

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE  
DO NORTE  
CAMPUS NATAL-CENTRAL/ DIRETORIA ACADÊMICA DE CIÊNCIAS  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
POLO 10

Cleberon de Souza Fernandes

**DISSERTAÇÃO**

Avaliação sobre do uso do *software Modellus*: Uma proposta educacional da  
Eletrostática para o ensino de surdos.

Natal  
2024



Cleberon de Souza Fernandes

Avaliação sobre o uso do *software Modellus*: Uma proposta educacional da Eletrostática para o ensino de surdos.

Esta é a dissertação com título: O USO DO *SOFTWARE* MODELLUS: UMA PROPOSTA EDUCACIONAL DA ELETROSTÁTICA PARA O ENSINO DE SURDOS, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 10 – IFRN/Natal-RN, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador (a): Antônio Marques dos Santos  
Coorientador (a): Vanessa Gosson Gadelha de Freitas Fortes

Natal  
2024



Fernandes, Cleberson de Souza.

F363a Avaliação sobre o uso de software modellus : uma proposta educacional da eletrostática para o ensino de surdos / Cleberson de Souza Fernandes. – 2025.

1 recurso online: PDF.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2025.

Orientador(a): Dr. Antônio Marques dos Santos.

Coorientador(a): Vanessa Gosson Gadelha de Freitas Fortes.

1. Física – Ensino. 2. Educação inclusiva. 3. Ensino – Surdos. 4. Software *Modellus* – Simulação. 5. Eletrostática. I. Título.

SiBI/IFRN

CDU 53:376

Cleberson de Souza Fernandes

Avaliação sobre o uso do *software Modellus*: Uma proposta educacional da Eletrostática para o ensino de surdos.

Dissertação apresentada no Polo 10 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Instituição de ensino Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Atividades Computacionais.

Aprovado em 12 de março de 2025.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **ANTONIO MARQUES DOS SANTOS**  
Data: 26/07/2025 10:25:22-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. D. Sc Antônio Marques dos Santos - Orientador  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Campus Natal Central

Documento assinado digitalmente  
 **EDEMERSON SOLANO BATISTA DE MORAIS**  
Data: 04/07/2025 15:36:45-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. D. Sc Edemerson Solano Batista de Moraes - Examinador 1 -  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Campus Natal Central

Documento assinado digitalmente  
 **DENISE ANDRADE DO NASCIMENTO**  
Data: 25/07/2025 11:15:27-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>a</sup> D. Sc Denise Andrade do Nascimento - Examinadora 2 -  
Universidade Federal De Roraima

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, aos meus pais e a minha família que me apoiou durante todo o Mestrado.

Agradeço aos meus orientadores, Prof. Dr. Antônio Marques e Prof. Dra. Vanessa Fortes pela disponibilidade, paciência e toda ajuda para compor meu trabalho.

Agradeço a todos os alunos que me ajudaram e me incentivaram a fazer meu trabalho e ao Centro de Atendimento aos Surdos por ceder o espaço para a aplicação do produto.

Agradeço a minha turma de mestrandos que me apoiou e ajudou em todo o período a pós-graduação.

Agradeço a todos os meus amigos que me incentivaram em todos os momentos durante todo o período da pós-graduação.

Agradeço a todos os meus professores e ex-professores do IFRN-CNAT que sempre estavam à disposição e ajudaram durante todo o período da pós-graduação.

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte pelo apoio e pelas oportunidades oferecidas pela instituição.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.



## RESUMO

A Educação Inclusiva, ao longo das últimas décadas, vem requerendo imperativamente mudanças substanciais no contexto da educação brasileira, o que também tem desencadeado discussões teóricas e formalizando políticas que possibilitem o acesso, permanência com êxito nos espaços educacionais. Nessa visão, foi desenvolvido um trabalho no qual tem como objetivo auxiliar o professor com os conteúdos do raio, relâmpago e trovão dentro da Educação Inclusiva, mais precisamente na área de Surdez. Através de motivações dentro do IFRN-CNAT, o autor acredita na possibilidade de aumentar o referencial teórico dentro do Ensino de Física. O trabalho abaixo atingiu seu objetivo, assim, podendo ser utilizado pelos professores.

**Palavras-chaves:** educação inclusiva; surdez; eletrostática; ensino de física; simulação.

## ABSTRACT

Inclusive Education, over the last decades, has imperatively required substancial chandes in the context of Brazilian education, which has also triggered theoretical discussions and formalized policies that enable access and successful permanence in educational spaces. In this view, a work was developed that aims to assist teachers with the contents of lightning, thunder and thunder within Inclusive Education, more precisely in the area of Deafness. Through motivations within the IFRN-CNAT, thie author believes in the possibility of increasing the theoretical framework within Physics Teaching. The worf below achieved its oobjective, thus, it can be use by teachers.

**Key-words:** inclusive education; deafness; electrostatic; physics teaching; simulation.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

- NEE- Necessidades Educacionais Específicas;
- INES- Instituto Nacional de Educação de Surdos;
- PCD- Pessoa com Deficiência;
- LIBRAS- Língua Brasileira de Sinais.
- DA- Deficiência Auditiva

# Sumário

|          |                                                                                                          |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução</b>                                                                                        | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Ensino de Física e Teorias da Aprendizagem</b>                                                        | <b>6</b>  |
| 2.1      | História da Educação dos Surdos no Brasil . . . . .                                                      | 6         |
| 2.2      | A Educação de Alunos com Deficiência Auditiva/Surdez . . . . .                                           | 8         |
| 2.2.1    | Compreendendo a Deficiência Auditiva . . . . .                                                           | 8         |
| 2.2.2    | Pensando os processos educativos para a inclusão de alunos surdos na escola:<br>uma introdução . . . . . | 9         |
| 2.3      | O Ensino de Física na Educação Inclusiva- contribuições de Vygotsky e Ausubel . .                        | 10        |
| 2.3.1    | O Ensino de Física na Educação Inclusiva: promovendo a acessibilidade e<br>equidade . . . . .            | 11        |
| <b>3</b> | <b>A Física por trás da simulação</b>                                                                    | <b>13</b> |
| 3.1      | A Eletrostática . . . . .                                                                                | 13        |
| 3.1.1    | Lei de Coulomb . . . . .                                                                                 | 13        |
| 3.1.2    | Campo Elétrico . . . . .                                                                                 | 13        |
| 3.1.3    | Potencial Elétrico . . . . .                                                                             | 16        |
| 3.1.4    | Diferença de Potencial . . . . .                                                                         | 17        |
| 3.1.5    | A Eletrostática na atmosfera . . . . .                                                                   | 17        |
| 3.2      | O <i>software Modellus</i> . . . . .                                                                     | 18        |
| 3.3      | Da instalação do <i>software</i> . . . . .                                                               | 19        |
| 3.4      | A elaboração do produto . . . . .                                                                        | 19        |
| <b>4</b> | <b>Metodologia de aplicação</b>                                                                          | <b>20</b> |
| 4.1      | Descrição da proposta educacional . . . . .                                                              | 20        |
| 4.2      | Estrutura das aulas . . . . .                                                                            | 20        |
| 4.3      | Aplicando o produto . . . . .                                                                            | 21        |
| 4.3.1    | Perguntas feitas para os alunos . . . . .                                                                | 22        |
| 4.3.2    | Perguntas feitas para o professor . . . . .                                                              | 23        |
| <b>5</b> | <b>Resultados e discussões</b>                                                                           | <b>26</b> |
| 5.1      | Resultados dos alunos . . . . .                                                                          | 26        |
| 5.2      | Resultados do professor . . . . .                                                                        | 29        |
| <b>6</b> | <b>Considerações finais</b>                                                                              | <b>32</b> |

# Capítulo 1

## Introdução

A Educação Inclusiva, ao longo das últimas décadas, vem requerendo imperativamente mudanças substanciais no contexto da educação brasileira, o que também tem desencadeado discussões teóricas e formalizando políticas que possibilitem o acesso, permanência com êxito nos espaços educacionais.

O envolvimento no ambiente escolar de alunos com algum tipo de necessidades educacionais específicas, mais propriamente, os que são discentes com deficiência auditiva, particularmente os que são surdos, tem se tornado um desafio a ser enfrentado devido ao principal desafio que é a comunicação, que em sua grande maioria ocorre por meio da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), que se configura como uma língua espaço-visual diferente da Língua Portuguesa.

Nas escolas brasileiras, o acesso ainda continua bem restrito aos intérpretes de LIBRAS, fato que foi prorrogado até meados do século XXI, no Brasil, somente em 2002, através da Lei nº 10.436 de 24 de abril, a LIBRAS é oficializada e torna-se um meio de comunicação legal dentro do país. Mas, essa lei ainda é muito nova para todo o contexto histórico, com apenas 22 anos de vigência, mostrando uma demora para a LIBRAS ser reconhecida. Hodiernamente, ainda existe muitas barreiras a serem vencidas para poder ter uma eficiência maior no ensino de surdos, desde a preparação do professor durante o curso de Licenciatura, até a Língua de Sinais como segunda língua obrigatória dentro do país.

Nessa conjuntura, emerge o nosso interesse em desenvolver um trabalho específico no ensino de Física, fato que foi motivado também pela participação do autor na monitoria inclusiva no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), no setor do Núcleo de Apoio às Pessoas com Necessidades Educativas Específicas (NAPNE) do IFRN *campus* Natal-Central durante o período de 2018 e 2019, onde trabalhou com alunos cegos e com deficiência cognitiva. Sabendo disso, o mestrando acredita em uma educação inclusiva melhor e propõe um trabalho que visa auxiliar e complementar os referenciais teóricos dentro do Ensino de Física.

Desta feita, o presente trabalho dissertativo visa contribuir com a Educação Inclusiva, mais precisamente na área da Surdez e tem como objetivo geral analisar o potencial do *software Modellus* como ferramenta educacional para a eletrostática no ensino de surdos e como objetivos específicos de investigar essa potencialidade e desenvolver atividades para o ensino de surdos. Para alcançar esses objetivos, desenvolvemos uma revisão bibliográfica, com bases nos seguintes autores: Silva e Nembri (2008); Lodi, Harrison e Campos (2006); Costa (2006); entre outros autores.

Quanto a estrutura do trabalho dissertativo, ele está organizado em capítulo, tendo o primeiro como o introdutório, logo em seguida, a revisão literária. O terceiro, sobre o produto educacional. O quarto capítulo será tratado a metodologia de aplicação. O quinto será apresentado os resultados e discussões e finalizando com as considerações finais.

## Capítulo 2

# Ensino de Física e Teorias da Aprendizagem

### 2.1 História da Educação dos Surdos no Brasil

A história da educação dos surdos no Brasil é marcada por uma trajetória complexa e desafiadora, permeada por avanços e retrocessos ao longo de séculos. Desde os primórdios da colonização, os surdos foram marginalizados e privados de acesso à educação formal. No entanto, ao longo do tempo, diversas iniciativas foram surgindo, impulsionadas pelo reconhecimento da importância da inclusão e da igualdade de oportunidades educacionais para todos os cidadãos.

Podemos observar a conjuntura acima mencionada, ao iniciarmos o nosso trajeto histórico no período colonial, a educação dos surdos no Brasil era praticamente inexistente, refletindo a falta de políticas públicas voltadas para essa parcela da população. Os surdos eram frequentemente excluídos do convívio social e educacional, sendo relegados à marginalidade e a incompreensão por parte da sociedade.

Contudo, em séculos XVI, XVII e XIX, ocorrem as experiências exitosas com a educação de surdos que resultaram em períodos denominadas como: oralismo, comunicação total e bilinguismo. O primeiro se remota ao século XVIII, em que segundo Silva e Nembri (2008) se privilegiou a escrita e a fala. Nessa época, os surdos eram forçados a oralizarem e a escrever, deixando a língua de sinais como um meio inviável para a comunicação. Destacamos que a filosofia oralista predominou em todo o mundo até meados da década de 1960 (MARTINS, 2015).

Quanto ao surgimento do segundo período educacional, a comunicação total, Martins (2015) destaca que ela se consolida quando William Stokoe publica o artigo *Sign Language Structure: An Outline of the Usual Communication System of the American Deaf*, demonstrando que a língua de sinais americana era uma língua com características orais. Desse contexto, surge várias pesquisas sobre a língua de sinais, que até então estava relegada a segundo plano. Esse trajeto ocasiona o surgimento da comunicação total, cuja filosofia defendia o uso tanto do oralismo quanto da língua de sinais, como podemos observar na citação a seguir:

[...] nessa abordagem era aceito o uso de todas as formas de linguagem: oral, visual e gestual para o estabelecimento de uma comunicação entre surdo/surdo e surdo e ouvinte. Nessa proposta, a língua de sinais era aceita como um recurso favorável à comunicação dos surdos com os ouvintes, entretanto, a língua de sinais não era concebida com o status de língua efetiva. Era, posso dizer, um complemento, suporte para a comunicação via língua majoritária, esta sim, creditada como verdadeira língua (SOUZA, 2011, p.266)

Contudo, surgiu um movimento a favor do uso da língua de sinais e, com ele, uma perspectiva bilíngue em meados da década de 80. Essa corrente, segundo Silva e Nembri (2008, p.10), “A língua de sinais, na perspectiva do bilinguismo, é assumida como primeira língua, respeitando a diversidade cultural e linguística dos surdos”. Sendo assim, essa corrente aceita a língua de sinais como sendo uma comunidade linguística, fazendo assim a sua imersão dentro da sociedade.

Quanto ao contexto nacional, até meados do século XIX, mais precisamente, até 1835, não havia qualquer ocorrência educacional voltada para pessoas com deficiência. Posteriormente, surgiram os primeiros esforços para proporcionar educação ao surdo no país, tendo destaque para as iniciativas pioneiras de educadores como Alexander Graham Bell e a fundação, em 1857, do Instituto Imperial de Surdos-Mudos, que mais tarde passaria a se chamar Instituto Nacional de Educação de Surdos (INES) no Rio de Janeiro. O INES desempenhou um papel crucial na promoção da educação dos surdos, desenvolvendo métodos pedagógicos inovadores e capacitando profissionais especializados na área.

Ao longo do século XX, a educação dos surdos no Brasil passou por transformações significativas, impulsionadas pelo surgimento de movimentos sociais e pela promulgação de legislações voltadas para a inclusão e a acessibilidade. A Constituição de 1988, por exemplo, estabeleceu a garantia do direito à educação para todos, sem discriminação de qualquer natureza, abrindo caminho para a implementação de políticas públicas inclusivas.

Nesse contexto, a Educação Inclusiva vem sendo um grande debate na educação brasileira e tem sido discutida por alguns dos maiores pensadores do nosso tempo. Vale ressaltar que a inclusão é muito importante para a vida dos alunos com NEE. A inclusão garante a sua participação na sociedade e que mais estudantes tenham os direitos e responsabilidades para serem recolhidos pela sociedade. Esta é uma questão muito importante e nesse contexto, a educação dos surdos emergiu como uma área necessitada de estratégias educativas para garantir uma aprendizagem eficaz e significativa às pessoas surdas.

No entanto, apesar dos avanços alcançados, a educação dos surdos no Brasil ainda enfrenta desafios consideráveis. A falta de formação adequada de professores especializados, a escassez de recursos didáticos adaptados e as barreiras de comunicação persistem como obstáculos à plena inclusão dos surdos no sistema educacional.

Para superar esses desafios, é fundamental investir na formação continuada de professores, na produção de materiais didáticos acessíveis e na adoção de práticas pedagógicas inclusivas. Além disso, é necessário promover a conscientização e o respeito à diversidade, reconhecendo os surdos como sujeitos de direito e agentes ativos na construção de uma sociedade mais justa e inclusiva.

Em suma, a história da educação dos surdos no Brasil reflete a luta constante por igualdade e dignidade, marcada por avanços significativos, mas também por desafios persistentes. Somente através do compromisso coletivo com a inclusão e o respeito à diversidade será possível construir uma sociedade verdadeiramente inclusiva, onde todos tenham oportunidades iguais de acesso à educação e ao desenvolvimento pleno de seus potenciais.

Finalmente, existe um problema maior: faltam referências teóricas para o ensino de Física aos surdos. A recuperação de dados ainda é muito limitada tornando cada tarefa “nova”, por isso este trabalho visa adicionar um referencial teórico ao campo para ajudar os alunos surdos a aprenderem. Segundo Silva e Camargo (2020), o desenvolvimento do nível de conhecimento no ensino de física para surdos ainda é muito novo, há cerca de 10 anos, o que dificulta a produção e o encontro de referenciais teóricos. Por essa razão, abordaremos a seguir aspectos a serem considerados no processo de ensino-aprendizagem de alunos surdos, tendo como ponto inicial a compreensão do que seja a deficiência auditiva.

## **2.2 A Educação de Alunos com Deficiência Auditiva/Surdez**

### **2.2.1 Compreendendo a Deficiência Auditiva**

O sentido da palavra deficiência auditiva nos direciona a um caminho de dois trajetos: um voltado para a vertente médico-pedagógico que aborda a Surdez dentro do contexto da deficiência auditiva, definida como sendo a incapacidade de perceber ondas dentro da faixa do audível, ou seja, a incapacidade de ouvir sons.

Segundo Silva (2008, p. 5) *apud* Perret e Batshaw (1990)

[...] denomina-se deficiência auditiva a diminuição da capacidade de percepção normal dos sons, sendo considerado surdo o indivíduo cuja audição não é funcional na vida comum, parcialmente surdo, aquele cuja audição, ainda que deficiente, é funcional com ou sem prótese auditiva. A intensidade produzida por um som é medida em decibéis (dB). O som mais delicado que uma pessoa pode ouvir é definido por  $0dB$  de nível de audição, o som de uma pessoa murmurando registrará  $30dB$ . O nível normal de conversa mede  $45 - 50dB$  de nível de audição, e um concerto de rock pode medir cerca de  $100dB$ , que podem até causar surdez temporária.

Já para adentrarmos no outro trajeto iremos nos basear no Decreto 5.626/05 afirma em seu artigo 2º:

Art. 2º. Para os fins deste Decreto, considera-se pessoa surda aquela que, por ter perda auditiva, compreende e interage com o mundo por meio de experiências visuais, manifestando sua cultura principalmente pelo uso da Língua Brasileira de Sinais - Libras. Parágrafo único. Considera-se deficiência auditiva a perda bilateral, parcial ou total, de quarenta e um decibéis (dB) ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz e 3.000Hz.1

Nessa conjuntura, temos dois direcionamentos: a deficiência auditiva refere-se a perda bilateral parcial ou total, e a surdez diz respeito da perda auditiva, em que o sujeito interage com o mundo por meio da LIBRAS, bem como tem uma identidade de pertencimento a cultura surda.

Nesse sentido, Kraemer (2012, p. 149), destaca que compreender e interagir com o mundo passam a ser elementos substanciais no processo de constituição da identidade dos indivíduos surdos. Por isso, aponta que “a identidade e a cultura surda tornam-se elementos coadjuvantes nos processos de significação cultural que possibilitam inventar a surdez como uma condição cultural diferente”.

Corroborando e acrescentando elementos a uma compreensão mais extensiva da surdez que ultrapassa os muros da patologia, Guedes (2012, p. 23), desta que, nos rios do paradigma da educação inclusiva, a surdez se entrelaçando com a militância surda, passa “a ser constituída em outras tramas, que lhe possibilita ser lida e entendida a partir de outros lugares, passando a adquirir outras possibilidades de significação ao ser narrada pelo viés da diferença cultural”.

No âmbito do aspecto linguístico, tendo como premissa o uso da LIBRAS como identidade dessa comunidade surda, Guedes (op. Cit) destaca que

o movimento político-cultural dos surdos, as atuais políticas de inclusão em vigor no país deliberam que todos os alunos das escolas ou classes especiais sejam incluídos no ensino regular, inclusive os surdos. Com base em adaptações arquitetônicas, tecnológicas, curriculares e, no caso dos surdos, linguísticas, as políticas inclusivas propõem-se a transformar a escola em um espaço que acolhe e convive com as diferenças.

## **2.2.2 Pensando os processos educativos para a inclusão de alunos surdos na escola: uma introdução**

Compreendemos o desafio de nos aprofundarmos em processos educativos e inclusivos, tentando esgotar o assunto, que é um fator processual. Por essa razão, pontuamos que iremos apresentar elementos que podem facilitar o processo educativo do aluno surdo em sala de aula, tendo como espaço inicial, a LIBRAS.

Como foi abordado no item anterior, um dos aspectos que consolida a identidade surda é a comunicação na sua língua materna, que no caso é a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), que foi introduzida no Brasil durante o período do Segundo Reinado, mais precisamente em 1857, com a fundação do Instituto Nacional de Educação de Surdos (INES).

Com essa instituição, os surdos tiveram o seu primeiro local onde poderiam estudar e aprender a LIBRAS, que segundo Mori e Sander (2015) o papel de Dom Pedro II foi fundamental para a educação dos surdos, ao trazer o professor, surdo, da França, Ernest Huet, que foi a peça crucial para consolidar a educação de surdos no Brasil. No entanto, foi somente em 2002, através da Lei nº. 10.436/2002, que a LIBRAS foi reconhecida como meio legal de comunicação. Ou seja, embora tenha sido introduzida no Brasil em 1857, só recentemente foi reconhecida como meio de comunicação.

A LIBRAS é composta de sinais, que em português correspondem às palavras, no entanto a LIBRAS não é simplesmente a substituição de uma língua para a outra, ela tem suas peculiaridades e como língua tem sua estrutura morfológica, linguística, dialética, semântica, estilística, entre outros. Zílio (2012, p. 29-30) nos informa que a LIBRAS é independente da língua portuguesa, ou seja,

[...] ela não se reflete na estrutura gramatical da língua oral, mas possui uma estrutura própria, que permite que se visualize a mensagem comunicada. Para isso, cada sinal possui: uma configuração de mão (o formato que mão, ou as mãos, tomam para realizar determinado sinal, sendo que a(s) mão(s) podem tomar outra configuração ao fazer o sinal); um movimento (movimentação que a mão ou ambas devem fazer para sinalizar); uma locação (espaço onde a mão ou as mãos devem estar posicionadas para a sinalização); orientação (direção para qual a mão ou as mãos se movimentarão) e expressões não manuais (expressão realizada pelo corpo ou pela face: olhos, sobrancelhas, boca, etc.).

Podemos observar a dificuldade que nos apresenta quanto ao ensino de disciplinas na área de exatas, pois poucos materiais estão adaptados para a LIBRAS, que não é a língua portuguesa, a qual deveria ser adquirida pelo aluno surdo como estrutura escrita, fato que pouco ocorre nos espaços escolares. O fato ratifica a pertinência do trabalho oral desenvolvido.

Entre as pesquisas bibliográficas realizadas, um trabalho monográfico de Larissa Costa (2017, p. 30) nos conduziu a uma abordagem voltada para o uso de tecnologias assistivas que pudessem tornar o ensino mais condizente com a realizada da aprendizagem do aluno surdo, uma vez que aponta que

[...] ao associar a palavra Tecnologia a Libras, compreende-se que o fato da Libras ser uma língua visuogestual, sua aprendizagem torna-se muito mais eficaz quando apresentada de modo visual, por meio de vídeos e/ou outros recursos que explorem esta característica da língua. Considerando que na educação de surdos (e na educação geral) o material cedido pelas escolas muitas vezes possui caráter impresso, tal tecnologia visa mediar e facilitar o processo de ensino-aprendizagem.

Sob essa perspectiva, iremos direcionar o nosso trabalho no entrelaçamento entre o ensino de Física numa perspectiva inclusiva, tendo como base a tecnologia para interligar conhecimento, Libras e adaptação curricular, tendo ainda como pressuposto a compreensão da aprendizagem sobre a abordagem vygotskiana.

## **2.3 O Ensino de Física na Educação Inclusiva- contribuições de Vygotsky e Ausubel**

Para realizar a tarefa é importante que o professor conheça quais são as teorias por trás. É importante notar que este estudo se baseia nas contribuições de Vygotsky para a educação especial e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

Lev Vygotsky (1896-1934) enfatiza o papel do contexto social e cultural no desenvolvimento cognitivo. Segundo ele, o aprendizado é essencialmente mediado, ou seja, ocorre por meio da interação

com outras pessoas mais experientes e pelo uso de ferramentas culturais, como a linguagem. Um dos conceitos centrais da teoria de Vygotsky é a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), mediação pedagógica, fazendo com que o professor e o aluno se aproximem e que o aprendizado se torne em conjunto. Outro aspecto relevante é a internalização, processo pelo qual atividades inicialmente realizadas em conjunto são gradualmente assimiladas pelo indivíduo, tornando-se parte de seu repertório cognitivo. Nesse sentido, a aprendizagem não é apenas um reflexo do desenvolvimento, mas também um motor que o impulsiona.

Para Vygotsky, a sociedade e o mundo real em que as pessoas vivem estão em constante mudança. De acordo com estes princípios, a educação especial também sofreu repentinas mudanças ao longo da história. Portanto, acreditamos que professores e alunos também estão vivenciando essas mudanças que estão fazendo costumes tradicionais ficarem cada vez mais ultrapassados.

Além desse princípio, Moreira (1999) afirma que Vygotsky parte do pressuposto de que esse desenvolvimento cognitivo não pode ser compreendido sem o conhecimento do contexto social e cultural ao qual o aluno se insere. Então, os professores devem ter conhecimento sobre os alunos e seu ambiente para promover o seu desenvolvimento intelectual. Assim, os professores devem saber ou buscar compreender em qual ambiente social e cultural em que os alunos surdos se encontram e garantir que seus aprendizados sejam relevantes para esse ambiente. Logo, antes utilizar simulações, os professores devem ter a compreensão desse meio para explicar o conteúdo aos alunos para que eles possam formar conexões e adquirir conhecimento.

Além de Vygotsky, a aprendizagem significativa oriunda de Ausubel é importante para a aplicação do produto. Porque, segundo Moreira (1999), ele destacou que o processo de ensino-aprendizagem deveria ter uma explicação teórica segundo princípios cognitivistas.

Para Ausubel, para que os alunos aprendam de forma significativa, as novas informações devem passar por todo um processo de conexão com aspectos que são relevantes para o discente, a partir do momento em que ele consegue se conectar com o conhecimento já adquirido. Por exemplo: o conceito de Energia pode ser entendido de várias maneiras, mas, o aprendiz pode fazer uma conexão dos seus conhecimentos anteriores, começando por energia elétrica, para assim, começar a entender e fazer sentido no presente, em suas vidas diárias e no conhecimento existente. Em última análise, a simulação se baseia nessas duas ideias. Os professores devem ter conhecimento dos ambientes sociais e culturais dos alunos e ser capaz de fazer conexões com o que ensinam, e os alunos devem ter conhecimento prévio a fazer conexões necessárias para que ocorra uma aprendizagem significativa.

### **2.3.1 O Ensino de Física na Educação Inclusiva: promovendo a acessibilidade e equidade**

A Educação Inclusiva visa garantir que todos os alunos, independentemente de suas diferenças individuais, tenham acesso a uma educação de qualidade. Nesse contexto, o ensino de disciplinas como a Física desempenha um papel crucial, não apenas para o desenvolvimento acadêmico dos estudantes, mas também para promover uma sociedade mais justa e inclusiva.

Ao considerar a inclusão de alunos com necessidades especiais no ensino de Física, é essencial adotar uma abordagem que reconheça e respeite a diversidade de habilidades, interesses e estilos de aprendizagem. Isso implica em adaptar estratégias, materiais e recursos didáticos para atender às necessidades individuais de cada aluno, garantindo que todos tenham a oportunidade de participar ativamente das atividades de aprendizagem.

Uma das principais preocupações no ensino de Física na educação inclusiva é tornar o conteúdo acessível para alunos com deficiências visuais, auditivas, motoras ou cognitivas. Para isso, é fundamental utilizar uma variedade de recursos e tecnologias assistivas, como materiais em braille, modelos táteis, vídeos com legendas e intérpretes de língua de sinais, que possibilitam a compreensão e a

participação dos estudantes com diferentes necessidades.

Além disso, é importante promover uma cultura inclusiva dentro da sala de aula, na qual todos os alunos se sintam valorizados e respeitados. Isso envolve a sensibilização dos colegas de classe e a criação de um ambiente acolhedor, no qual a diversidade seja celebrada e as diferenças sejam vistas como oportunidades de aprendizado mútuo.

Outro aspecto fundamental do ensino de Física na educação inclusiva é a promoção de uma abordagem hands-on e investigativa, na qual os alunos tenham a oportunidade de explorar conceitos científicos por meio de experimentação prática e descoberta guiada. Isso não apenas torna o aprendizado mais significativo e envolvente para todos os estudantes, mas também permite que aqueles com dificuldades de aprendizagem ou deficiências participem ativamente das atividades, desenvolvendo habilidades importantes, como o pensamento crítico e a resolução de problemas.

Em suma, o ensino de Física na educação inclusiva requer um compromisso contínuo com a equidade, a acessibilidade e o respeito à diversidade. Ao adotar uma abordagem centrada no aluno, que reconheça e valorize as diferenças individuais, podemos criar um ambiente de aprendizagem que capacite todos os estudantes a alcançarem seu pleno potencial e a contribuírem de forma significativa para a sociedade.

# Capítulo 3

## A Física por trás da simulação

### 3.1 A Eletrostática

O Eletromagnetismo tem sua origem na Grécia Antiga quando Tales de Mileto observou o âmbar atraindo pedacinhos de palhas. Em uma de suas viagens, também observou pedras (magnetita) capazes de atrair materiais ferrosos, dando origem ao Magnetismo. Porém, foi em 1820, com Oersted que conseguiu entender que Eletricidade e Magnetismo estavam entrelaçados, quando percebeu que correntes elétricas geram campos magnéticos. Além disso, Maxwell, no final do século XIX, desenvolveu as leis do Eletromagnetismo, conhecidas como as *equações de Maxwell*, onde através de quatro equações consegue descrever os fenômenos eletromagnéticos.

Para o trabalho apresentado, foram utilizados os conceitos de Eletrostática para que o produto educacional fosse desenvolvido. A seguir, esses conceitos serão apresentados.

#### 3.1.1 Lei de Coulomb

Para estudarmos a Lei de Coulomb, precisamos fazer o seguinte questionamento: Como as cargas elétricas interagem entre si? Para responder essa pergunta precisamos entender que a força elétrica segue o princípio da superposição, onde nos mostra que a força resultante atuante nessas cargas é dada pela soma das forças elétricas, ou seja,  $\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots \vec{F}_n$ . Mas, além disso, precisamos entender que a força elétrica atua sempre em **pares** de carga e funciona de maneira **inversamente proporcional ao quadrado da distância** entre essas cargas, com isso, podemos definir a lei de Coulomb como sendo:

$$\vec{F} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{z^2} \hat{z} \quad (3.1)$$

Sendo  $z$  a distância entre as cargas, definido como  $\vec{z} = \vec{r} - \vec{r}'$  onde serão os vetores de separação entre  $r'$  e  $r$ .

#### 3.1.2 Campo Elétrico

O campo elétrico pode ser definido como sendo uma região no espaço onde cargas elétricas sofrerão a ação de uma força. Imaginemos uma região composta por  $n$  cargas. A força elétrica resultante será dada por:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{q_1 Q}{z_1^2} \hat{z}_1 + \frac{q_2 Q}{z_2^2} \hat{z}_2 + \dots \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{q_1}{z_1^2} \hat{z}_1 + \frac{q_2}{z_2^2} \hat{z}_2 + \dots \right) \quad (3.2)$$

Onde,

$$\vec{F} = Q\vec{E} \quad (3.3)$$

Logo, podemos concluir que o campo elétrico é definido, para uma distribuição discreta de cargas, como sendo:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i \quad (3.4)$$

Com isso, conclui-se que o campo elétrico é definido como sendo uma grandeza vetorial que varia de um ponto a outro, dependendo assim da configuração do sistema de cargas.

### Distribuição contínua de cargas elétricas

Quando há uma distribuição contínua de cargas elétricas, a carga elétrica assume a forma infinitesimal, assim, sendo  $Q \rightarrow dq$ , com isso, chegamos à conclusão de que o campo elétrico,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{1}{r^2} \hat{r} dq \quad (3.5)$$

Essa distribuição de carga depende muito da forma de que o objeto é, como por exemplo, se essas cargas forem distribuídas de forma contínua em uma linha, superfície ou volume, utilizaremos os conceitos de densidade de cargas, onde ficaremos com carga por unidade de comprimento ( $\lambda$ ), superfície ( $\sigma$ ) e volume ( $\rho$ ), respectivamente, onde

$$dq = \lambda dl' - \sigma da' - \rho d\tau' \quad (3.6)$$

Com isso, o campo elétrico é dado em relação ao comprimento,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_C \frac{\lambda(\vec{r}')}{r^2} \hat{r} dl' \quad (3.7)$$

em relação à superfície,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma(\vec{r}')}{r^2} \hat{r} da' \quad (3.8)$$

e em relação ao volume,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho(\vec{r}')}{r^2} \hat{r} d\tau' \quad (3.9)$$

A proximidade com a lei de Coulomb está ligada diretamente ao volume, devido a ser escrita na forma mais geral e realista.

### O divergente do Campo Elétrico

Para entendermos sobre o divergente, precisamos entender que o campo elétrico é um campo vetorial no qual as linhas de campo elas podem sair de cargas (positivas) e entrar em cargas (negativas). Sendo assim, também podemos definir uma grandeza onde ela representa o quanto de linhas de campo está passando em uma certa área, seja infinitesimal ou não. Essa grandeza é chamada de **fluxo de campo**, que para o nosso caso, fluxo do campo elétrico. Com isso, podemos definir que que:

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{a} \quad (3.10)$$

Com o artifício da **Lei de Gauss** na forma integral onde mostra que o fluxo do campo elétrico sobre qualquer superfície fechada só depende da carga elétrica total encerrada,

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0} \quad (3.11)$$

E, se tivermos uma distribuição contínua de cargas em um certo volume, ou seja,  $dq = \rho d\tau$ , podemos substituir em uma integral de volume, ficando assim,

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho d\tau \quad (3.12)$$

Aplicando-se o Teorema da Divergência,

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{a} = \int_V (\vec{\nabla} \cdot \vec{E}) d\tau = \int_V \frac{\rho}{\epsilon_0} d\tau \quad (3.13)$$

Com isso, chegamos a conclusão que o divergente do campo elétrico é,

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (3.14)$$

Através dessa equação, podemos mostrar que as linhas de campo elétrico **não** sofrem rotação, logo, elas apenas podem sair ou entrar nas cargas. Sendo assim, a lei de Gauss na forma **diferencial** nos mostra que o divergente do campo elétrico depende apenas da distribuição de carga em um certo volume.

## O rotacional do Campo Elétrico

Para calcularmos o rotacional do campo elétrico, devemos levar em conta a circulação em um caminho fechado  $C$  para um campo  $\vec{E}$  devido a uma carga pontual e utilizarmos o Teorema de Stokes. Logo,

$$\int_{\vec{a}}^{\vec{b}} \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (3.15)$$

Em coordenadas esféricas,  $d\vec{l} = dr\hat{r} + r d\theta\hat{\theta} + \sin\theta d\phi\hat{\phi}$ , ficamos assim,

$$\int_{\vec{a}}^{\vec{b}} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_{\vec{a}}^{\vec{b}} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \cdot (dr\hat{r} + r d\theta\hat{\theta} + \sin\theta d\phi\hat{\phi}) \quad (3.16)$$

Com isso, ficaremos apenas com a componente  $\hat{r}$ , então,

$$\int_{\vec{a}}^{\vec{b}} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_{\vec{a}}^{\vec{b}} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_{\vec{a}}^{\vec{b}} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} dr \quad (3.17)$$

Integrando esse valor, e aplicando os limites de integração, chegamos ao resultado,

$$\int_{\vec{a}}^{\vec{b}} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right) \quad (3.18)$$

Ao considerarmos uma superfície fechada, pode-se afirmar que  $r_a = r_b$ , logo, ficamos com,

$$\int_{\vec{a}}^{\vec{b}} \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \quad (3.19)$$

Utilizando o Teorema de Stokes, pode-se afirmar que,

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_S (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \cdot d\vec{a} = 0 \quad (3.20)$$

Com isso, concluímos que,

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0 \quad (3.21)$$

Através dessa relação, podemos concluir e provar que de fato a rotação do campo elétrico não existe, independentemente se for distribuições discretas ou contínuas, essa relação sempre será válida. Logo, as linhas de campo somente saem ou entram em cargas, dependendo do sinal dela.

### 3.1.3 Potencial Elétrico

Para que o rotacional do campo elétrico seja nulo, é preciso escrevê-lo em termos de um potencial escalar, onde podemos defini-lo com relação a um campo eletrostático como gradiente de uma função escalar  $V$ , definida como potencial elétrico. Ou seja,

$$\vec{E} = -\nabla V \quad (3.22)$$

A definição de potencial elétrico para um determinado ponto  $\vec{r}$  e uma origem  $\vec{O}$  é dado por:

$$V(\vec{r}) = - \int_{\vec{O}}^{\vec{r}} \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (3.23)$$

Considerando que a carga pontual está localizada na origem do sistema de coordenadas, para qualquer caminho  $C$  temos que

$$V(\vec{r}) = - \int_{\vec{O}}^{\vec{r}} \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r^2} \hat{r} \cdot (dr\hat{r} + r d\theta\hat{\theta} + \sin\theta d\phi\hat{\phi}) \quad (3.24)$$

$$V(\vec{r}) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int_{\vec{r}}^{\vec{O}} \frac{dr}{r} \quad (3.25)$$

Considerando que no  $\lim_{r \rightarrow \infty} V(\vec{r}) = 0$ , chegamos ao seguinte resultado, para uma distribuição discreta de cargas:

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad (3.26)$$

Quando aplicamos a ideia de distribuição contínua de carga, ficamos, em relação ao comprimento:

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_C \frac{\lambda(\vec{r}')}{r} dl' \quad (3.27)$$

em relação à área,

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma(\vec{r}')}{r} da' \quad (3.28)$$

e em relação ao volume,

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho(\vec{r}')}{r} d\tau' \quad (3.29)$$

Através dessa relação, pode-se concluir que o potencial elétrico depende do campo elétrico e também pode ser definido como sendo a energia potencial eletrostática por unidade de carga, assim,

$$V = \frac{U}{q} \quad (3.30)$$

### 3.1.4 Diferença de Potencial

Como foi mostrado, pode existir regiões onde os potenciais são iguais, as chamadas **superfícies equipotenciais**. Quando duas ou mais regiões possuem diferenciais diferentes, ocorre uma **diferença de potencial** que é crítica para o movimento das cargas.

Isso nos permite dizer que o movimento dessas cargas existe apenas a partir do momento em que ocorre a diferença de potencial (tensão elétrica). Pode-se afirmar que só irá existir esse movimento,

$$W = - \oint_C \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (3.31)$$

$$W = - \int_a^b q \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (3.32)$$

$$W = q (Ed_a - E_b) \quad (3.33)$$

$$W = q\Delta V \quad (3.34)$$

Como você pode ver, para que a carga se mova, ela deve transferir energia suficiente para mudar de estado, e isso só pode acontecer se houver uma diferença de potencial.

### 3.1.5 A Eletrostática na atmosfera

A eletrostática na atmosfera constitui um aspecto natural fascinante, que envolve a separação e o acúmulo de cargas elétricas nas nuvens, no solo e no ar, sendo responsável por manifestações como os raios, relâmpagos e outros efeitos elétricos menos visíveis. Compreender esses processos é essencial tanto para explicar especificidades naturais quanto para abordar questões de segurança e engenharia, além de oferecer uma rica oportunidade para o ensino de conceitos de física de maneira contextualizada.

A eletrização das nuvens ocorre principalmente no interior das nuvens de tempestade, conhecidas como cumulonimbus, que se caracterizam por intensos movimentos verticais de partículas. No interior dessas nuvens, gotas de água super-resfriadas, cristais de gelo e partículas de granizo colidem sob a ação de fortes correntes de ar ascendentes e descendentes. Durante essas colisões, ocorre uma transferência de cargas elétricas: os cristais menores tendem a adquirir carga positiva, enquanto as partículas maiores ou o granizo (graupele) acumulam carga negativa. Como os cristais menores são mais leves, eles são levados para as partes superiores da nuvem pelas correntes ascendentes, enquanto as partículas maiores permanecem ou descem para as regiões inferiores. Esse mecanismo cria uma separação espacial de cargas, estabelecendo uma região positiva no topo da nuvem e uma região negativa na sua base. Em resposta à carga negativa acumulada na base da nuvem, ocorre uma observação de indução eletrostática no solo, que se torna localmente positiva, aumentando ainda mais o campo elétrico estabelecido entre a nuvem e a superfície terrestre.

A intensidade desse campo elétrico pode crescer significativamente, a ponto de ultrapassar o valor crítico conhecido como campo elétrico dielétrico de ruptura do ar, que, em condições específicas normais, é da ordem de três milhões de volts por metrô. Quando esse limite é superado, o ar, que

normalmente se comporta como isolante, passa a se comportar como condutor devido à ionização de suas moléculas. Essa ionização dá início à formação de um canal condutor de plasma, abrindo caminho para o fluxo de elétrons que culminará na descarga elétrica visível: o raio.

O processo de formação do raio é complexo e envolve etapas distintas. Inicialmente, uma descarga preliminar de carga negativa desce da nuvem em etapas sucessivas, formando o chamado líder escalonado, que avança em pequenos saltos de cerca de 50 metros, ionizando progressivamente o caminho. Quando o líder escalado se aproxima do solo, ocorre a emissão de projeções de carga positiva a partir de objetos elevados, como árvores, edifícios ou até as mesmas pessoas. Quando essas projeções ascendentes encontram o líder descendente, fecha-se o caminho condutor, permitindo uma descarga elétrica principal de alta intensidade. Essa descarga, denominada acidente vascular cerebral, é o que percebemos como o clarão do raio. Durante esse processo, correntes elétricas da ordem de dezenas de milhares de amperes fluem rapidamente, aquecendo o canal de plasma a temperaturas que podem superar trinta mil Kelvin. Esse aquecimento provoca uma expansão abrupta ao redor do canal de descarga, gerando uma onda de choque sonora que se propaga como trovão.

Além dos raios propriamente ditos, a eletrostática atmosférica se manifesta por meio de outras características interessantes, como a descarga de corona, que ocorre em pontas de objetos submetidos a campos elétricos intensos, antes mesmo da formação de uma descarga completa. Outro exemplo é o chamado fogo de Santelmo, observado como um brilho azulado em mastros de navios ou extremidades pontiagudas durante tempestades. Fenômenos mais recentes e menos conhecidos, como os *sprites*, jatos azuis e elfos, também fazem parte da eletrostática atmosférica, ocorrendo em altitudes elevadas, acima das nuvens de tempestade, e manifestando-se como descargas luminosas associadas aos campos elétricos das tempestades.

O estudo da eletrostática na atmosfera não apenas permite compreender os processos físicos que explicam os raios e as descargas elétricas, mas também revela a interação dinâmica entre a física e o meio ambiente, conectando conceitos de eletricidade, termodinâmica, meteorologia e até geografia física. Para o ensino de Física, a abordagem da eletrostática atmosférica representa uma oportunidade valiosa de contextualizar os conteúdos, tornando-os mais próximos do cotidiano dos estudantes, além de promover uma aprendizagem significativa ao conectar teoria e características naturais observáveis. Além disso, essa abordagem favorece o desenvolvimento de uma visão crítica e interdisciplinar, essencial para a formação científica e cidadã.

A eletrostática atmosférica, portanto, vai além de um simples fenômeno natural: ela exemplifica como a ciência pode revelar os mecanismos por trás de eventos que, à primeira vista, podem parecer misteriosos ou até mesmo assustadores. Estudar e ensinar essas tendências é um caminho para valorizar o conhecimento científico como ferramenta de compreensão, prevenção e admiração do mundo natural.

## 3.2 O software *Modellus*

A proposta de ensinar alunos surdos sobre eletricidade estática usando o software educacional *Modellus* é baseada em várias teorias e conceitos relacionados à educação inclusiva e tecnologia de ensino. De acordo com a Declaração de Salamanca (1994), todos os alunos têm direito a uma educação integral que permita a sua plena e efetiva participação na sociedade. Pensando nisso, é importante que escolas e educadores disponibilizem recursos e estratégias educacionais que atendam às necessidades específicas de cada aluno. Para os alunos surdos, a língua de sinais é reconhecida como primeira língua, e a comunicação visual é uma importante ferramenta de aprendizagem. Além disso, o ensino bilíngue, composto por língua de sinais e português, é a abordagem recomendada para garantir o acesso ao conhecimento e o desenvolvimento de habilidades linguísticas. Em relação à tecnologia educacional, vários estudos têm demonstrado sua eficácia como recurso educacional para

tornar o aprendizado mais acessível e inclusivo. Por exemplo, *Modellus* é um software educacional que cria modelos virtuais para representar situações do mundo real e facilitar a visualização e compreensão de conceitos abstratos. Nas aulas de Física e Matemática, o uso de modelos virtuais tem se mostrado uma estratégia eficaz para auxiliar na compreensão de conceitos, principalmente para alunos surdos. Esses modelos permitem que os conceitos sejam explorados por meio de imagens, animações e simulações, tornando o aprendizado mais interativo e participativo.

Portanto, a utilização do *software Modellus* como recurso pedagógico no ensino de eletrostática para alunos surdos se fundamenta em diversas teorias e conceitos relacionados à educação inclusiva, a comunicação visual e a tecnologia educacional. O uso desse software pode contribuir significativamente para a inclusão educacional desses alunos, garantindo o acesso ao conhecimento e o desenvolvimento de suas habilidades.

### 3.3 Da instalação do *software*

Para a instalação do *software*, basta seguir os seguintes passos:

1. Acessar o link, localizado no capítulo do produto educacional;
2. Após o acesso, baixar e fazer a instalação do aplicativo.

Quando a instalação for completada, você terá acesso a página inicial do aplicativo e assim, poderá iniciar a montagem da simulação.

### 3.4 A elaboração do produto

Para a elaboração a elaboração da simulação foram seguidos os seguintes passos:

1. Foi feito a imagem ao fundo, fornecida por uma amiga do autor do trabalho, sendo avaliada e corrigida pelo autor e orientadores;
2. Foi utilizada uma bolinha e nela foi ligada a um eixo de coordenada e a equação, no modelo matemático, de um movimento uniforme para que a bolinha caia com velocidade constante e represente o raio.
3. Foi feito dois pontos e ligado a eles duas equações senoidais, no modelo matemático, para representar a intensidade sonora, e um eixo para a construção desse gráfico, durante a simulação.
4. Foi colocado dois gatos representando os ouvintes do trovão.

Com esses quatro passos, foi possível criar a simulação dentro do *Software Modellus* e com isso, poder ajudar a explicar melhor os conteúdos propostos.

# Capítulo 4

## Metodologia de aplicação

### 4.1 Descrição da proposta educacional

O *software Modellus* foi escolhido para realizar as simulações do raio, relâmpago e trovão. Estes são encontrados no assunto de eletrostática. Nesse simulador, os alunos surdos têm acesso ao intensidade sonora através de gráficos e dos elétrons e dos raios, sendo representados por uma esfera, e dos trovões, representados por um gráfico em forma de onda senoidal.

Observe que as Teorias da Aprendizagem utilizadas irão ser úteis para o trabalho, pois, através do Sociointeracionismo de Vigotsky, os alunos levam o conhecimento prévio de suas experiências com o fenômeno citado e além disso, eles podem interagir com eles mesmos, fazendo com que a aprendizagem também seja feita em pares. Além disso, Ausubel é importante, pois, logo após o aprendizado, o aluno internaliza o conhecimento com a simulação e assim, conseguirá atingir a Aprendizagem Significativa para a sua vida pessoal e acadêmica.

O *software* é importantíssimo no desenvolvimento de simulações e modelagem das equações da Física. Com isso, podemos criar diversas situações e explicar para os alunos o fenômeno simulado dentro do conteúdo em que o professor estará explicando.

Através de algumas equações, pôde-se fazer a simulação do produto educacional, no qual visa que o aluno observe e analise o fenômeno já descrito acima. Portanto, a ideia do produto educacional é auxiliar o professor na hora da explicação sobre os fenômenos da eletrostática na atmosfera.

### 4.2 Estrutura das aulas

Para que o aluno demonstre o conhecimento prévio do conteúdo, deve-se seguir os seguintes passos para que ele consiga compreender a intenção da simulação.

**Tabela 1:** Definição dos encontros, conteúdos ministrados e o tempo de duração das aulas.

| Encontros  | Conteúdos                             | Duração das aulas   |
|------------|---------------------------------------|---------------------|
| Encontro 1 | Campo Elétrico                        | 1 hora e 30 minutos |
| Encontro 2 | Potencial Elétrico                    | 1 hora e 30 minutos |
| Encontro 3 | Aplicações dos conteúdos anteriores   | 1 hora e 30 minutos |
| Encontro 4 | Aplicação do questionário de sondagem | 1 hora e 30 minutos |
| Encontro 5 | Aplicação do simulador                | 1 hora e 30 minutos |
| Encontro 6 | Aplicação do questionário final       | 1 hora e 30 minutos |

Esses encontros são equivalentes a duas aulas de 50 minutos que o professor deve ministrar. Abaixo está uma descrição do que o professor deve fazer em cada seção.

**Encontro 1:** No primeiro encontro, o professor deveria explicar o conceito de campo elétrico, desde a definição do campo até o cálculo do seu efeito.

**Encontro 2:** No segundo encontro, o professor deverá explicar o conceito de potencial elétrico desde a sua definição até os seus efeitos.

**Encontro 3:** Durante o terceiro encontro, o professor deve demonstrar aos alunos onde os dois conceitos serão vistos no cotidiano, fazendo com que o aluno compreenda melhor sobre os conceitos já definidos sobre campo e potencial elétrico.

**Encontro 4:** Durante o quarto encontro, o professor deverá realizar atividades de avaliação de conteúdo para garantir que os alunos compreendam ou tenham conhecimento prévio dos temas exigidos.

**Encontro 5:** Como os alunos já conhecem e possuem sobre o tema, os professores utilizam simuladores para ajudar a aumentarem seu conhecimento sobre o fenômeno dos trovões, raios e relâmpagos.

**Encontro 6:** No encontro final, o professor realiza um questionário para verificar se os alunos adquiriram conhecimento utilizando o simulador.

O professor responsável pela aplicação do produto tem a liberdade de fazer o questionário de sondagem.

Ao final de todo o processo, o professor preenche um questionário fornecido pelo criador do simulador para avaliar e saber como ele ajudou em suas aulas. Os alunos também preenchem um questionário fornecido pelo autor. As questões são de natureza avaliativa da aprendizagem e estão relacionadas à contribuição do simulador para a aprendizagem.

### 4.3 Aplicando o produto

A aplicação do produto aconteceu no dia 17/04/2024 no Centro de Atendimento aos Surdos-Quintas. A aplicação durou cerca de 1 hora e 30 minutos onde o discente explicou, de maneira rápida e clara sobre o que se trata os fenômenos e com isso perguntou aos alunos sobre o que eles tinham de conhecimento sobre o conteúdo. Assim, pôde-se tirar algumas dúvidas sobre o tema apresentado e até explicar melhor sobre o que eles estavam observando e ao final teve-se a aplicação do produto e a aplicação do questionário. A turma era composta por 5 (cinco) alunos surdos e um professor que foi o próprio intérprete. Os alunos tinham idades entre 15 e 20 anos, e faziam o Ensino Médio Regular.

No início da aplicação, como já foi mostrado, teve-se a apresentação do discente para os alunos e logo em seguida a introdução do tema da aplicação. Logo após, houveram dúvidas em que foram explicadas, todas sobre o tema proposto.

No clímax da aplicação, foi realizada a simulação para os alunos. Durante ela, surgiram novas dúvidas sobre o que estava sendo proposto e rapidamente explicadas pelo autor. Então, ao final da aplicação do produto, foi feita a atividade dentro do *Google Forms* onde os alunos e professor responderam um questionário sobre a simulação proposta. Essas perguntas são de caráter objetivo, em sua grande maioria, e bem objetivas. A seguir, serão mostradas as perguntas para os alunos e professores, respectivamente.

### 4.3.1 Perguntas feitas para os alunos

As perguntas do questionário foram cinco perguntas nas quais serão listas a seguir:

De acordo com a simulação, a bolinha representa: \*

- ☐ O raio
- ☐ O relâmpago
- ☐ O trovão

Figura 4.1: Primeira pergunta. **Fonte:** Própria

A primeira pergunta do questionário.

De acordo com a simulação, o gráfico representa \*

- ☐ O raio
- ☐ O relâmpago
- ☐ O trovão

Figura 4.2: Segunda pergunta. **Fonte:** Própria

Segunda pergunta do questionário.

De acordo com a simulação, o que você achou? \*

- ☐ Ruim
- ☐ Bom
- ☐ Muito bom
- ☐ Excelente

Figura 4.3: Terceira pergunta. **Fonte:** Própria

Terceira pergunta do questionário.

---

De acordo com a simulação, você conseguiu entender o tema? \*

☐ Sim

☐ Não

---

Figura 4.4: Quarta pergunta. **Fonte:** Própria

Quarta pergunta do questionário.

A simulação te ajudou a entender o tema? \*

☐ Sim

☐ Não

Figura 4.5: Quinta pergunta. **Fonte:** Própria

Quinta pergunta do questionário.

O que você sugere para melhorar a simulação? \*

Texto de resposta longa

---

Figura 4.6: Sexta pergunta. **Fonte:** Própria.

Sexta pergunta do questionário.

Como foi apresentado, foram feitas seis perguntas no questionário dos alunos com o objetivo de avaliar o simulador sob um olhar dos alunos surdos.

### 4.3.2 Perguntas feitas para o professor

Na próxima listagem, estarão apresentados as perguntas de avaliação do professor titular dos alunos surdos.

O que você achou da simulação proposta? \*

- ☐ Ruim
- ☐ Bom
- ☐ Muito bom
- ☐ Excelente

Figura 4.7: Primeira pergunta. **Fonte:** Própria.

Primeira pergunta do questionário.

Ao interagir com a simulação, o que você achou da acessibilidade? \*

- ☐ Ruim
- ☐ Boa
- ☐ Muito bom
- ☐ Excelente

Figura 4.8: Segunda pergunta. **Fonte:** Própria.

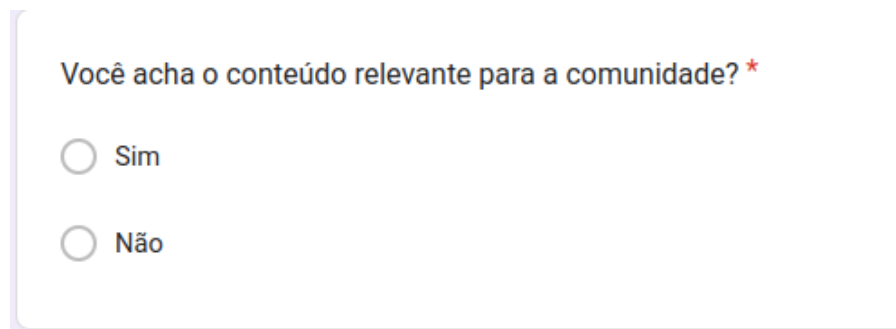
Segunda pergunta do questionário.

O que você tem a dizer sobre o conteúdo proposto pela simulação? \*

- ☐ Ruim
- ☐ Bom
- ☐ Muito bom
- ☐ Excelente

Figura 4.9: Terceira pergunta. **Fonte:** Própria.

Terceira pergunta do questionário.



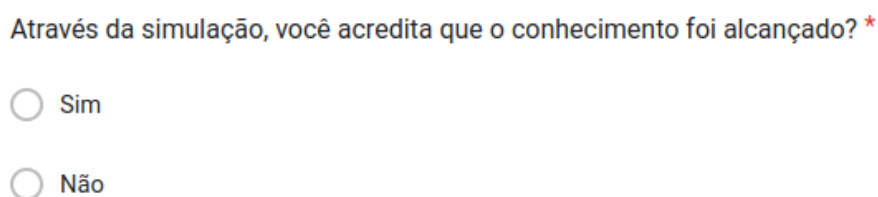
Você acha o conteúdo relevante para a comunidade? \*

☐ Sim

☐ Não

Figura 4.10: Quarta pergunta. **Fonte:** Própria.

Quarta pergunta do questionário.



Através da simulação, você acredita que o conhecimento foi alcançado? \*

☐ Sim

☐ Não

Figura 4.11: Quinta pergunta. **Fonte:** Própria.

Como foi mostrado, foram feitas cinco perguntas no questionário com o objetivo de avaliar o simulador sob um olhar do professor titular dos alunos.

Por fim, todas as perguntas tiveram o objetivo de avaliar o aprendizado dos alunos e também de avaliar a simulação. Com isso, no próximo capítulo, serão apresentados todos os resultados desses questionários.

# Capítulo 5

## Resultados e discussões

Como já foi mostrado, as perguntas foram realizadas e organizadas para serem feitas com os discentes e docentes. Com isso, chega-se aos seguintes resultados dessas perguntas.

Vale salientar que as perguntas direcionadas para os alunos foram feitas com cinco discentes e os questionário para o professor foi realizado com apenas um docente. Portanto, segue os resultados desses questionários, seguindo a ordem que vai dos alunos e logo após, professores, respectivamente.

### 5.1 Resultados dos alunos

De acordo com a simulação, a bolinha representa:

5 respostas

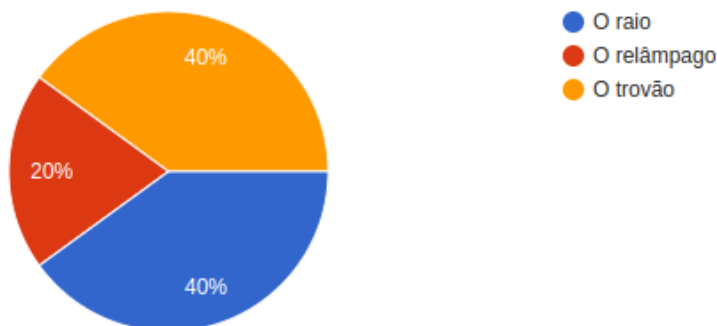


Figura 5.1: Respostas para a primeira questão. **Fonte:** Própria.

Como observado, 40% dos alunos acertaram a questão 1, 20% marcaram o relâmpago, que também mostra que o conteúdo foi muito bem explicado, já que a bolinha representa tanto o raio como o relâmpago. E os 40% restante erraram o problema, onde pode ter acontecido alguma confusão na hora de marcar.

De acordo com a simulação, o gráfico representa

5 respostas

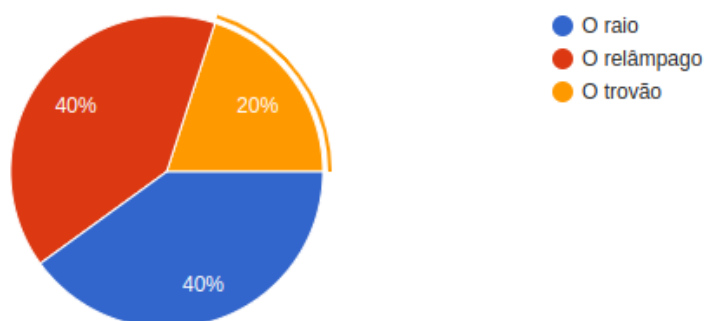


Figura 5.2: Respostas para a segunda questão. **Fonte:** Própria.

Como observado, 40% dos alunos marcaram relâmpago, 20% marcaram, certamente, o trovão, e os 40% restante marcaram raio, onde pode ter acontecido alguma confusão na hora de marcar ou houve um surgimento de alguma dúvida durante a atividade.

---

De acordo com a simulação, o que você achou?

5 respostas

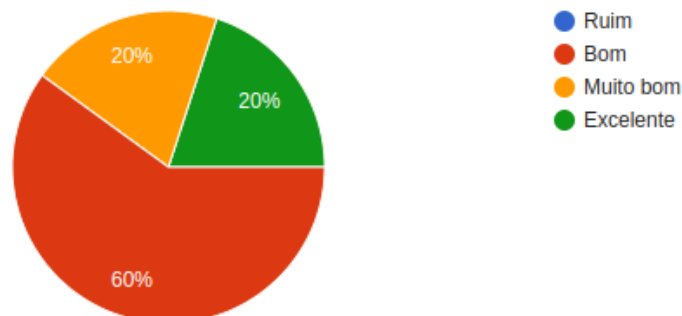


Figura 5.3: Respostas para a terceira questão. **Fonte:** Própria.

Como observado, 60% da turma marcou a opção “bom” para a simulação. 20% marcou “muito bom” e os outros 20% marcaram “excelente”.

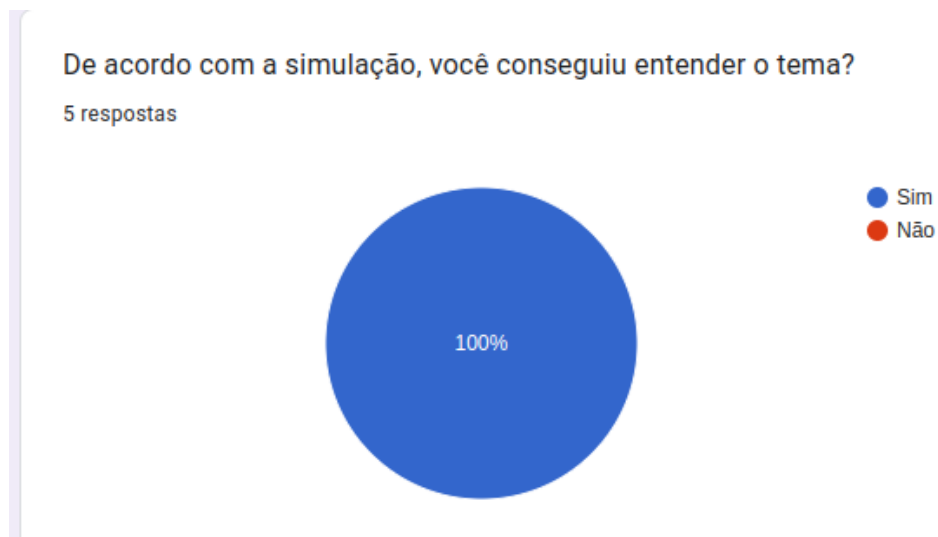


Figura 5.4: Respostas para a quarta questão. **Fonte:** Própria.

Como observado, 100% da turma marcou a opção “sim” mostrando que com a simulação, os alunos conseguiram compreender o tema proposto dentro do programa.

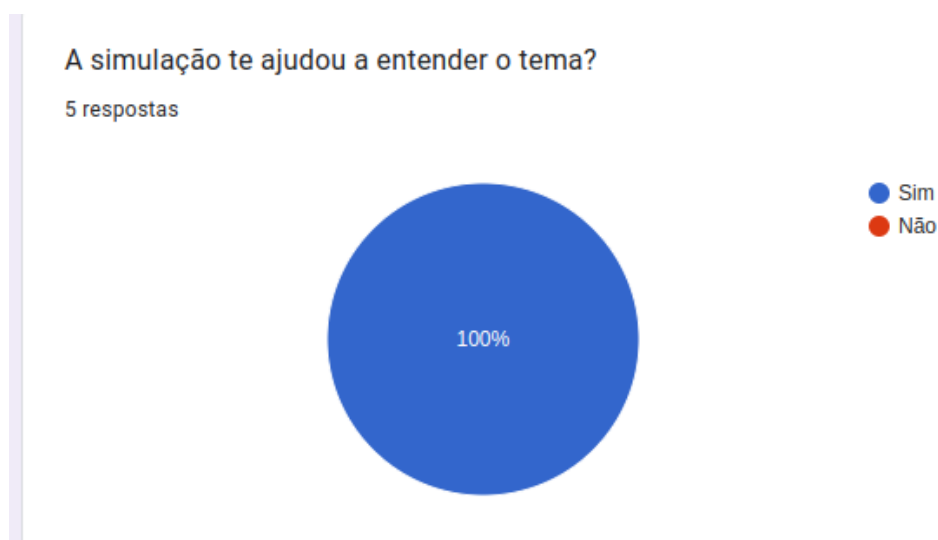


Figura 5.5: Respostas para a quinta questão. **Fonte:** Própria.

Como está sendo mostrado, através da simulação, os alunos conseguiram entender o tema e assim o *software* conseguiu atingir o seu objetivo.

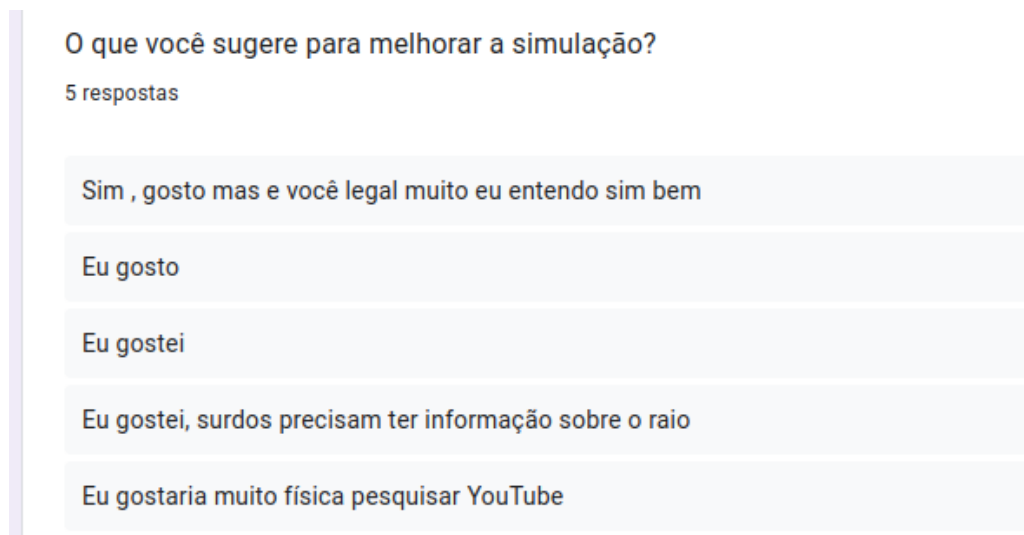


Figura 5.6: Respostas para a sexta questão.

A última pergunta era sobre sugestões para melhorar a simulação. Os alunos, durante a aplicação, utilizaram esse momento para tecer elogios e e mostrar a importância para eles sobre o tema proposto dentro da simulação.

## 5.2 Resultados do professor

Agora, têm-se as respostas para as perguntas do professor titular da turma, no qual, respondeu com toda a sua sinceridade.

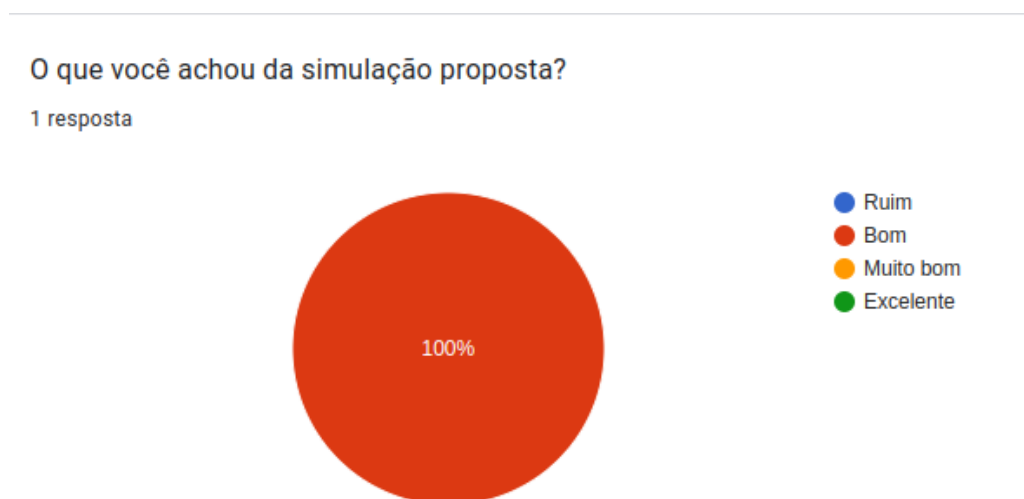


Figura 5.7: Resposta para a primeira questão. **Fonte:** Própria.

Como visto, a opção “bom” foi marcada e mostra que apesar do objetivo ser concluído, a simulação ainda precisa passar por alguns ajustes.

Ao interagir com a simulação, o que você achou da acessibilidade?

1 resposta

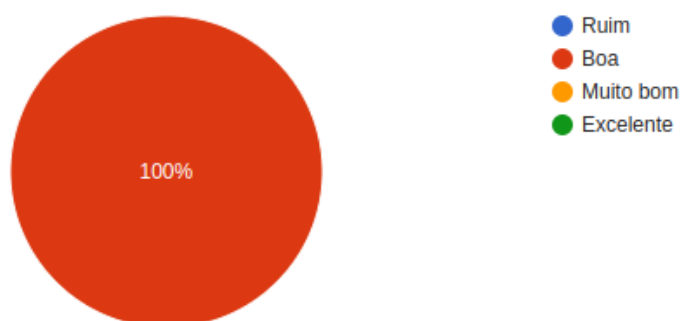


Figura 5.8: Resposta para a segunda questão. **Fonte:** Própria.

Como visto, a opção “bom” foi marcada e mostra que apesar do objetivo ser concluído, a simulação ainda precisa passar por alguns ajustes sobre a acessibilidade da própria simulação, podendo ser acrescentado a tradução direta para a LIBRAS.

---

O que você tem a dizer sobre o conteúdo proposto pela simulação?

1 resposta

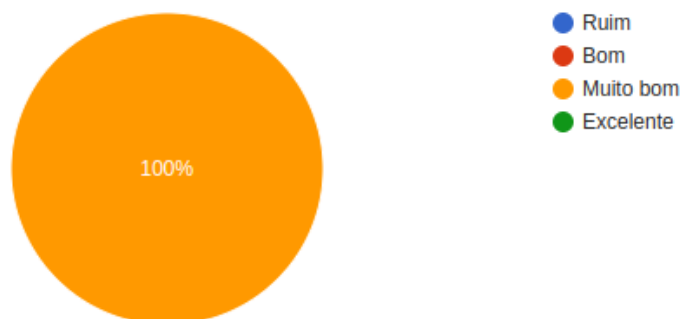


Figura 5.9: Resposta para a terceira pergunta. **Fonte:** Própria.

Como apresentado, o tema foi considerado “muito bom” visto a sua importância devido aos fenômenos serem frequentes quando se tem um período muito chuvoso.

---

Você acha o conteúdo relevante para a comunidade?

1 resposta

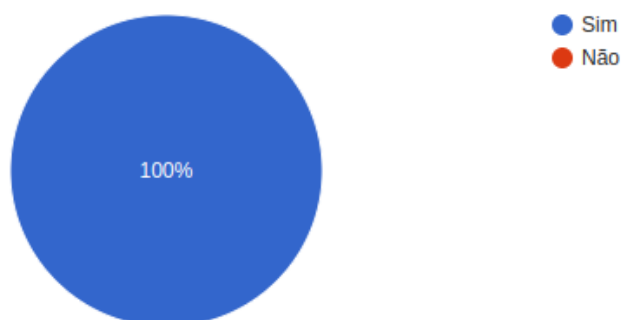
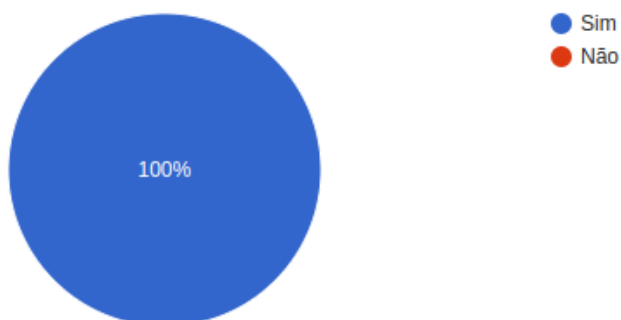


Figura 5.10: Resposta para a quarta questão. **Fonte:** Própria.

Como observado, foi marcada a opção “sim” para o tema ser relevante para a comunidade, visto que é de extrema importância o assunto envolvendo a simulação.

Através da simulação, você acredita que o conhecimento foi alcançado?

1 resposta



---

Figura 5.11: Resposta para a quinta questão. **Fonte:** Própria.

Como mostrado, o conhecimento foi atingido, assim como visto que os alunos também marcaram a opção “sim” mostrando que o conhecimento foi alcançado.

## Capítulo 6

### Considerações finais

Em suma, o Ensino de Física para alunos com NEE ainda é um tema para ser debatido pois ainda existe um número pequeno de pesquisas e referenciais teóricos sobre diversos conteúdos voltados para o Ensino de Física.

Como já foi dito no texto, as leis da Inclusão ainda são muito recentes, mas, já pode-se dizer que a sociedade está, cada vez mais, incluindo pessoas com deficiência para dentro de si. Assim, pode-se mostrar que nós estamos caminhando para uma nação mais inclusiva.

Por fim, através da simulação realizada, foi possível incluir os alunos com NEE e mostrar a importância do tema proposto dentro da comunidade Surda. Assim, os objetivos da proposta educacional foram cumpridos e atingidos, mostrando que o *software Modellus* tem um grande potencial de criar simulações e utilizá-las para incluir alunos com NEE ou PDC's dentro do Ensino de Física.

Com os objetivos atingidos e o desenvolvimento de novos referenciais teóricos, eu, Cleber de Souza Fernandes, fico satisfeito com o trabalho e toda inclusão que ocorreu durante todo o processo de criação até a aplicação da simulação. Observar os alunos se interessar e ver seus olhos “brilhando” foi a grande gratificação desse trabalho.

# Referências

- BRASIL. **Decreto 5.626/05**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2005/decreto-5626-22-dezembro-2005-539842-publicacaooriginal-39399-pe.html>. Acessado em: 03.março.2024.
- COSTA, LARISSA da. **Adaptação de materiais e recursos para surdos: uma revisão bibliográfica**. Monografia. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Federal de São Carlos, como requisito básico para a conclusão do curso de Licenciatura em Educação Especial, 2017. **Disponível em:** [https://www.tcceesp.ufscar.br/arquivos/tccs/pdf\\_costa-2017-\\_adaptacao-de-materiais-e-recursos-para-surdos.pdf](https://www.tcceesp.ufscar.br/arquivos/tccs/pdf_costa-2017-_adaptacao-de-materiais-e-recursos-para-surdos.pdf).
- MARTINS, Lúcia de Araújo Ramos. **História da Educação de Pessoas com Deficiência: da antiguidade ao início do século XXI**. Campinas, SP: Mercado das Letras; Natal, RN: UFRN, 2015. (Série Educação Geral, Educação Superior e formação continuada do Educador).
- GUEDES, Betina S. **Educação de surdos: percursos históricos**. IN: LOPES, Maura Corcini e colaboradores (org). *Cultura Surda e Libras*. Editora Unisinos, 2012. **Disponível em:** <http://projeto redes.org/wp/wp-content/uploads/Cultura-Surda-e-Libras.pdf>. **Acessado em:** 03.março.2024.
- KRAMER, Graciele Marjana. **Identidade e cultura surda**. IN: LOPES, Maura Corcini e colaboradores (org). *Cultura Surda e Libras*. Editora Unisinos, 2012. **Disponível em:** <http://projeto redes.org/wp/wp-content/uploads/Cultura-Surda-e-Libras.pdf>. **Acessado em:** 03.março.2024.
- SILVA, Lúcia Palú da. **Manual de orientação de práticas interventivas no contexto educacional para professores do ensino fundamental**. **Disponível em:** <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/p2.pdf>. **Acessado em:** 03.março.2024.
- SOUZA, Verônica dos Reis Mariano. **A condição do surdo na sociedade : linguagem e silêncio**. IN: MIRANDA, Therezinha Guimarães; FILHO, Teófilo Alves Galvão (orgs). **Educação Especial em contexto inclusivo: reflexão e ação**. Salvador, EDUFBA, 2011.
- ZILIO, Virgínia Maria. **A língua surda**. IN: LOPES, Maura Corcini e colaboradores (org). *Cultura Surda e Libras*. Editora Unisinos, 2012. Disponível em: <http://projeto redes.org/wp/wp-content/uploads/Cultura-Surda-e-Libras.pdf>. **Acessado em:** 03.março.2024
- Mori, N. N. R.; Sander, R. E. **História da educação dos surdos no Brasil**. Universidade Estadual e Maringá. Paraná. Seminário de Pesquisa do PPE. 2015.
- Nussenzveig, H.M. **Curso de Física Básica/ h. Moysés Nussenzveig**. 1 edição- São Paulo: Edgard Blücher, v.3. 1997.
- Moreira, M. A. **Teoria de aprendizagem/ Marco Antônio Moreira**. São Paulo: EPU, 1999.
- Silva, A. C. Nembri, A. G. **Ouvindo o silêncio: educação, linguagem e surdez**. Porto Alegre: Mediação, 2008. 136 p.

- Griffths, David J. **Eletrodinâmica/David J. Griffths**; tradução Heloisa Coimbra de Souza; revisão técnica Antônio Manoel Mansanaresç. - 3. ed. - São Paulo: Perarson Addison Wesley, 2011.
- Ausubel, DP (1968). **Psicologia educacional: uma visão cognitiva**. Nova York: Holt, Rinehart e Winston.
- Vygotsky, LS (1978). **Mente na Sociedade: O Desenvolvimento de Processos Psicológicos Superiores**. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Moreira, MA (2011). **Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel**. São Paulo: Centauro.
- Oliveira, MK (1993). **Vygotsky: Aprendizado e Desenvolvimento - Um Processo Sociocultural**. São Paulo: Cipione.

## **Apêndice: O produto educacional**



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE  
DO NORTE  
*CAMPUS* NATAL-CENTRAL/ DIRETORIA ACADÊMICA DE CIÊNCIAS  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
POLO 10

Cleberon de Souza Fernandes  
Antônio Marques dos Santos  
Vanessa Gosson Gadelha de Freitas Fortes

**PRODUTO EDUCACIONAL**

O uso do *software Modellus*: Uma proposta educacional da Eletrostática para o ensino de surdos.

Cleberon de Souza Fernandes  
Antônio Marques dos Santos  
Vanessa Gosson Gadelha de Freitas Fortes

O uso do *software Modellus*: Uma proposta educacional da Eletrostática para o ensino de surdos.

Produto Educacional com título: O USO DO *SOFTWARE* MODELLUS: UMA PROPOSTA EDUCACIONAL DA ELETROSTÁTICA PARA O ENSINO DE SURDOS, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 10 – IFRN/Natal-RN, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Natal  
2024



## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais e a minha família que me apoiou durante todo o Mestrado.

Agradeço aos meus orientadores, Prof. Dr. Antônio Marques e Prof. Dra. Vanessa Fortes pela disponibilidade, paciência e toda ajuda para compor meu trabalho.

Agradeço a todos os alunos que me ajudaram e me incentivaram a fazer meu trabalho e ao Centro de Atendimento aos Surdos por ceder o espaço para a aplicação do produto.

Agradeço a minha turma de mestrandos que me apoiou e ajudou em todo o período a pós-graduação.

Agradeço a todos os meus amigos que me incentivaram em todos os momentos durante todo o período da pós-graduação.

Agradeço a todos os meus professores e ex-professores do IFRN-*CNAT* que sempre estavam à disposição e ajudaram durante todo o período da pós-graduação.

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte pelo apoio e pelas oportunidades oferecidas pela instituição.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

## Sumário

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introdução.....                                                 | 5  |
| 1.1. Apresentação do tema.....                                     | 5  |
| 1.2. Objetivos da proposta .....                                   | 7  |
| 2. Revisão Bibliográfica.....                                      | 7  |
| 2.1. Desafios do ensino de surdos.....                             | 7  |
| 2.2. Fundamentação teórica sobre a Eletrostática.....              | 8  |
| 2.3 Fundamentação teórica sobre as Teorias da<br>Aprendizagem..... | 12 |
| 2.4. Apresentação do <i>software Modellus</i> .....                | 13 |
| 3. Metodologia.....                                                | 14 |
| 3.1. Descrição da proposta educacional.....                        | 14 |
| 3.2. Construindo a simulação.....                                  | 15 |
| 3.3. Utilizando o simulador.....                                   | 17 |
| 4. Considerações Finais.....                                       | 19 |
| 5. Referências .....                                               | 20 |

## 1. Introdução

A Educação Inclusiva vem sendo um grande debate na educação brasileira e tem sido discutida por alguns dos maiores pensadores do nosso tempo. Vale ressaltar que a inclusão é muito importante para a vida dos alunos com Necessidade Educacional Específica (NEE). A inclusão garante a sua participação na sociedade e que mais estudantes tenham os direitos e responsabilidades para serem reconhecidos pela sociedade. Esta é uma questão muito importante e nesse contexto, a educação dos surdos emergiu como uma área necessitada de estratégias educativas para garantir uma aprendizagem eficaz e significativa às pessoas surdas.

O envolvimento de alunos com NEE pode ser uma tarefa complexa dependendo do grau da deficiência. Por exemplo, uma pessoa surda precisa ter uma assistência mais especializada do que uma pessoa com baixa audição. Portanto, os professores devem ser preparados para todos os alunos participarem das aulas. Além disso, devemos ficar atentos aos desenhos e simulações e levar recursos visuais para dentro de sala de aula para que os alunos entendam melhor o que o professor proporá, com o intérprete dentro de sala de aula. Esta tarefa deve dar sugestões aos professores sobre como a simulação pode ser usada para facilitar a compreensão do capítulo sobre eletrostática.

A ideia central deste produto é dar aos professores o suporte necessário para explicar o fenômeno acima em suas salas de aula e ajudá-lo a aplicar com seus alunos surdos. Observe que os alunos já possuem o conhecimento prévio do conteúdo baseado na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e nas ideias interacionismo de Vygotsky. Portanto, há necessidade de abordar os temas da educação inclusiva para que os alunos surdos possam utilizar e compreender melhor os temas específicos dos trabalhos.

### 1.1. Apresentação do tema

O *Modellus* é um *software* de simulação desenvolvido principalmente para o ensino de Física. Também pode ser acessado e operado pelos próprios alunos, garantindo que eles possam usar seu conhecimento científico e a sua imaginação para aprimorar sua proficiência no campo da Física. Existem diversos recursos visuais à disposição dos alunos na utilização do *software*, e é muito importante o aluno com Surdez ter esse acesso.

Eles podem visualizar interações entre cargas, observar a formação de campos elétricos e compreender fenômenos da eletrostática.

Usar o *Modellus* como ferramenta educacional de ensino para a eletrostática a alunos surdos tem diversas vantagens. Primeiramente, proporciona uma melhor apresentação do assunto e estimula o aprendizado de forma simples e objetiva, tornando-o significativo e motivador para os alunos.

Além disso, o *software* garante uma abordagem mais personalizada às necessidades e ao ritmo de cada aluno. Outra coisa boa são experimentos virtuais. Isso dá aos alunos a oportunidade de utilizar o conhecimento adquirido durante o treinamento para evoluir em relação à tecnologia e ao próprio simulador. O *Modellus* também permite que uma única simulação seja aplicada em múltiplos contextos, com o auxílio de um professor, garantindo assim a ampliação do conhecimento do aluno, ajudando-o a aumentar o seu vocabulário e conhecimento científico aplicando simulações a outras situações do seu cotidiano.

Vale ressaltar que esta ferramenta promove a participação ativa e o desenvolvimento holístico dos alunos surdos no âmbito da educação científica, tornando a aprendizagem mais acessível, significativa e inclusiva.

O *software Modellus* pode ser baixado gratuitamente utilizando o link: <https://docente.ifrn.edu.br/alessandrorolim/informatica-aplicada-a-fisica/software-modellus-4.01/view>. Após o *download* e a instalação do *software*, o docente terá acesso à interface do programa onde poderá fazer inúmeras simulações e modelos para as explicações dos conteúdos dentro da Física.

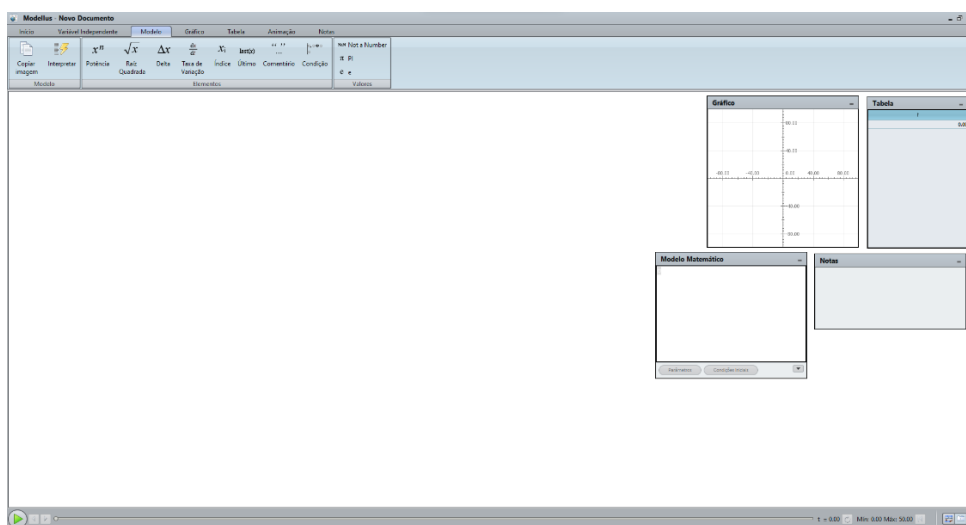


**Figura 1:** Interface do *software Modellus*. Fonte: Própria.

### 1.2. Objetivos da proposta

O objetivo geral da proposta é analisar o potencial do *software Modellus* como ferramenta educacional para a Eletrostática no ensino de surdos.

Os objetivos específicos são listados a seguir:

- Investigar as potencialidades do *software Modellus* para o ensino da eletrostática;
- Desenvolver atividades de ensino de eletrostática utilizando o *software Modellus*;

Para atingir esses objetivos, a dissertação será dividida em três etapas:

- Revisão bibliográfica sobre o ensino de eletrostática para surdos;
- Desenvolvimento de atividades de ensino de eletrostática utilizando o *software Modellus*;
- Aplicação das atividades de ensino de eletrostática e avaliação de sua efetividade.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Desafios no ensino de surdos

Quando falamos em educação inclusiva, referimo-nos a uma proporção de alunos com NEE que prejudica o seu progresso educativo/acadêmico. A perda auditiva é a incapacidade de perceber ondas dentro da faixa audível, ou seja, a incapacidade de ouvir sons. Para isso, os surdos precisam de uma forma de comunicação mais especializada, a chamada Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) que hoje é considerada materna para os surdos. A língua foi introduzida no Brasil durante o período do Segundo Reinado, mais precisamente em 1857, com a fundação do Instituto Nacional de Educação de Surdos (INES). Com essa instituição, os surdos tiveram o seu primeiro local onde poderiam estudar e aprender a LIBRAS, que segundo Mori e Sander (2015), “destaca-se o papel de Dom Pedro II para a história dos surdos, o qual trouxe um professor surdo da França, Ernest Huet, que foi peça fundamental para consolidar a educação dos surdos no Brasil e legitimar o uso da língua de sinais”. No entanto, foi somente em 2002, através da Lei nº.10.436/2002, que a LIBRAS foi reconhecida como meio legal de comunicação. Ou seja, embora tenha sido introduzido no Brasil em 1857, só recentemente foi reconhecido como meio de comunicação.

A educação de surdos ainda enfrenta muitos obstáculos no Brasil. A história destas barreiras remota ao séc. XVIII. Neste período, surgiu uma corrente oralista no qual, Silva e Nembri (2008) afirmam que sempre privilegiou a escrita e a fala. Nessa época, os surdos eram forçados a oralizarem e a escrever, deixando a língua de sinais como um meio inviável para a comunicação. Contudo, surgiu um movimento a favor do uso da língua de sinais e, com ele, uma perspectiva bilíngue. Essa corrente, segundo Silva e Nembri (2008, p.10), “A língua de sinais, na perspectiva do bilinguismo, é assumida como primeira língua, respeitando a diversidade cultural e linguística dos surdos”. Sendo assim, essa corrente aceita a língua de sinais como sendo uma comunidade linguística, fazendo assim a sua imersão dentro da sociedade.

Finalmente, existe um problema maior: faltam referências teóricas para o ensino de Física aos surdos. A recuperação de dados ainda é muito limitada, tornando cada tarefa mais original e com isso este trabalho visa contribuir com o Ensino de Física, aumentando o referencial teórico em termos de Educação Inclusiva. Segundo Silva e Camargo (2020), o desenvolvimento do nível de conhecimento no ensino de física para surdos ainda é muito novo, há cerca de 10 anos, o que dificulta a produção e o encontro de referenciais teóricos.

## *2.2. Fundamentação teórica sobre a Eletrostática*

A eletrostática é o ramo do eletromagnetismo que estuda as cargas elétricas em repouso. Dentro dessa vertente é estudado fenômenos como a força elétrica, campo elétrico e potencial elétrico, tópicos muito importantes para o entendimento de como as cargas elétricas interagem entre si. O conteúdo deste trabalho é baseado em campos elétricos e potenciais elétricos.

### *2.2.1. Carga Elétrica*

A carga elétrica pode ser entendida como sendo uma propriedade inerente a uma substância. Em outras palavras, toda matéria é composta de cargas elétricas. Essas cargas podem ser positivas ou negativas. Cargas de mesmo sinal se repelem e de sinais contrários se atraem. Usando este conceito, podemos definir os conceitos de forças atrativas e repulsivas. Para fins educacionais, existe atração entre cargas de sinais opostos e repulsão entre cargas de mesmo sinal.

A descoberta da carga elétrica ocorreu na Grécia Antiga, através do processo de eletrização por atrito, a partir do atrito do âmbar (“*elektron*” em grego) e pele de animais.

Foi nessas circunstâncias que nasceu o estudo da eletrostática. Segundo Nussenzveig (1997), “A existência de dois tipos de cargas diferentes foi descoberta por Charles François du Fay em 1733”. Charles mostrou que o atrito entre o âmbar com um tecido se repele, enquanto o vidro eletrificado atrai o âmbar eletrizado. Isso traz à tona os tipos de cargas positivas e negativas e os conceitos de atração e repulsão.

Essa ideia deu origem ao princípio da conservação da carga, no qual mostra que apesar do movimento das cargas, a quantidade de carga envolvida no processo sempre é a mesma, ou seja, sempre preservado. Seguindo esse caminho, foi notado que a carga elétrica possui um valor mínimo, a chamada **carga elementar**, e com isso, chegou-se à conclusão de que a carga elétrica pode ser quantificada, ou seja, quando existir um desequilíbrio de cargas em um corpo, o valor da carga adquirida poderá ser definido, em módulo, por,

$$Q = n \cdot e \quad (I)$$

Sendo  $e = \pm 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ , como carga elementar, o menor valor de carga possível.  $Q$ , a quantidade de carga do corpo e  $n$  como sendo o número de prótons (positivo) e elétrons (negativo) a mais naquele corpo. Através disso, pode-se definir que quando há essa diferença entre o número de prótons e elétrons, o corpo estará carregado.

### 2.2.2. Lei de Coulomb

Estudando o fenômeno de atração e repulsão das cargas elétricas, utilizando o equilíbrio de torção de duas esferas carregadas, Charles Augustin de Coulomb, previu que tanto a atração quando a repulsão são diretamente proporcionais ao produto das cargas elétricas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre essas cargas. Essa relação é conhecida como a Lei de Coulomb. Não resta muito,

$$\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{r} \quad (II)$$

Onde,  $\epsilon_0$  é a permeabilidade elétrica no vácuo no qual foi realizado o experimento de Coulomb. Porém, a força elétrica irá depender do meio em que as cargas estarão colocadas.

Usando essa relação, podemos definir que o princípio da superposição de forças existe se tivermos um sistema contendo ‘n’ cargas, ou seja, há sempre a *n-ésima* carga, para determinar a força produzida pela força elétrica aplicada, basta adicionar todo seu poder de ação a uma de suas cargas, logo,

$$\vec{F}_i = \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0} \sum_{j \neq i}^n \frac{q_j}{r_{ij}^2} \hat{r}_{ij} \quad (\text{III})$$

A distância entre as cargas elétricas irá depender do tipo de geometria com que o sistema será feito.

### 2.2.3. Campo Elétrico

A força elétrica é uma força que atua em função da distância, e com isso, pode-se dizer que deve existir um campo operacional para que a força seja aplicada a uma carga elétrica. Este campo é um campo elétrico que pode ser definido como sendo uma região no espaço que exerce uma força elétrica sobre uma carga contida nesse campo. Então, matematicamente podemos dizer:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (\text{IV})$$

Portanto, se equação acima for aberta, podemos encontrar uma solução que afirma que o campo elétrico depende apenas das cargas que o geram, ou seja, a presença das cargas geradoras é suficiente para que o campo elétrico exista. Então,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \hat{r} \quad (\text{V})$$

Observe que os campos elétricos também seguem o princípio da superposição. Para encontrar o campo resultante em um ponto qualquer, basta somar todos os campos que atuam nesse mesmo ponto, sendo assim,

$$\vec{E}_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{r_i^2} \hat{r} \quad (\text{VI})$$

A distância entre a carga e o ponto de interesse irá depender da geometria do sistema.

### 2.2.4. Potencial Elétrico

O campo elétrico é considerado conservativo e, portanto, existe uma função escalar eletrostática, com uma energia definida por unidade de carga, chamada potencial elétrico. Matematicamente,

$$V = \frac{E_{pe}}{q} \quad (\text{VII})$$

No qual, tem-se a energia potencial eletrostática dividido pela carga de prova.

Qual a energia potencial eletrostática dividida pela carga teste? É importante lembrar que o potencial elétrico depende apenas da carga fonte, sendo encontrada na forma:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r} \quad (\text{VIII})$$

Observe que é de natureza escalar, consequentemente, o valor do potencial será sempre um valor algébrico e não vetorial. Vale lembrar que o potencial dependerá, também, da geometria do sistema, sendo assim, obedece ao Princípio da Superposição, ficando assim,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{r_i} \quad (\text{IX})$$

#### 2.2.5. Diferença de potencial

Se as regiões tiverem o mesmo potencial, diz-se que têm potenciais iguais, ou seja, as chamadas **superfícies equipotenciais**. Quando duas ou mais regiões possuem potenciais diferentes, ocorre uma diferença de potencial que é crítica para o movimento das cargas, chamada de corrente elétrica.

Isso nos permite dizer que o movimento dessas cargas existe apenas a partir do momento em que ocorre uma diferença de potencial (tensão). Pode-se afirmar que só irá existir esse movimento. Observe a dedução a seguir:

$$W = - \oint \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (\text{X})$$

$$W = - \int_a^b q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (\text{XI})$$

$$W = q_0 (Ed_a - Ed_b) \quad (\text{XII})$$

$$W = q_0 \Delta V \quad (\text{XIII})$$

Logo, o trabalho da força elétrica irá depender do potencial numa posição inicial  $a$  da carga e do potencial numa posição final  $b$ . Vale salientar que a força elétrica é considerada **conservativa** e por isso o seu rotacional é igual a zero e o trabalho é independente do caminho feito para levar a carga de um potencial  $a$  para um potencial  $b$ .

Para que aconteça o fenômeno do raio, relâmpago e trovão é necessário ter algumas condições. Primeiramente, o ambiente precisa ter passado ou ainda está em uma situação de baixa umidade, pois isso favorece o acontecimento. Em segundo lugar, as nuvens precisam estar extremamente carregada eletricamente para que consiga fazer uma

polarização e um surgimento de um campo elétrico muito intenso entre a nuvem e o solo conseguindo quebrar a rigidez dielétrica do ar.

Com as gotículas de água na atmosfera estão carregadas, o conjunto de faíscas entre essas cargas dão origem à ionização do ar, que inicialmente é isolante e passa a ser condutor, fazendo com que a força elétrica seja forte para puxar os elétrons da nuvem em direção ao solo dando origem ao **raio**. Simultaneamente, com o aumento da intensidade do campo e o aumento da diferença de potencial (d.d.p), a transferência de energia envolvida no processo é maior e conseqüentemente ocorrerá dois fenômenos: um termodinâmico e um quântico.

O fenômeno termodinâmico será referente ao aumento da temperatura do ar ao redor e logo uma expansão abrupta do ar, fazendo surgir o **trovão**. Quando ao fenômeno quântico, como é transferido energia para o ar, logo para os átomos, os elétrons realizam saltos quânticos e ao final do processo, retornam para seu estado natural liberando partículas de luz (fótons), dando origem ao **relâmpago**.

### *2.3. Fundamentação teórica sobre as Teorias da Aprendizagem*

Para realizar a tarefa é importante que o professor conheça quais são as teorias por trás. É importante notar que este estudo se baseia nas contribuições de Vygotsky para a educação especial e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

Para Vygotsky, a sociedade e o mundo real em que as pessoas vivem estão em constante mudança. De acordo com estes princípios, a educação especial também sofreu repentinas mudanças ao longo da história. Portanto, acreditamos que professores e alunos também estão vivenciando essas mudanças que estão fazendo costumes tradicionais fiquem cada vez mais ultrapassados. Além desse princípio, Moreira (1999) afirma que Vygotsky parte do pressuposto de que esse desenvolvimento cognitivo não pode ser compreendido sem o conhecimento do contexto social e cultural ao qual o aluno se insere. Então, os professores devem ter conhecimento sobre os alunos e seu ambiente para promover o seu desenvolvimento intelectual. Assim, os professores devem saber ou buscar compreender em qual ambiente social e cultural em que os alunos surdos se encontram e garantir que seus aprendizados sejam relevantes para esse ambiente.

Logo, antes utilizar simulações, os professores devem ter a compreensão desse meio para explicar o conteúdo aos alunos para que eles possam formar conexões e adquirir conhecimento.

Além de Vygotsky, a aprendizagem significativa oriunda de Ausubel é importante para a aplicação do produto. Porque, segundo Moreira (1999), ele destacou que o processo de ensino-aprendizagem deveria ter uma explicação teórica segundo princípios cognitivistas.

Para Ausubel, para que os alunos aprendam de forma significativa, as novas informações devem passar por todo um processo de conexão com aspectos que são relevantes para o discente, a partir do momento em que ele consegue se conectar com o conhecimento já adquirido. Por exemplo: o conceito de Energia pode ser entendido de várias maneiras, mas, o aprendiz pode fazer uma conexão dos seus conhecimentos anteriores, começando por energia elétrica, para assim, começar a entender e fazer sentido no presente, em suas vidas diárias e no conhecimento existente.

Em última análise, a simulação se baseia nessas duas ideias. Os professores devem ter conhecimento dos ambientes sociais e culturais dos alunos e ser capaz de fazer conexões com o que ensinam, e os alunos devem ter conhecimento prévio a fazer conexões necessárias para que ocorra uma aprendizagem significativa.

#### *2.4. Apresentação do software Modellus*

A proposta de ensinar alunos surdos sobre eletricidade estática usando o *software* educacional *Modellus* foi pensada e desenvolvida através das Teorias de Aprendizagem da interação sociocultural de Vigotski e Aprendizagem Significativa de Ausubel.

De acordo com a Declaração de Salamanca (1994), todos os alunos têm direito a uma educação integral que permita a sua plena e efetiva participação na sociedade. Pensando nisso, é importante que escolas e educadores disponibilizem recursos e estratégias educacionais que atendam às necessidades específicas de cada aluno.

Para os alunos surdos, a língua de sinais é reconhecida como primeira língua, e a comunicação visual é uma importante ferramenta de aprendizagem. Além disso, o ensino bilíngue, composto por língua de sinais e português, é a abordagem recomendada para garantir o acesso ao conhecimento e o desenvolvimento de habilidades linguísticas.

Em relação à tecnologia educacional, o aprendizado vem se tornando mais acessível e inclusivo, devido a facilidade visual dos aplicativos e simulações e também acessibilidade. Por exemplo, *Modellus* é um *software* educacional que cria modelos virtuais para representar situações do mundo real e facilitar a visualização e compreensão de conceitos abstratos.

Nas aulas de Física e Matemática, o uso de modelos virtuais tem se mostrado uma estratégia eficaz para auxiliar na compreensão de conceitos, principalmente para alunos surdos. Esses modelos permitem que os conceitos sejam explorados por meio de imagens, animações e simulações, tornando o aprendizado mais interativo e participativo.

Portanto, a utilização do *software Modellus* como recurso pedagógico no ensino de eletrostática para alunos surdos se fundamenta em diversas teorias e conceitos relacionados à educação inclusiva, a comunicação visual e a tecnologia educacional. O uso desse *software* pode contribuir significativamente para a inclusão educacional desses alunos, garantindo o acesso ao conhecimento e o desenvolvimento de suas habilidades.

### 3. Metodologia

#### 3.1. Descrição da proposta educacional

O *software Modellus* foi escolhido para realizar simulações de fenômenos do raio, relâmpago e trovão. Estes são encontrados no assunto de eletrostática. Nesse simulador, os alunos surdos tem acesso a intensidade sonora, através de gráficos e dos elétrons e dos raios, sendo representados por uma esfera, e dos trovões, representados por um gráfico em forma de onda senoidal.

Observe que os alunos devem demonstrar conhecimento prévio do conteúdo. Por este motivo, as associações de ex-alunos dividem-se em:

**Tabela 1:** Definição dos encontros, conteúdos ministrados e o tempo de duração das aulas.

| Encontros  | Conteúdos ministrados                                           | Tempo de duração    |
|------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------|
| Encontro 1 | Campo elétrico                                                  | 1 hora e 30 minutos |
| Encontro 2 | Potencial elétrico                                              | 1 hora e 30 minutos |
| Encontro 3 | Aplicações dos conteúdos de campo elétrico e potencial elétrico | 1 hora e 30 minutos |
| Encontro 4 | Aplicação do questionário de sondagem                           | 1 hora e 30 minutos |
| Encontro 5 | Aplicação do simulador                                          | 1 hora e 30 minutos |

|            |                                 |                     |
|------------|---------------------------------|---------------------|
| Encontro 6 | Aplicação do questionário final | 1 hora e 30 minutos |
|------------|---------------------------------|---------------------|

Essas reuniões são equivalentes a duas aulas de 50 minutos que o professor deve ministrar. Abaixo está uma descrição do que o professor deve fazer em cada seção.

- Encontro 1: No primeiro encontro, o professor deverá explicar o conceito de campo elétrico, desde a definição do campo até o cálculo do seu efeito.
- Encontro 2: No segundo encontro, o professor deverá explicar o conceito de potencial elétrico desde sua definição até os seus efeitos.
- Encontro 3: Durante o terceiro encontro, o professor deve demonstrar aos alunos onde os dois conceitos serão vistos no cotidiano, fazendo com que o aluno compreenda melhor sobre os conceitos já definidos sobre campo e potencial elétrico.
- Encontro 4: Durante o quarto encontro, o professor deverá realizar atividades de avaliação de conteúdo para garantir que os alunos compreendam ou tenham conhecimento prévio dos temas exigidos.
- Encontro 5: Como os alunos já conhecem e possuem conhecimento sobre o tema, os professores utilizam simuladores para ajudar a aumentarem seu conhecimento sobre o fenômeno dos trovões, relâmpagos e raios.
- Encontro 6: No encontro final, o professor realiza um questionário para verificar se os alunos adquiriram conhecimento utilizando o simulador.

O professor responsável pode ter acesso a um modelo de questionário através do link: <https://forms.gle/DE2iSFVw4eXjgtqN6>. Com esse link, o docente pode ter uma visão de como pode aplicar o questionário para que o aluno possa responder e pode avaliar se o conhecimento foi adquirido.

Ao final de todo o processo, o professor preenche um questionário fornecido pelo criador do simulador para avaliar o simulador e saber como ele ajudou em suas aulas, link: <https://forms.gle/GZv33tLsw51TT1SG7>. Os alunos também preenchem um questionário fornecido pelo criador do simulador. As questões são de natureza avaliativa da aprendizagem e estão relacionadas à contribuição do simulador para a aprendizagem, link: <https://forms.gle/zRhjK7xcHJgYDR678>.

### 3.2. Construindo a simulação

Para a construção da simulação foram seguidos alguns passos.

- **1º passo:** Foi feito a imagem ao fundo, fornecida pelo cônjuge do autor do trabalho, sendo avaliada e corrigida pelo autor e orientadores;
- **2º passo:** Foi utilizada uma bolinha e nela foi ligada a um eixo de coordenada e a equação, no modelo matemático, de um movimento uniforme para que a bolinha caia com velocidade constante e represente o raio.

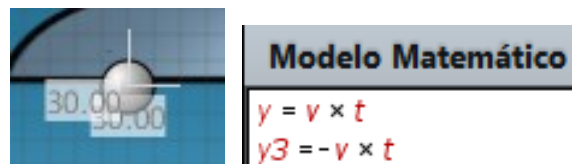


**Figura 2:** Bolinha e equação para a bolinha. *Fonte:* Própria.

- **3º passo:** Foi feito dois pontos e ligados a eles duas equações senoidais, no modelo matemático, para representar a intensidade sonora, e um eixo para a construção desse gráfico durante a simulação.

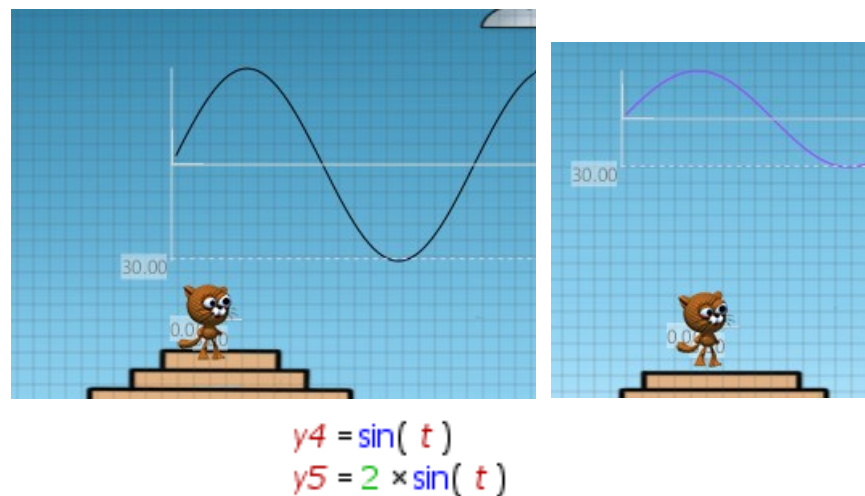


**Figura 3:** Gráficos e equação para os dois pontos. *Fonte:* Própria.

- **4º passo:** Foi colocado dois gatos representando os ouvintes do trovão, mostrados na Figura 3.

### 3.3. Utilizando o simulador

Os professores deverão ter acesso ao simulador, que aborda os seguintes temas:

#### I. Tela inicial

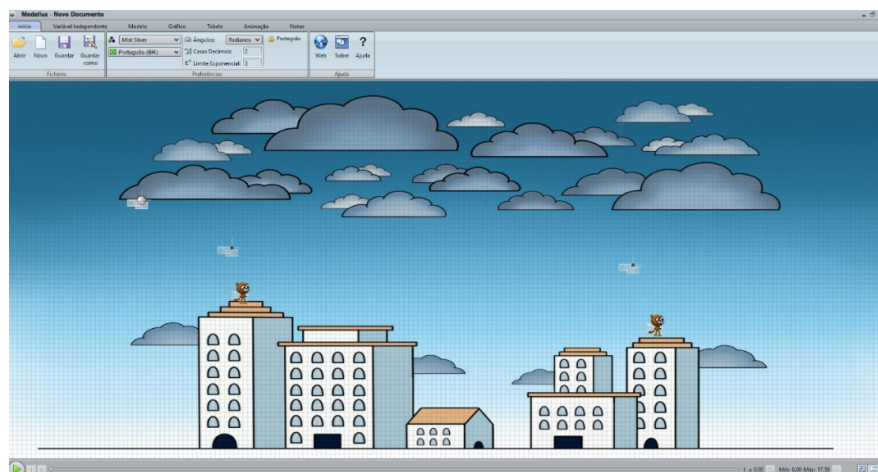


**Figura 4:** Tela da simulação. *Fonte:* Própria

#### II. Elétron representativo do raio e do relâmpago

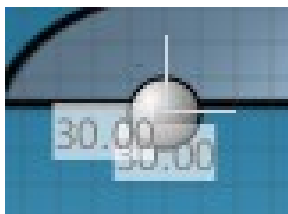


**Figura 2:** Elétron representativo do raio e do relâmpago. *Fonte:* Própria.

#### III. Gato mais próximo e gráfico representando uma maior intensidade sonora

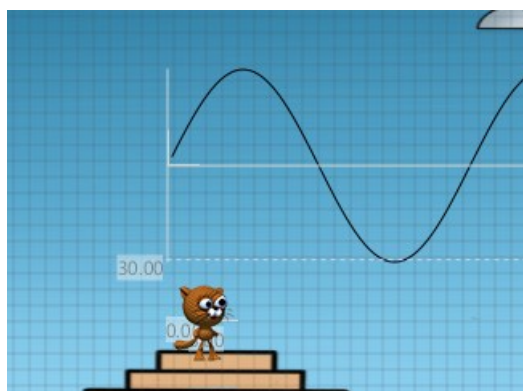


**Figura 5:** Gato mais próximo e gráfico representando uma maior intensidade sonora. *Fonte:* Própria.

- IV. Gato mais distante e o gráfico roxo representando uma menor intensidade sonora

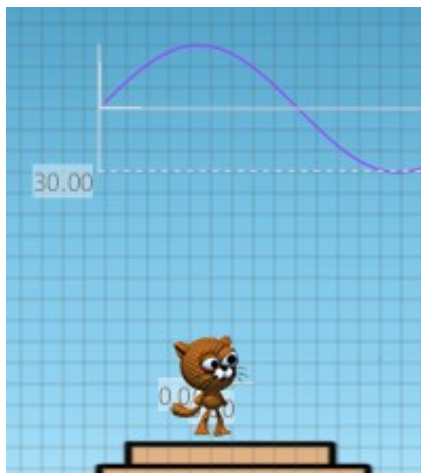


**Figura 6:** Gato mais distante e o gráfico roxo representando uma menor intensidade sonora. *Fonte:* Própria.

- V. Botão de *play* para dar início a simulação

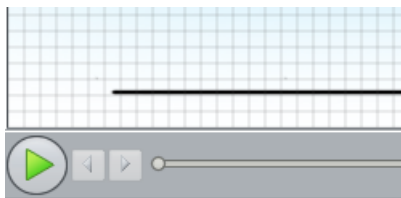


**Figura 7:** Botão de *play* para dar início a simulação. *Fonte:* Própria.

- VI. Tela final após a simulação

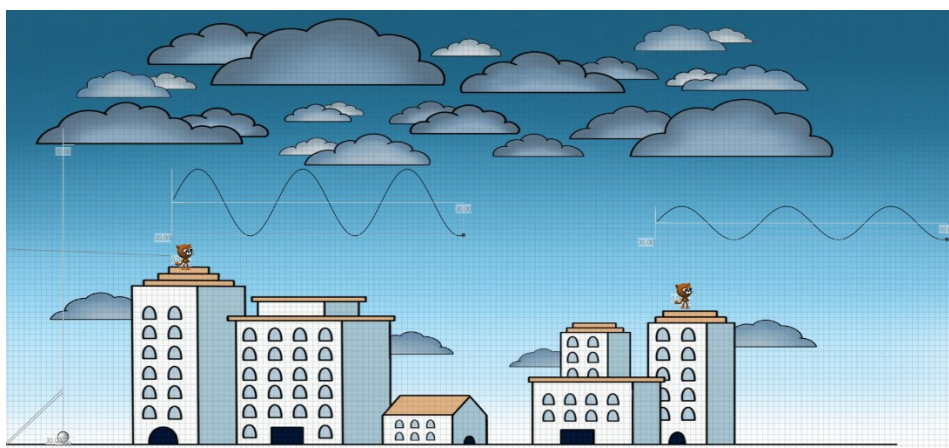


**Figura 8:** Tela final após a simulação. *Fonte:* Própria.

Na figura 1, mostra o projeto de simulação. Já na figura 2, a pequena esfera cinza representa elétrons viajando das nuvens para o solo. Portanto, é mostrada a transferência de elétrons e o professor explica essa representação de trovões e relâmpagos com um intérprete. Depois de visualizar a simulação, os alunos podem observar as figuras 3 e 4. Aqui, o gato está ouvindo o som do trovão. A figura preta representa a intensidade sonora de alta amplitude devido ao ruído próximo à borda inferior do raio, e a figura roxa representa a intensidade sonora de baixa devido ao baixo ruído de descargas atmosféricas distante. Na figura 5, quando o professor estiver pronto para demonstrar a simulação, ele clica no botão de *play*. Finalmente, os alunos analisam a figura 6. Nela, é mostrado a simulação completa já realizada e a diferença entre os dois gráficos utilizados para mostrar a diferença da intensidade sonora com a distância de queda do raio.

#### 4. Considerações finais

A inclusão é muito importante para todos. Isto significa que as pessoas com deficiência física ou mental estão integradas na sociedade. Em sala de aula, os professores e toda equipe escolar devem receber a formação necessária para acolher os alunos com necessidades educacionais específicas.

Portanto, a simulação desenvolvida visa apoiar os professores no conteúdo de eletrostática. Este *software* permite incluir alunos portadores de alguma NEE e nesse trabalho, especificamente, é voltado para pessoas que possuem a surdez. Logo, ao final da simulação, espera-se que os alunos compreendam o conteúdo e sejam capazes de distinguir entre os conceitos e processos dos fenômenos de raios, relâmpagos e trovões.

## 5. Referências

- Mori, N. N. R.; Sander, R. E. **História da educação dos surdos no Brasil.** Universidade Estadual e Maringá. Paraná. Seminário de Pesquisa do PPE. 2015.
- Nussenzveig, H.M. **Curso de Física Básica/ h. Moysés Nussenzveig.** 1 edição- São Paulo: Edgard Blücher, v.3. 1997.
- Moreira, M. A. **Teoria de aprendizagem/ Marco Antônio Moreira.** São Paulo: EPU, 1999.
- Silva, A. C. Nembri, A. G. **Ouvindo o silêncio: educação, linguagem e surdez.** Porto Alegre: Mediação, 2008. 136 p.