2024.

ANEXO A - QUESTIONÁRIO 01

1. Como é formado o campo eletromagnético terrestre?

- (A) Pela alta temperatura, pelas correntes de convecção e pelo efeito coriolis no núcleo externo da Terra.
- (B) Pela baixa temperatura, pelas correntes de convecção e pelo efeito coriolis na crosta da Terra.
- (C) Pela alta temperatura, pelas correntes de indução e pelo efeito doppler no núcleo interno da Terra.
- (D) Pela baixa temperatura, pelas correntes de indução e pelo efeito doppler na crosta da Terra.

Resposta correta: (A)

2. Qual é a localização dos polos magnéticos da Terra?

- (A) Eles coincidem com os polos geográficos da Terra.
- (B) Eles se encontram em direções opostas aos polos geográficos da Terra.
- (C) Eles se encontram em direções perpendiculares aos polos geográficos da Terra.
- (D) Eles se encontram em direções aleatórias aos polos geográficos da Terra.

Resposta correta: (B)

3. Qual é a função do campo eletromagnético terrestre?

- (A) Ele permite o desenvolvimento das bússolas e a orientação dos navegadores.
- (B) Ele protege a Terra contra as partículas vindas dos ventos solares e a radiação cósmica.
- (C) Ele influencia o clima, as estações do ano e os fenômenos naturais da Terra.
- (D) Ele permite o desenvolvimento das bússolas, protege a Terra contra as partículas vindas dos ventos solares e influencia o clima da Terra.

Resposta correta: (D)

4. Qual é a importância do campo eletromagnético terrestre para a vida na Terra?

- (A) Ele mantém a atmosfera e a camada de ozônio que protegem a Terra da radiação ultravioleta prejudicial.
- (B) Ele possibilita a comunicação entre os seres humanos por meio de ondas de rádio, televisão e internet.
- (C) Ele produz fenômenos visuais como a aurora boreal e a aurora austral nas regiões polares da Terra.

(D) Ele mantém a atmosfera, possibilita a comunicação e produz fenômenos visuais na Terra.

Resposta correta: (D)

5. Como a bússola indica a direção do norte magnético da Terra?

(A) Porque a agulha da bússola é atraída pelo polo norte geográfico da Terra.

(B) Porque a agulha da bússola é repelida pelo polo sul magnético da Terra.

(C) Porque a agulha da bússola é atraída pelo polo norte magnético da Terra.

(D) Porque a agulha da bússola é repelida pelo polo sul geográfico da Terra.

Resposta correta: C

ANEXO B – QUESTIONÁRIO 2

1. O que acontece quando os polos magnéticos da Terra se invertem?

- (A) A Terra gira em sentido contrário.
- (B) A Terra muda de forma.
- (C) O campo magnético da Terra muda de direção.
- (D) O campo magnético da Terra desaparece.

Resposta correta: C

2. O que é uma ejeção de massa coronal?

- (A) É uma explosão de gás e poeira que ocorre em uma estrela.
- (B) É uma erupção de plasma que ocorre na atmosfera do Sol.
- (C) É uma colisão de partículas que ocorre no espaço.
- (D) É uma emissão de luz que ocorre em um buraco negro.

Resposta correta: (B)

3. O que são as auroras boreal e austral?

- (A) São nuvens coloridas que se formam no céu.
- (B) São ventos fortes que sopram nas regiões polares.
- (C) São brilhos coloridos que se formam no céu.
- (D) São chuvas de meteoros que caem na Terra.

Resposta correta: C

4. O que causa a deformação do campo eletromagnético?

- (A) A interação com outras cargas ou campos.
- (B) A movimentação das placas tectônicas na Terra.
- (C) A variação da temperatura na Terra.
- (D) A atração da Lua sobre a Terra.

Resposta correta: A

5. O que é o planeta como um dínamo?

- (A) É uma teoria que explica a origem do campo gravitacional da Terra.
- (B) É uma teoria que explica a origem do campo elétrico da Terra.
- (C) É uma teoria que explica a origem do campo de radiação da Terra.

(D) É uma teoria que explica a origem do campo magnético da Terra.

Resposta correta: D