

**INSTITUTO FEDERAL**

Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO  
PERNAMBUCANO  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA  
CAMPUS SERRA TALHADA**

**ELISMÁRIO MANDÚ DOS SANTOS**

**DIVERSIFICANDO O ENSINO DE FÍSICA: PROPOSTA DE SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA.**

**SERRA TALHADA**

**2022**

ELISMÁRCIO MANDÚ DOS SANTOS

DIVERSIFICANDO O ENSINO DE FÍSICA: PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA  
PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Serra Talhada, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador(a): Prof. Dr. Daniel Cesar de Macedo Cavalcante.

SERRA TALHADA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

S237 Santos, Elismárcio Mandú dos.

Diversificando o ensino de Física: proposta de sequência didática para o ensino de Eletrostática. / Elismárcio Mandú dos Santos. - Serra Talhada, 2022.  
131 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Serra Talhada, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Daniel Cesar de Macedo Cavalcante.

1. Ensino de Física. 2. Sequência Didática. 3. Interdisciplinaridade. I. Título.

CDD 530.07

---

ELISMÁRCIO MANDÚ DOS SANTOS

DIVERSIFICANDO O ENSINO DE FÍSICA: PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA  
PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA.

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso de  
Licenciatura em Física do Instituto Federal  
de Educação, Ciência e Tecnologia do  
Sertão Pernambucano, Campus Serra  
Talhada, como requisito parcial à obtenção  
do título de Licenciado em Física.

Aprovado em: 01/ 07/ 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

Daniel Cesar De  
Macedo Cavalcante

Assinado de forma digital por Daniel Cesar De  
Macedo Cavalcante

Dados: 2022.08.10 10:22:09 -03'00'

Versão do Adobe Acrobat Reader: 2022.001.20169

---

Prof. Dr. Daniel Cesar de Macedo Cavalcante  
IFSertãoPE – Campus Serra Talhada  
Orientador

---

Prof. Me. Daniel de Souza Santos  
IFSertãoPE – Campus Serra Talhada  
Examinador Interno



---

Prof<sup>a</sup>. Me. Daniela Santos Silva  
IFSertãoPE – Campus Serra Talhada  
Examinadora Interna

---

Prof. Esp. Gerivaldo Bezerra da Silva  
IFSertãoPE – Campus Floresta  
Examinador Externo

Dedico a minha família, amigos e todos aqueles que incentivaram e colaboraram de alguma forma para toda a construção deste trabalho, por, de certa forma, terem me dado energia para sempre continuar em frente e buscar resultados até o fim.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus, pois sem ele nada seria possível e todo meu esforço seria em vão, é graças a ele que sempre tive minhas forças renovadas para sempre continuar, persistir e nunca desistir do meu objetivo.

A minha família, aqueles que sempre perguntavam como estava indo, se estava dando certo e que me deram forças infinitas para trilhar esta jornada cansativa, mas de grandes conquistas e vitórias.

A todos os meus professores que estiveram na minha carreira acadêmica que, de certa forma, me aconselharam e me direcionaram a sempre ir mais longe, a sempre dedicar o meu potencial máximo naquilo que almeja alcançar, por mais difícil que fosse o caminho.

A meus professores da graduação, em especial meu orientador Dr. Daniel Cesar, que fez um bom trabalho em orientar-me nesta produção, para que um bom trabalho fosse elaborado.

E, por fim, não posso esquecer dos meus colegas de sala, grandes amigos que fiz durante esta etapa da vida, todas as brincadeiras, as risadas que fizeram do curso um período muito bom.

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção. Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender.”

(Paulo Freire)

## RESUMO

O ensino de Física na forma tradicional sempre foi pautado pela transmissão expositiva do conhecimento, sem tantos experimentos, sem demonstrações de como os fenômenos acontecem. Nesta perspectiva, novas formas e novas metodologias vêm sendo implementadas por professores que buscam diversificar e modificar a forma de ensinar Física, trazendo interdisciplinaridade e a interligação entre conceito e prática com o intuito de favorecer o ensino-aprendizagem dos docentes e discentes. Assim, neste mesmo pensamento, o objetivo deste trabalho é elaborar uma sequência didática utilizando metodologias distintas das usuais, como exemplo a Literatura de Cordel, que traz um incentivo a leitura, a Sala de Aula Invertida, que busca a participação ativa do aluno e os experimentos de baixo custo junto com as simulações computacionais para, de certa forma, demonstrar na prática o que diz a teoria estudada. O tema escolhido foi Eletrostática, onde a proposta pedagógica está separada em cinco capítulos, cada um deles com um subtópico específico do tema, mas todos abrangendo as quatro metodologias citadas. É perceptível que utilizar novos métodos podem fazer o ensino de Física algo mais dinâmico e atrativo ao mesmo tempo que se ensina um conteúdo complexo.

**Palavras-chave:** ensino de física; sequência didática; interdisciplinaridade.

## **ABSTRACT**

The teaching of Physics in the traditional way has always been guided by the expository transmission of knowledge, without so many experiments, without demonstrations of how the phenomena happen. In this perspective, new forms and new methodologies have been implemented by teachers who seek to diversify and modify the way of teaching Physics, bringing interdisciplinarity and the interconnection between concept and practice in order to favor the teaching-learning of teachers and students. Thus, in this same thought, the objective of this work was to elaborate a didactic sequence using different methodologies from the usual ones, as an example the Cordel Literature, which brings an incentive to reading, the Inverted Classroom, which seeks the active participation of the student and the low-cost experiments along with computer simulations to, in a way, demonstrate in practice what the studied theory says. The chosen theme was Electrostatics, where the pedagogical proposal is separated into five chapters, each with a specific subtopic of the theme, but all covering the four methodologies mentioned. It is noticeable that using new methods can make Physics teaching something more dynamic and attractive while teaching complex content.

**Keywords:** physics teaching; didactic sequence; interdisciplinarity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema do Desenvolvimento Cognitivo.....	21
Figura 2 - Processos de Aprendizagem.....	23
Figura 3 - Ilustração do experimento “Balões a existência de cargas elétricas”.....	36
Figura 4 - Simulação “Balões e Eletricidade Estática”.....	39
Figura 5 - Ilustração dos materiais para a “Corrida de latinhas”.....	47
Figura 6 - Simulação “Balões e Eletricidade Estática”.....	50
Figura 7 - Série Triboelétrica.....	51
Figura 8 - Ilustração do experimento “Canudos brigões”.....	59
Figura 9 - Simulação “Lei de Coulomb”.....	62
Figura 10 - Ilustração do experimento “Papéis pegajosos”.....	71
Figura 11 - Simulação “Campo Elétrico dos Sonhos”.....	73
Figura 12 - Ilustração do experimento “Cabo de guerra com latinha”.....	82
Figura 13 - Simulação “Cargas e Campos”.....	85

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Questões para resolver em sala sobre Cargas Elétricas.....	31
Quadro 2	- Questões para propor durante o debate.....	33
Quadro 3	- Exercícios de fixação sobre Cargas Elétricas.....	34
Quadro 4	- Procedimentos para o experimento sobre Cargas Elétricas.....	36
Quadro 5	- Atividade proposta sobre Cargas Elétricas (experimento).....	37
Quadro 6	- Tópicos para a aula conceitual sobre Cargas Elétricas.....	40
Quadro 7	- Atividade avaliativa sobre Cargas Elétricas.....	40
Quadro 8	- Questionário para resolução em sala sobre Eletrização.....	43
Quadro 9	- Experimento sobre Eletrização.....	47
Quadro 10	- Atividade proposta sobre Eletrização.....	49
Quadro 11	- Questões sobre Eletrização (simulação).....	52
Quadro 12	- Problemas sobre a Lei de Coulomb.....	55
Quadro 13	- Pontos a serem tratados durante o debate.....	57
Quadro 14	- Experimento sobre Lei de Coulomb.....	59
Quadro 15	- Questões sobre Lei de Coulomb (experimento).....	60
Quadro 16	- Dinâmica do jogo sobre Lei de Coulomb.....	63
Quadro 17	- Pontos para direcionar o debate sobre Campo Elétrico.....	68
Quadro 18	- Questões propostas sobre Campo Elétrico.....	69
Quadro 19	- Procedimentos para o experimento sobre Campo Elétrico.....	71
Quadro 20	- Questões sobre Potencial Elétrico.....	76
Quadro 21	- Pontos que devem ser tratados no debate sobre Potencial Elétrico.....	79
Quadro 22	- Atividade proposta para resolver em casa.....	79
Quadro 23	- Procedimentos para o experimento sobre Potencial Elétrico .....	81

Quadro 24 - Questionário sobre Potencial Elétrico (experimento).....	83
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Projetos
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
SAI	Sala de Aula Invertida
SD	Sequência Didática
ZDI	Zona de Desenvolvimento Imediato
ZDR	Zona de Desenvolvimento Real

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
2.1	Geral .....	17
2.2	Específicos.....	17
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>18</b>
3.1	Ensino de Física.....	18
3.2	A teoria de Vygotsky e as zonas de desenvolvimento .....	20
3.3	Aprendizagem significativa de Ausubel.....	22
3.4	Metodologias Ativas.....	24
3.4.1	O Ensino de Física através da Literatura de Cordel.....	24
3.4.2	Sala de Aula Invertida.....	25
3.4.3	O uso de experimentos de baixo custo .....	26
3.4.4	Simulações Computacionais como método de ensino.....	27
3.5	As Sequências Didáticas na Educação .....	28
<b>4</b>	<b>PROPOSTA PEDAGÓGICA.....</b>	<b>30</b>
	CAPÍTULO 1: PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O ENSINO DE CARGAS ELÉTRICAS.....	30
	CAPÍTULO 2: PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O ENSINO DE ELETRIZAÇÃO.....	41
	CAPÍTULO 3: PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O ENSINO DA LEI DE COULOMB.....	53
	CAPÍTULO 4: PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O ENSINO DE CAMPO ELÉTRICO.....	66
	CAPÍTULO 5: PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O ENSINO DE POTENCIAL ELÉTRICO.....	75
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>88</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>89</b>
	APÊNDICE A – CORDEL SOBRE CARGAS ELÉTRICAS.....	94
	APÊNDICE B – CORDEL SOBRE ELETRIZAÇÃO.....	97
	APÊNDICE C – CORDEL SOBRE LEI DE COULOMB.....	99
	APÊNDICE D – CORDEL SOBRE CAMPO ELÉTRICO.....	102

APÊNDICE E – CORDEL SOBRE POTENCIAL ELÉTRICO .....	105
ANEXO A – TEXTO 1: CARGA ELÉTRICA.....	110
ANEXO B – TEXTO 2: ELETRIZAÇÃO.....	114
ANEXO C – TEXTO 3: LEI DE COULOMB.....	117
ANEXO D – TEXTO 4: CAMPO ELÉTRICO.....	121
ANEXO E – TEXTO 5: POTENCIAL ELÉTRICO.....	126

## 1 INTRODUÇÃO

Pesquisas e estudos voltados para o ensino de Física, buscando sintetizar conhecimento acerca desse assunto, apontam os desafios enfrentados no ensino-aprendizagem dessa disciplina, muitos deles ocasionados pela metodologia usada em sala e segundo Moreira (2020, p. 1), “vivemos na cultura do ensino para a testagem, conhecido internacionalmente como *teaching for testing*. As escolas funcionam mais como centros de treinamento do que como centros educacionais”.

Tendo em vista que o ensino de Física, desde os primórdios da educação, utiliza-se da forma de ensino tradicional onde o método expositivo é predominante e o baixo índice de utilização da prática experimental se faz presente nas aulas, o que torna o ensino preso a teoria e aumenta a dependência no livro didático. (DIOGO; GOBARA, 2007).

Considerando todos os fatores contribuintes para tais peculiaridades do Ensino de Física, é importante salientar que esses problemas não são exclusividade de uma única época, mas são características que se tornam atemporais e que regem o Ensino de Física há muito tempo. (COSTA; BARROS, 2015).

Atrelado a isso, outro fator problemático é a falta de professores devidamente formados na área e os poucos que estão aptos para tal trabalho são obrigados a seguir o planejamento pedagógico, tal que, avalia os alunos através de provas, o que faz do ensino um treinamento para aprender as respostas corretas e não aprender a Física de fato. (MOREIRA, 2018).

Sabe-se que a carência de professores em diversas áreas, incluindo à Física, se faz presente no cotidiano educacional, em diferentes escolas, seja pública ou particular. Há uma preocupação com a diferença de professores licenciados e a de turmas estimadas, o número de alunos é cada vez maior e o de professores cada vez menor (ARAUJO; VIANNA, 2011).

Analisando os métodos usados e a forma de ensino abordada na sala de aula antigamente, nota-se que esta está ultrapassada e necessita de mudanças. No ano de 2020, com a necessidade de modificar o ensino por causa da pandemia do Covid-19 e do isolamento social, surge o ensino remoto, uma forma de ensino a distância que impactou a educação. Atrelado ao novo ensino, veio a implementação das tecnologias digitais na prática docente, possibilitando uma nova forma de interação, colaboração e aprendizagem dos discentes. (SILVA, 2020).

Com a busca constante dos docentes por metodologias que auxiliem nas aulas, desde vídeos, apresentações, jogos, dinâmicas, formas de modificar e aprimorar o ensino, surge a utilização da literatura de cordel vista por muitos como um meio viável de método de ensino, mesmo em aulas de Física, “O Cordel (poesia popular) foi escolhido para ser trabalhado em sala de aula com um tema transversal, a fim de que se pudesse comparar seu potencial didático em relação a um texto convencional (em prosa).” (BARBOSA; PASSOS; COELHO, 2011, p. 164).

A literatura de cordel não é a única metodologia utilizada no ensino, as chamadas metodologias ativas crescem constantemente nas salas de aula, seja no ambiente virtual ou presencial, pelo fato de que, “metodologias ativas são, portanto, aquelas em que, durante a ensinagem, os alunos participam ativamente do processo, ao invés de apenas escutar de modo passivo o professor.” (STUDART, 2019, p. 1).

Com o ensino remoto, o tempo do aluno com o professor ficou redefinido e curto comparado com o ensino presencial, sendo assim o uso das metodologias ativas foi de grande importância, pois nesse método os alunos são o pilar fundamental na sua aprendizagem, o que deixa de lado a forma de ensino tradicional e tira o professor como elemento central. (VALENTIM, 2021).

Ainda, como afirmam Mitre *et al.* (2008, p. 2135), “as metodologias ativas estão alicerçadas em um princípio teórico significativo: a autonomia [...]. A educação contemporânea deve pressupor um discente capaz de autogerenciar ou autogovernar seu processo de formação”. Sendo assim, a forma do aluno enxergar a educação é, de fato, redefinida.

Um exemplo dessas metodologias é a chamada Sala de Aula Invertida (SAI), que tem como objetivo principal inverter a dinâmica na sala de aula, ou seja, na aula presencial o aluno não mais sentará e assistirá uma aula expositiva, como cita Silva *et al.* (2020, p. 494),

Na SAI o estudante irá ser orientado pelo professor com relação ao conteúdo que será ministrado. Esta estratégia possui duas etapas: (1) uma virtual, em que o professor irá selecionar o conteúdo e compartilhar com a turma por alguma plataforma on-line (por exemplo, *Google Sala de Aula*, E-mail, *Whatsapp* etc.) de sua preferência, em que os estudantes vão estudar o conteúdo da aula[...]; (2) uma presencial, em que o estudante que já teve contato com o conteúdo e o estudou, vem para sala de aula debater com os colegas e com o professor sobre o que foi estudado, assim o professor irá contribuir com sua experiência e aprofundar o conteúdo, além de sanar as dúvidas que surgiram durante o estudo do conteúdo.

Ainda sobre a SAI, Oliveira, Araujo e Veit (2016) falam que essa metodologia coloca o aluno como pilar central da sua aprendizagem, fazendo com que o professor passe de principal detentor do conhecimento para orientador de estudo, pois os alunos estudam os tópicos a serem discutidos na aula, através de atividades prévias onde eles têm o contato com o conteúdo e depois discutem-no com os colegas e com o professor.

Quando fala-se do ensino de Física, por ela ser da área das ciências exatas, o uso de experimentos é um ponto importante a considerar-se, pois os experimentos são a porta para interligar a teoria com a prática. Pensando nisso, Araújo e Abib (2003, p. 176) falam que,

De modo convergente a esse âmbito de preocupações, o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente.

Entretanto, aulas experimentais podem se tornar um problema para os professores, pois algumas instituições de ensino não dispõem de equipamentos e de locais adequados para a realização da prática laboratorial. Daí surge o uso de materiais de baixo custo para elaboração dos experimentos, pois “a experimentação utilizando materiais de baixo custo dá ao professor liberdade para realizar experimentos sem a dependência de infraestrutura e de equipamentos usualmente indisponíveis em escolas públicas.”(NOGUEIRA; HERNANDES, 2021, p. 2).

Uma consideração importante de citar é o crescimento das tecnologias no ensino, a utilização de recursos multimídia que é facilitada pelos avanços tecnológicos recentes provoca mudanças nas formas de agir e de interagir com os estudantes, além de mudanças na forma de comunicação, trabalho e aprendizagem. (SOUZA FILHO, 2010).

Tratando-se do uso de tecnologias, tais como as simulações computacionais, durante as aulas de Física, Heckler, Saraiva e Filho (2007, p. 268) mencionam que,

As animações e simulações são consideradas, por muitos, a solução dos vários problemas que os professores de física enfrentam ao tentar explicar para seus alunos fenômenos demasiado abstratos para serem “visualizados” através de uma descrição em palavras, é demasiado complicado para serem representados através de uma única figura.

Desta maneira, surge este trabalho que tem o propósito de elaborar uma proposta pedagógica onde serão abordadas metodologias para auxiliar no ensino-aprendizagem da disciplina de Física com relação ao assunto eletrostática.

## 2 OBJETIVOS

### GERAL:

- Elaborar uma sequência didática relacionada ao ensino de Eletrostática, utilizando metodologias inovadoras que podem ser implementadas no ensino de Física.

### ESPECÍFICOS:

- Utilizar a literatura de cordel como material interdisciplinar que auxilie o professor no ensino-aprendizagem dos discentes;
- Utilizar a Sala de Aula Invertida para tornar o ensino de Física mais dinâmico e participativo por parte dos alunos;
- Utilizar Experimentos de baixo custo e de fácil construção, para que o aluno possa enxergar os fenômenos estudados com mais clareza e praticidade;
- Utilizar uma simulação computacional como um material de apoio ao professor para demonstrar como os fenômenos físicos acontecem, além de auxiliar no estudo e compreensão dos discentes;
- Proporcionar aos alunos uma forma diferente de enxergar a disciplina de Física do Ensino Médio e ao mesmo tempo proporcionar um aprendizado lúdico e dinâmico.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 O ensino de Física

Em muitas escolas o ensino de Física baseia-se na preparação dos alunos para as avaliações, de modo que, isso seja espelhado na nota obtida pelo aluno, em outras palavras, o ensino de Física, segundo Moreira (2020), “Porque os alunos não aprendem Física significativamente. Memorizam mecanicamente fórmulas, definições, respostas certas, para serem reproduzidas nas provas e esquecidas logo depois.”

Nesta perspectiva, surgem problemas relacionados ao ensino-aprendizagem da Física, pelo fato de que, aprendê-la não é decorar fórmulas para resolver problemas ou definições e leis para dar respostas corretas nas provas, compreender Física vai muito além desse modelo educacional. “Ensinar e aprender Física envolve conceitos e conceitualização, modelos e modelagem, atividades experimentais, competências científicas, situações que façam sentido, aprendizagem significativa, dialogicidade e criticidade, interesse”. (MOREIRA, 2020).

É observável que, no Brasil, o ensino de Física no nível médio está norteado pelos chamados Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), donde tratam que:

A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCNEM. Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. (BRASIL, 1999).

Já os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), publicados no ano de 2000, destacam a importância da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) no sentido de tornar o Ensino Médio como parte do ensino básico. Em geral, valoriza um ensino como formação geral, que busca desenvolver no aluno a capacidade de pesquisar, de analisar e de selecionar, um ensino que, de fato, forme um cidadão com a capacidade de aprender, de buscar, de criar e de formular, ao invés do simples exercício de memorização do que está estudando. (BRASIL, 2000).

Ainda sobre isso, Novak (1981) pressupõe que “já o conhecimento é compreendido como parte integrante das estruturas cognitivas e não apenas como capacidade de resolver problemas”.

Outro ponto a ser tratado são as práticas docentes onde muitos pesquisadores na área de Ensino de Física expõem trabalhos e ideias a respeito desta temática que podem ser adotadas por professores para uma aprendizagem efetiva de seus estudantes. (VALÉRIO, 2015).

Atrelado a isso, nos últimos anos, tem sido possível observar uma grande deficiência relacionada ao ensino de Física nas escolas públicas brasileiras. Diversos fatores podem ser apontados como responsáveis para esta situação, exemplo, a dificuldade de professores que não têm formação na área, o número pequeno de aulas oferecidas semanalmente, e também, as precárias condições de trabalho de algumas escolas. (ROSSI, 2015).

Os fatores listados acima contribuem para que os alunos vejam a Física como uma disciplina da grade curricular, muitas vezes, sem sentido e sem nenhuma utilidade, o que acarreta um completo desinteresse e desmotivação por parte dos alunos em estudar a mesma. (ROSSI, 2015).

É perceptível que as dificuldades e os problemas que afetam o sistema de ensino geral e particularmente falando do ensino de Física é algo que não é recente. As consequências disso, são observadas nos resultados insatisfatórios nas avaliações, tanto internas, as avaliações bimestrais, como externas às unidades escolares, exemplo desta última, os vestibulares e o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), dentre outras. (GOMES; CASTILHO, 2010).

Neste contexto, Melo (2010) reitera que “os problemas que afetam o sistema de ensino, particularmente o ensino de Física, as quais não são recentes e têm sido diagnosticadas há muitos anos, levando diferentes grupos de estudiosos e pesquisadores a refletirem sobre suas causas e consequências”.

Dentro da percepção de Borges (2006) onde fala que “para melhorar o ensino de Física e de Ciências de uma forma geral, precisamos aumentar o número de professores de Física que formamos atualmente (...) precisamos mudar a qualidade dos professores formados”.

O autor ainda complementa presumindo que:

algumas das dificuldades e resistências como muitas outras demandas que jogamos sobre as escolas, não são todas oriundas de problemas relacionados ao ensino de Física e a sua melhoria. É forçoso reconhecer que muitas destas são problemas, não das escolas, mas da sociedade como um todo. (Borges, 2006)

Desta forma, o sistema educacional tem pela frente um grande desafio que é implantar, no âmbito escolar, atividades que envolvam uma maior participação por parte dos alunos, ou seja, que eles possam, de fato, por “a mão na massa” e que os conteúdos que estarão sendo ministrados levem em consideração o cotidiano e o dia a dia do aluno. Portanto, só assim acontecerá um despertar de interesses pela disciplina e conseqüentemente poderão aprender e compreender os fenômenos da Física. (ARAÚJO; ABIB, 2003).

É considerável que quando o significado não é atribuído e nem incorporado à estrutura prévia de conhecimento dos alunos, o aprendizado passa a ser mecânico, isto é, as novas informações são assimiladas e compreendidas momentaneamente, porém são esquecidas futuramente, pois não interagem diretamente com os conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo, o que prejudica o aprendizado do aluno. (ROSSI, 2015).

Atrelado a isso, indo mais além diante deste mesmo contexto, Valente (1999) pressupõe que:

A aprendizagem pode ocorrer basicamente de duas maneiras: a informação é memorizada ou é processada pelos esquemas mentais e esse processamento acaba enriquecendo esses esquemas. Neste último caso, o conhecimento é construído. Essas diferenças em aprender são fundamentais, pois em um caso significa que a informação não foi processada e, portanto, não está passível de ser aplicada em situações de resolução de problemas e desafios. Essa informação, quando muito, pode ser repetida de maneira mais ou menos fiel, indicando a fidelidade da retenção. Por outro lado, o conhecimento construído está incorporado aos esquemas mentais que são colocados para funcionar diante de situações problema ou desafios. Neste caso, o aprendiz pode resolver o problema, se dispõe de conhecimento para tal ou deve buscar novas informações para serem processadas e agregadas ao conhecimento já existente.

Como complemento ao que diz Valente (1999), sobre as maneiras de aprendizagem significativa e a forma de como o aluno adquire o conhecimento acerca de um determinado assunto, Pelizzari et al. (2002) aponta que:

A aprendizagem é muito mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento de um aluno e adquire significado para ele a partir da relação de seu conhecimento prévio.

### **3.2 A teoria de Vygotsky e as zonas de desenvolvimento**

Escritores que já se depararam com as ideias de Vygotsky buscam compreender o que o autor tem a dizer sobre a educação, como exemplo disto Moreira (2011) fala que na teoria da mediação proposta por Vygotsky o aluno,

estando na condição de uma pessoa socialista, percorre um processo de aprendizagem sociocultural, ou seja, sua aprendizagem faz-se por meio do intermédio das interações com o meio.

Interligado a estas considerações, Azevedo (2009), Bellucco e Carvalho (2013), concordam com a ideia de Vygotsky ao afirmar que as relações sociais que o aluno têm na sala de aula é aceita como base do desenvolvimento cognitivo para a construção do conhecimento. Percebe-se, assim, que a convivência do aluno dentro da sala de aula vem a ser um fator diretamente contribuinte da sua aprendizagem.

Tratando-se do ensino de Física, sabe-se que é uma área que contempla tanto teoria quanto prática, quando se trabalha com a prática experimental, entra-se nas chamadas zonas de desenvolvimento do indivíduo, sendo elas a zona de desenvolvimento real (ZDR) e a zona de desenvolvimento imediato (ZDI), que, segundo Vygotsky (1978), o amadurecimento cognitivo depende dos conceitos desenvolvidos nessas zonas.

A forma como Vygotsky (1978) esquematiza esse desenvolvimento e a forma como ocorre o processo de mudança de uma zona à outra está ilustrado na **Figura 1**.

**Figura 1** - Esquema do Desenvolvimento Cognitivo



Fonte: BRAZ, 2018.

Esse esquema pode ser entendido da seguinte forma: a ZDR indica o nível em que o discente se encontra, denotando o ponto de partida (análise diagnóstica) para iniciar um conceito. Esse processo sempre é realizado no início das aulas. Já a ZDI é a zona em que o discente necessita de um mediador na concretização de tais conceitos, podendo ser mediado por um agente, que nesse caso seria o professor ou por um material, por exemplo um experimento. (BRAZ, 2018).

Assim, a efetivação do real conhecimento do aluno ocorre quando o mesmo passa de ZDI para a ZDR, ou seja, quando o aluno deixa de lado a necessidade de

um mediador ou do professor para auxiliar no processo de realização de suas atividades educacionais. (Vygotsky, 1978).

É importante ressaltar que as zonas de desenvolvimento ocorrem quando o aluno, no início da aula se encontra na ZDR, daí durante a aplicação do trabalho pedagógico ele percorre a ZDI e na ao final do trabalho pedagógico o mesmo passa a estar na ZDR novamente. (Chaiklin, 2011).

Daí Braz (2018) complementa, “baseando-se nos estudos de Vygotsky, consegue-se ter uma noção de como trabalhar com os alunos que não conseguem compreender o assunto da aula. Isso ocorre, porque, em muitos casos, os alunos não conseguiram chegar às ZDR nos conceitos anteriores”.

Pode-se concluir, portanto, que o papel do educador torna-se ainda mais importante neste sentido, pois a intervenção pedagógica é uma peça importante para tornar o novo conhecimento significativo, partindo das experiências já vividas pelos alunos em seu contexto sócio-cultural e social, participando de forma dinâmica para construção de novos saberes e de novas formas de aprendizagem. (FORTUNATO, 2020).

### **3.3 Aprendizagem significativa de Ausubel**

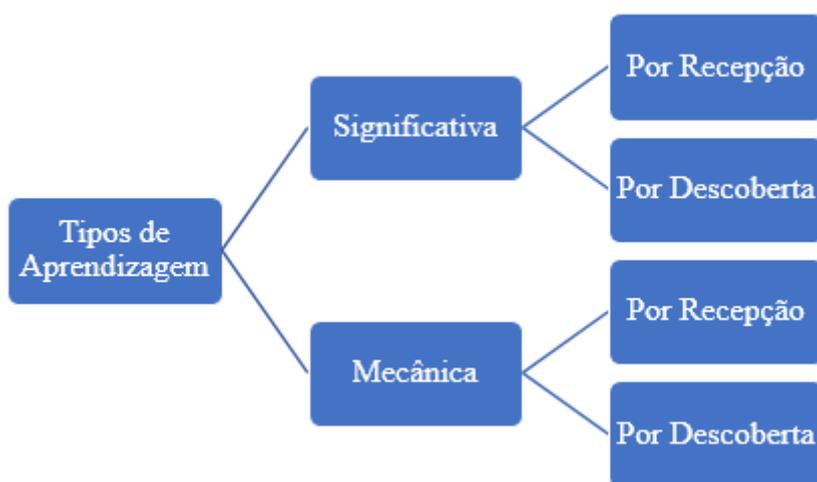
David Ausubel (2003) apresenta a teoria da aprendizagem significativa, como ideia central é fator relevante, aquilo que o aprendiz já sabe e o que ele traz consigo. Para ele, a aprendizagem significativa é determinada por um processo em que a nova informação, se relaciona com um aspecto importante da estrutura cognitiva que o indivíduo já possui.

Neste processo, a nova informação ancora-se a um subsunçor, ou seja, a uma estrutura cognitiva específica que já preexistia, onde é conceituada como uma ideia âncora, ocorrendo a aprendizagem significativa. Com isso, o autor enxerga a aprendizagem como um processo de organização de informações na mente humana, em que, parecido com uma hierarquia, os conhecimentos mais específicos são relacionados a conceitos e ideias mais gerais. (LUIZ, 2018).

Ausubel et al (1980), ainda afirma que uma aprendizagem significativa ocorre quando há uma ampliação da estrutura cognitiva, fazendo com que novos conceitos possam ser adquiridos, sempre relacionando-se com os conhecimentos preexistentes em si.

Esta estrutura cognitiva liga-se diretamente com os processos de aprendizagem, o que pode-se observar, com base na teoria de Ausubel et al (1980), que ocorre uma esquematização destes processos. A **Figura 2** relata de que maneira pode-se esquematizar esses processos.

**Figura 2** - Processos de Aprendizagem



Fonte: BRAZ, 2018.

Na Teoria de Aprendizagem Significativa, Ausubel (2000) defende uma aprendizagem baseada em conceitos. Esses conceitos podem ser objetos, congressos, programas ou regras. E pode-se verificar que os mesmos possuem algum significado comum ou algum símbolo.

Pode-se distinguir em dois processos para a aquisição da Aprendizagem de Conceitos, o primeiro é conhecido como “*conceptual*” e o segundo como “*assimilação conceptual*”. (AUSUBEL, 2000).

O primeiro é o “*conceptual*”, aquele que ocorre diretamente nas crianças e jovens, ou seja, são os primeiros conceitos e regras assimilados no ensino, onde se torna a base da formação acadêmica. Já o segundo, a “*assimilação conceptual*”, ocorre nas crianças, jovens e na fase adulta. Este, por sua vez, caracteriza-se pelas experiências vivenciadas pelos alunos, fornecendo uma autonomia na formulação de hipóteses, abstração e tratamentos de informações. (AUSUBEL, 2000).

Corroborado a isso, na busca constante por uma melhoria no processo de ensino-aprendizagem encontramos na teoria de Ausubel (2000) um alicerce para tal. Nessa perspectiva, de acordo com o autor, "O fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe", dessa forma, isso nos permite refletir e pensar sobre o início do processo.

### **3.4 Metodologias Ativas**

Metodologias ativas são práticas pedagógicas que colocam os estudantes como colaboradores principais, quando não, como protagonistas do processo de ensino e aprendizagem. Elas permitem uma participação gradativamente ativa, seja fora da sala de aula, nas pré-aulas ou até mesmo na própria escola por meio de aulas práticas com roteiros contextualizados e até em desenvolvimento de projetos. (CAETANO, 2020).

Tratando-se deste tema, muitos autores fazem colocações sobre o que se refere, como exemplo disso, para Cohen (2017), uma metodologia ativa de aprendizagem:

Tem como premissa que apenas ver e ouvir um conteúdo de maneira apática não é suficiente para absorvê-lo. O conteúdo e as competências devem ser discutidos e experimentados até chegar ao ponto em que o aluno possa dominar o assunto e falar a respeito com seus pares, e quem sabe até mesmo ensiná-lo.

Quando se trata do ensino-aprendizagem utilizando metodologias ativas, sabe-se que o estudante é o foco principal e deve ter um papel ativo na construção de seu próprio conhecimento, enquanto o professor deve ser o mediador entre o estudante e o conhecimento. O conhecimento não pode ser visto como um objeto que simplesmente é transferido entre o detentor do saber e o receptor, mas deve ser trabalhado, refletido e replanejado. (MAEKAWA, 2020).

Pode-se destacar algumas metodologias que fazem parte deste grupo de metodologias ativas, as quais são, Sala de Aula Invertida (SAI), Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), a Gamificação, entre muitas outras. (ROSA; KALHIL, 2019).

### 3.4.1 O Ensino de Física através da Literatura de Cordel

A literatura de cordel, historicamente, acredita-se que surgiu no Brasil por volta do século XVIII, trazido pelos portugueses, tendo como características a diversidade na forma de comunicação e expressão, além de uma vasta escrita em diferentes temas como romance, drama, contos históricos e até histórias de ficção. (SANTOS; SILVA, 2020).

Interligado a história da literatura de cordel, corroborando que é um tipo de escrita onde compreende um forte caráter interdisciplinar dentre as vastas áreas do conhecimento, utilizá-la como uma forma de transmitir conteúdos específicos de alguma área de ensino, torna-se uma proposta atrativa para os educadores, pois é necessário organizar atividades interessantes para estimular a curiosidade dos alunos acerca do tema abordado, tornando o ensino de Física cada vez mais claro. (SILVA; RIBEIRO, 2012).

Pensado na interdisciplinaridade, como abordam Lacerda e Menezes Neto (2010, p. 226), “o cordel é um recurso que não apresenta grandes dificuldades de compreensão para os alunos, já que a sua linguagem é em forma de versos rimados”. Neste sentido, salienta-se que utilizar o cordel como um recurso que auxilie e facilite na compreensão dos alunos referente a disciplina de Física é convenientemente aplicável.

### 3.4.2 Sala de Aula Invertida

Um método de ensino chamado de Sala de Aula invertida (SAI), tem como proposta tornar o aluno um ser atuante e participativo no ensino-aprendizagem do mesmo (CONFORTIN; IGNÁCIO; COSTA, 2018). Tendo em vista que a SAI propõe que o aluno seja mais participativo, utilizar isto nas aulas de Física se torna uma opção viável, donde pode-se utilizá-la tanto na teoria, fazendo com que os alunos busquem o conhecimento, quanto na prática, onde os alunos buscariam elaborar os experimentos e estudar os fenômenos envolvidos.

A SAI, que faz parte das chamadas metodologias ativas, tem grande relevância na área de ensino e é tratada por Valente (2014, p. 85):

O conteúdo e as instruções são estudados on-line antes de o aluno frequentar a sala de aula, que agora passa a ser o local para trabalhar os

conteúdos já estudados, realizando atividades práticas como resolução de problemas e projetos, discussão em grupo, laboratórios etc.

Um ponto importante a ser considerado é o avanço das tecnologias digitais, deste modo pôr em prática a SAI fica mais acessível o uso desta prática, pois os alunos usam os meios digitais para buscar conhecimento, e esta inovação no método de ensino torna-se aplicável e, com o crescente desenvolvimento das tecnologias digitais, surgiu a necessidade de se criar novas propostas pedagógicas com seu uso, que sejam de certa forma mais cativantes e mais motivadoras. (SANTOS 2017).

### **3.4.3 O uso de experimentos de baixo custo**

O ensino de Física, observado por muito tempo, sempre foi composto por aulas expositivas onde o professor ensina os alunos o conteúdo programado, seguindo o uso exclusivo do livro didático, tornando-se dependente do mesmo, e deixando de lado a parte prática, que seria, nesse caso, a parte laboratorial onde usaria-se alguns experimentos para interligar as partes teóricas e práticas, fazendo com que os alunos pudessem enxergar os fenômenos da forma como acontecem e não fiquem presos no que se sabe teoricamente. (XAVIER; SILVA; MENEZES, 2020).

As atividades experimentais em sala de aula podem proporcionar uma nova dinâmica durante a aula de Física. Os alunos, de certa forma, se mostram mais interessados e participativos, pelo fato de que, muitos experimentos despertam a curiosidade dos mesmos e o assunto abordado na aula, que antes parecia algo desinteressante e fora de contexto, agora passa a ser algo mais palpável e até mais lúdico. É imprescindível que o professor de Física desenvolva algumas atividades experimentais, tão importantes para o ensino-aprendizagem. (LUIZ, 2018).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais apontam que:

O experimento como fonte de investigação, se torna potencialmente significativo quando os alunos e seus colegas, além de participarem da montagem, definem o problema; elaboram hipóteses e conversam com o professor e testam diversas maneiras de coletar os dados e de relacionar os resultados obtidos. (BRASIL, 1997).

Pensando nas modificações que devem ser feitas nos tipos de metodologias abordadas no ensino de Física e também na implementação da prática laboratorial nas aulas desta disciplina, busca-se aprimorar as formas de como se passa o

conteúdo nas aulas de forma que o conhecimento do aluno possa se tornar aguçado e refinado, como fala Pereira et al. (2018) “pesquisadores e professores buscam trazer novas metodologias de ensino para as aulas de física, fazendo com que o aluno se interesse e participe de forma mais ativa no processo de aprendizagem.”

Nesta temática, buscando entender o que ocasiona essa falta de aulas de laboratório nas escolas, Peruzzo (2013) vai dizer,

Ao tentar entender o porquê disso, encontramos diversas justificativas, tais como: falta de atividades preparadas, pouco tempo para o professor planejar e montar experimentos, recursos insuficientes para reposição e compra de equipamentos e materiais de laboratório, número excessivo de alunos por sala, despreparo do docente, etc.

#### **3.4.4 Simulações Computacionais como método de ensino**

O uso das tecnologias digitais no ensino, em geral, vêm sendo implementadas com frequência e, tratando-se do ensino de física, pode-se dizer que é uma das áreas que pode se beneficiar com o uso destas tecnologias computacionais, pois ela aborda temas amplos do cotidiano e, muitas vezes, tenta explicar situações que não são facilmente demonstradas. (COSTA, 2017).

É perceptível que o uso das novas tecnologias vem ganhando mais espaços no nosso cotidiano dentro do dia a dia das pessoas. Com isso, pode-se espelhar dentro da sala de aula, em atividades de pesquisa ou na apresentação de uma simulação,

Nos dias de hoje, tornou-se trivial o comentário de que a tecnologia está presente em todos os lugares, o que certamente seria um exagero. Entretanto, não se pode negar que a informática, de forma mais ou menos agressiva, tem intensificado a sua presença em nossas vidas. Gradualmente, o computador vai tornando-se um aparelho corriqueiro em nosso meio social. Paulatinamente, todas as áreas vão fazendo uso deste instrumento e fatalmente todos terão de aprender a conviver com essas máquinas na vida pessoal assim como também na vida profissional. (BORGES NETO, 1999).

No ensino de Física, por sua vez, a parte tecnológica que é implementada são as chamadas simulações computacionais, que surgem para suprir lacunas que existem na parte prática do ensino, como por exemplo a falta do uso de experimentos nas aulas. Dessa forma, usar simulações que demonstrem o fenômeno em estudo, é cada vez mais cogitado pelos educadores, além de que podem proporcionar um ambiente mais interativo tanto entre o estudante e o objeto de estudo quanto entre os estudantes, colegas e professores, o que pode se

configurar como fundamental para o ensino-aprendizagem de determinados temas de estudo. (CARVALHO; OLIVEIRA, 2021).

A implementação destas ferramentas de ensino como recurso tecnológico atual e de uso crescente aumenta gradativamente, como sendo mais uma ferramenta que poderá auxiliar no processo de ensino-aprendizagem. Além disso, pode-se tornar as aulas mais dinâmicas, interessantes e chamativas utilizando tais recursos, “a exemplo temos as simulações computacionais que possuem um grande apelo visual despertando a curiosidade e a vontade de aprender coisas novas.” (SOUZA, 2015).

### **3.5 As Sequências Didáticas na Educação**

Uma Sequência Didática (SD) é definida como uma combinação de várias atividades relacionadas aos problemas, atitudes, procedimentos e ações que os alunos realizam sob a mediação do professor. As atividades que fazem parte da sequência são ordenadas para aprofundar os tópicos estudados e variam em termos de estratégias: leitura, aulas de diálogo, simulações de computador, experimentos, jogos, etc. Portanto, o assunto será tratado em um conjunto de aulas para que os alunos possam aprofundar e dominar o assunto desenvolvido. (MANTOVANI, 2015).

Sobre o tema em questão os Parâmetros Curriculares Nacionais acrescentam que:

Ao organizar a sequência didática, o professor poderá incluir atividades diversas como leitura, pesquisa individual ou coletiva, aula dialogada, produções textuais, aulas práticas, etc., pois a sequência de atividades visa trabalhar um conteúdo específico, um tema ou um gênero textual da exploração inicial até a formação de um conceito, uma ideia, uma elaboração prática, uma produção escrita. (BRASIL, 2012, p. 21).

Relacionado a isso, as SD ajudam a consolidar o conhecimento na fase de construção e possibilitam novas aquisições, pois a organização dessas atividades proporciona uma progressão modular a partir da investigação de alguns conhecimentos que os alunos já possuem sobre um tema proposto. (BRASIL, 2012).

Segundo Zabala (1998) sequências didáticas são “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (...).”

Ainda, de acordo com os estudos de Zabala (1998), as sequências didáticas do modelo tradicional são formadas pelas seguintes fases:

- a) Atividade motivadora relacionada com uma situação conflitante da realidade experimental dos alunos;
- b) Explicação das perguntas ou problemas que esta situação coloca.
- c) Respostas intuitivas ou “hipóteses”;
- d) Seleção e esboço das fontes de informação e planejamento da investigação;
- e) Coleta, seleção e classificação dos dados;
- f) Generalização das conclusões tiradas;
- g) Expressão e comunicação.

Neste contexto, Oliveira (2013) também faz uma colocação sobre o que é uma sequência didática,

(...) um procedimento simples que compreende um conjunto de atividades ligadas entre si, e prescinde de um planejamento para delimitação de cada etapa e/ou atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma integrada para um melhor desempenho no processo ensino aprendizagem.

Considerando-se que as sequências didáticas relacionadas ao ensino-aprendizagem da disciplina em questão possuem características como: “a matematização do ensino de Física no quesito de compreensão de Gráficos e a utilização de diversos recursos como experimentos, atividades computacionais e simulações.” (OLIVEIRA, 2016).

Este contexto, traz como evidência, que um determinado conteúdo específico de alguma área do conhecimento, possui níveis de dificuldade distintos, onde a prática educativa deve encontrar um sistema interpretativo e explicativo, para que se possa permitir um conjunto abrangente de variáveis nos processos educativos. (RIBEIRO, 2019).

Corroborado a isto, Ribeiro (2019) complementa que “as atividades propostas devem possuir fundamentos, objetivos, questionamentos, atitudes, procedimentos e ações que levem ao aluno a executar juntamente com o professor e a refletir sobre o motivo que levaram a uma conclusão”. As atividades educacionais que fazem parte das sequências didáticas são de forma ordenada e cabe ao professor saber as estruturar de maneira coerente e compreensível.

## **4 PROPOSTA PEDAGÓGICA**

Ao longo destes capítulos serão expostas e detalhadas cada uma das etapas e os devidos procedimentos a serem aplicados, além de quanto tempo será necessário para cada momento e qual metodologia deverá ser aplicada pelos professores na sala de aula durante a disciplina de Física, para que todo e qualquer professor possa utilizar a sequência didática já sabendo o que deve fazer, o material necessário e o tempo previsto que irá levar até finalizar.

### **CAPÍTULO 1: PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O ENSINO DE CARGAS ELÉTRICAS.**

Aqui será trabalhado o estudo das cargas elétricas que tratará dos conceitos e das propriedades das cargas, bem como o comportamento delas e suas características. Nesta temática, busca-se apontar os caminhos a serem tomados para que os professores possam aplicar as metodologias indicadas para este assunto.

Nesse sentido, a proposta de sequência didática será disposta em módulos, contendo em cada um deles o passo a passo que o professor usará e, ainda, estará identificado qual a metodologia que será usada.

#### **Módulo 1**

##### **Cordel:**

Para o estudo das propriedades das cargas elétricas, o cordel que será proposto neste capítulo tem como título “Um cordel invocado, estudando de um jeito eletrizado”, que está anexado no “APÊNDICE A”. Para a aplicação desse cordel os momentos a serem seguidos serão:

##### **Primeiro momento:**

Inicialmente, a aplicação do cordel “Um cordel invocado, estudando de um jeito eletrizado”, que diz respeito ao conteúdo Cargas Elétricas, onde contém seus

conceitos e teorias, o professor responsável pela turma deverá explicar como funcionará a aplicação do cordel, a fim de que os alunos entendam porque está sendo utilizado o cordel como material didático.

A metodologia utilizada nesta etapa é a implementação da interdisciplinaridade, sendo usado o cordel que faz parte das figuras de linguagem e da literatura. Atrelado a isso, o professor distribuirá o cordel impresso para cada aluno, podendo fazer uma leitura com toda a turma. Este momento terá uma duração de 15 minutos.

### **Segundo momento:**

A segunda parte, sabendo que os alunos já viram os conceitos iniciais sobre cargas elétricas expostos no cordel, o professor conduzirá o restante da aula para esclarecer dúvidas, para expor imagens que ilustram a atração e repulsão das cargas elétricas, resolver e debater questões, as quais são indicadas no **Quadro 1**, mas que podem ser modificadas pelo professor, pois é necessário que os alunos tenham este momento de questionamento sobre o que foi estudado. Esta etapa terá uma duração de 30 minutos.

#### **Quadro 1** - Questões para resolver em sala sobre Cargas Elétricas.

1. Imagine uma partícula, que está com excesso de elétrons, se aproximando de outra que tem carga neutra, o que acontecerá com a partícula neutra?
2. Sabendo que um elétron tem carga negativa, é possível juntá-lo com outro elétron de mesma carga sem nenhum esforço?
3. O que acontece quando duas cargas neutras se tocam? E se for colocado junto a elas um próton ou um elétron? Explique cada caso.
4. Sabendo que um corpo, inicialmente neutro recebe  $5 \cdot 10^3$  elétrons, qual é a carga desta partícula? E como ela ficará considerada agora?

**Terceiro momento:**

A proposta para o momento final é que o professor proponha uma atividade, onde os alunos terão que elaborar um mapa mental contendo todos os conceitos vistos em sala. Para a elaboração desta atividade, o professor indicará o tema central, no caso “Cargas elétricas”, e os alunos deverão interligar os subtópicos que eles aprenderam durante as aulas propostas nos momentos anteriores. Esta atividade será proposta para casa e deverá ser entregue na próxima aula de Física.

**Avaliação e tempo total estimado para o uso do cordel:**

A proposta é que a avaliação deverá ser de forma processual, sendo compreendida por comportamento e participação dos alunos e, ainda, a entrega do mapa mental e a resolução da lista proposta.

A duração total de aplicação, tendo em vista que os alunos possam ter dúvidas e perguntas a serem respondidas, será de uma aula, que são 45 minutos, tempo mínimo e poderá se estender à duas aulas para sanar todas as dúvidas que surgirem ao decorrer da aplicação.

**Materiais e recursos necessários:**

Para esta proposta de metodologia o professor necessitará apenas de quadro e marcador para quadro branco, caso o professor opte por não entregar o cordel impresso, ele precisará de um projetor para projetar o cordel para toda a turma.

**Módulo 2****Sala de Aula Invertida - SAI:**

A utilização da SAI como metodologia de ensino a ser implementada na disciplina de Física, especificamente no conteúdo referente a cargas elétricas, para auxiliar o professor durante a aula, seguirá os momentos indicados abaixo, bem como será indicado os materiais necessários.

**Primeiro momento:**

O professor, em um momento que antecede a aula, deverá indicar os materiais que os alunos irão utilizar para estudar os conceitos sobre cargas elétricas e suas propriedades. Os materiais a serem indicados aos alunos são: um vídeo chamado “O que são CARGAS ELÉTRICAS?”<sup>1</sup>, onde o autor Thales Rodrigues, responsável pelo canal “Chama o Físico”, explica os conceitos sobre o tema cargas elétricas e, também, um texto explicativo sobre o mesmo assunto que está exposto no final deste trabalho no “ANEXO A”. Neste momento, por ser antecessor a aula não terá uma duração específica.

**Segundo momento:**

Aqui, considerando que os alunos já fizeram o estudo do material indicado e já têm noções do assunto, será o momento de exposição e de compartilhar o que aprenderam. O professor responsável apenas direciona o debate utilizando as perguntas do **Quadro 2**, isto servirá para que os alunos exponham o que aprenderam de forma objetiva. Esta etapa terá uma duração de 45 minutos.

**Quadro 2** - Questões para propor durante o debate.

1. O que o vídeo tratou dos conceitos de cargas elétricas, como ele as definiu?
2. No texto disponibilizado, têm imagens que ilustram os fenômenos de interação entre cargas elétricas, quais são? E como acontecem?
3. O que pode-se observar sobre a carga elementar nos materiais disponibilizados, como é definida?
4. De acordo com os materiais estudados, quais são os componentes do átomo e quais suas características?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

<sup>1</sup> Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=9emkRaR5-O8>>. Acesso em 5 de maio de 2022.

**Terceiro momento:**

O pós debate será uma aplicação, onde o professor indicará a resolução da atividade proposta no **Quadro 3**, que contém questões sobre o assunto e sobre os métodos utilizados, estas últimas são de caráter pessoal, apenas para analisar a opinião dos alunos.

Ao final desta etapa, deverá haver a correção das questões referentes ao conteúdo, junto aos comentários de cada questão. Este momento terá uma duração de 45 minutos.

**Quadro 3 - Exercícios de fixação sobre Cargas Elétricas.**

1. Quando dizemos que uma partícula está eletricamente carregada é pelo fato de que? Explique.
2. Para que uma partícula com carga positiva seja atraída por outra, o que deve acontecer com esta segunda partícula para que o fenômeno indicado ocorra?
3. Duas partículas carregadas positivamente são colocadas ao redor de uma terceira partícula, está carregada negativamente, pelos fenômenos estudados o que vai acontecer com estas três partículas?
4. Um corpo condutor neutro recebe um número de  $25 \cdot 10^2$  prótons, qual será a carga desta partícula após receber esta quantidade de prótons? Como ela será agora?
5. Com relação ao seu aprendizado, os materiais disponibilizados ajudaram na compreensão do conteúdo?
6. Debater com os colegas os conceitos o ajudou a compreender melhor?
7. Qual sua opinião sobre este método de ensino? Você acha-o eficaz?

**Avaliação e tempo total estimado para o uso da SAI:**

Para este módulo, a avaliação deverá ser a observação do debate, quem participou e contribuiu produtivamente no mesmo.

O tempo total estimado, é de duas aulas, 45 minutos cada.

**Materiais e recursos necessários:**

Os materiais necessários para esta proposta de metodologia são: o texto que está disponível em anexo neste trabalho, o vídeo sobre o tema, disponível no início deste módulo, e o questionário sobre o assunto indicado no **Quadro 3**.

**Módulo 3****Experimento de baixo custo:**

A parte experimental compreende uma importante etapa da aprendizagem dos alunos, é nesse momento que eles podem assimilar o que estão estudando com o que vêm no dia a dia, dessa forma, utilizando essa aproximação, a compreensão pode ser elevada, com relação aos conceitos que estão sendo estudados.

Neste sentido, o experimento a ser utilizado neste módulo será “Balões: a existência de cargas elétricas”, que consiste em demonstrar a atração e repulsão de cargas elétricas:

**Primeiro momento:**

O momento inicial para a aplicação do experimento de baixo custo, consiste em uma breve explicação de como ocorre o fenômeno, para que os alunos possam se familiarizar com os conceitos que irão estar presentes no experimento que virá a ser apresentado posteriormente.

Um ponto a ser considerado é o fato de que utilizar experimento junto com teoria, pode fazer com que o ensino-aprendizagem dos alunos torne-se mais simples, criativo e dinâmico para ambos. Este momento terá uma duração de 45 a 50 minutos que é a média de tempo de uma aula.

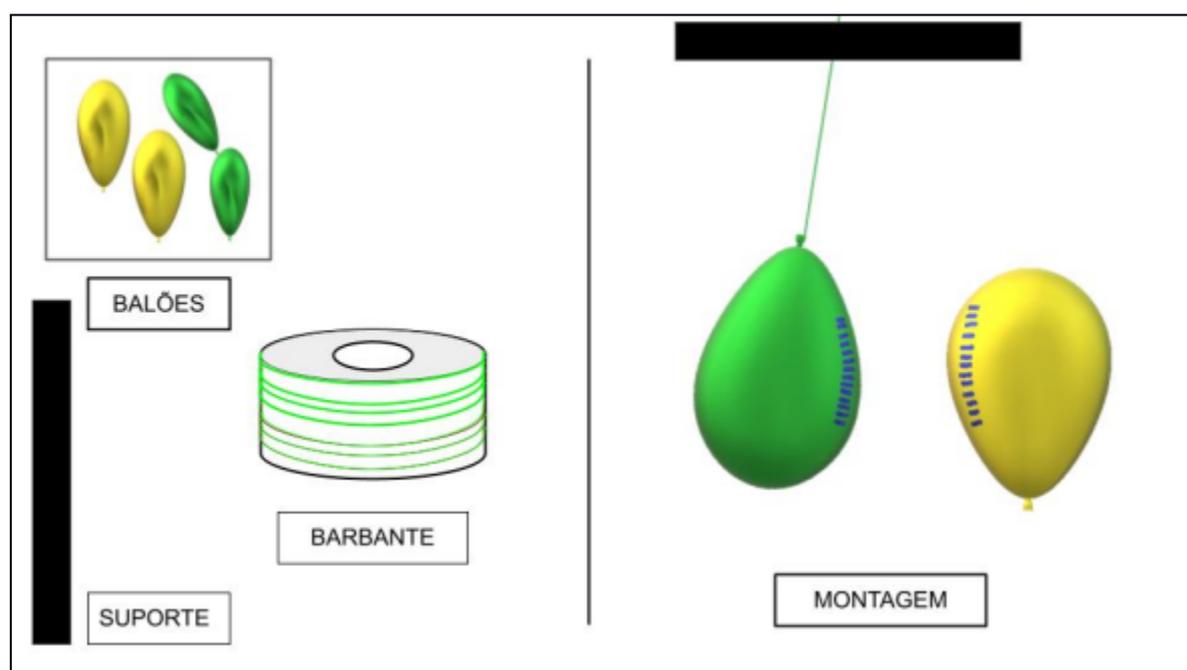
## Segundo momento:

Após a primeira aula de conceitos e explicações, o início da segunda etapa será a apresentação e aplicação do experimento proposto e que consta os procedimentos no **Quadro 4**. Deste modo, os alunos podem interligar a teoria com a prática e podem observar como o fenômeno acontece na realidade, bem como sua causa e o que provoca.

Esta etapa, contando com a montagem e explicação do experimento, terá uma duração de 20 minutos.

### Quadro 4 - Procedimentos para o experimento sobre Cargas Elétricas.

**Figura 3** - Ilustração do experimento “Balões: a existência de cargas elétricas”.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

- Passos para confecção e aplicação do experimento proposto:
  - Primeiro passo: encher duas bexigas e separá-las a parte;
  - Segundo passo: cortar um pedaço de 30 cm do barbante com a tesoura;
  - Terceiro passo: amarrar um dos balões no pedaço de barbante para que ele fique suspenso e sem nenhum contato;
  - Quarto passo: deixar os balões eletrizados com a mesma carga utilizando

cabelo de um voluntário, neste caso será necessário utilizar conceitos de eletrização por atrito, assunto que será visto no próximo capítulo;

- Quinto passo: demonstrar que os balões se afastam, pois os dois estão carregados com mesma carga elétrica, o que demonstra o fenômeno de repulsão.

➤ **Materiais necessários:**

- Dois ou quatro balões;
- Barbante;
- Tesoura;
- Cabelo (um voluntário)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### **Terceiro momento:**

Ao final da aplicação do experimento, o professor deverá propor a atividade do **Quadro 5**, está tratando sobre cargas elétricas e sobre o experimento, para que os alunos apliquem o que aprenderam e, ainda, para a observação do professor, onde o mesmo irá analisar pontos específicos em que os alunos sentiram dificuldade para responder os questionamentos, isto poderá ajudar em aulas posteriores. Para este momento, a duração será de 25 minutos, caso os alunos não finalizem a atividade neste período a correção ficará para o início da próxima aula.

#### **Quadro 5 - Atividade proposta sobre Cargas Elétricas (experimento).**

1. Explique porque os balões não se tocaram na experiência?
2. Este experimento contribuiu para sua aprendizagem?
3. Imagine que o segundo balão, que estava suspenso pelo barbante, não estivesse carregado, o que aconteceria nesse caso ao encostar o balão carregado?

4. Suponha que os balões, inicialmente neutros, receberam um número igual a  $1 \cdot 10^2$  elétrons, qual será a carga de cada um dos balões?
  
5. Com o experimento foi possível entender os fenômenos de atração e repulsão estudados antes da aplicação do experimento?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### **Avaliação e tempo total estimado para o uso do experimento de baixo custo:**

A forma de avaliação será por critérios de participação, resolução da atividade e entrega do resumo proposto, onde o professor atribuirá ponto extra que contará na avaliação bimestral.

A duração total de aplicação, tendo em vista que os alunos possam ter dúvidas e perguntas a serem respondidas, será de duas aulas, que são 45 a 50 minutos cada, podendo se estender para mais aulas para a correção da atividade proposta caso os alunos não tenham a terminado no tempo estimado.

### **Materiais e recursos necessários:**

Os recursos necessários para a aula conceitual, que poderá contar a apresentação de slides, serão: quadro, lápis de quadro e data-show.

Para o experimento “Balões: a existência de cargas elétricas”, os materiais já foram listados no **Quadro 4**.

## **Módulo 4**

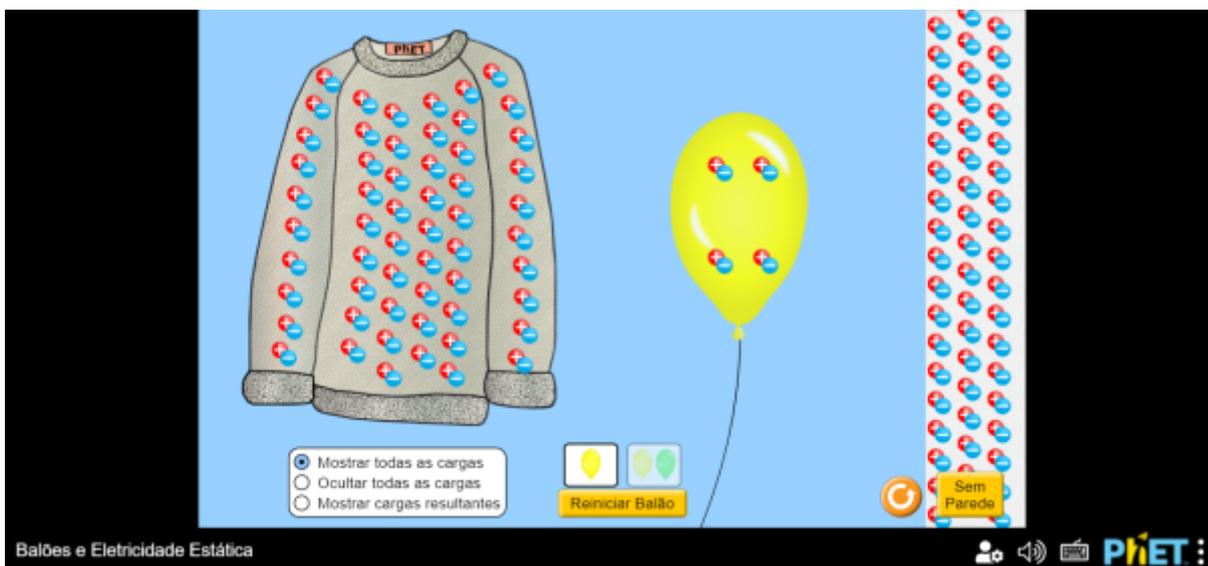
### **Simulação Computacional:**

Uma forma de diversificar o ensino é a utilização das tecnologias digitais que vêm sendo implementadas na educação, desde comunicação entre professores e alunos até o envio de materiais de estudo e entrega de atividades propostas.

Neste módulo, será apresentado uma proposta de sequência didática utilizando uma simulação computacional do site PhET (*Physics Education*

Technology) da Universidade do Colorado, esta simulação é chamada de “Balões e Eletricidade Estática” e está ilustrada na **Figura 4**, esta auxiliará no estudo sobre cargas elétricas.

**Figura 4** - Simulação “Balões e Eletricidade Estática”



Fonte: Site do PhET, 2021.<sup>2</sup>

### Primeiro momento:

Para a aplicação da simulação, o primeiro momento será uma pré apresentação do tema onde o professor responsável demonstrará a simulação e o fenômeno que corresponde-a, o que acontece e porque acontece, salientando os conceitos sobre cargas elétricas que serão vistos mais aprofundados na aula teórica.

A simulação em si corresponde, também, a processos de eletrização e, por esse motivo, será utilizada no próximo capítulo que trata deste assunto.

Aqui a simulação será utilizada para mostrar a atração e repulsão de cargas. Por isso, deve ser informado aos alunos que a causa do balão ficar carregado será abordado no próximo assunto. O propósito aqui é mostrar que o balão por está carregado com cargas negativas, o que acontece na simulação, é atraído pelas cargas de sinais opostos. Este momento terá uma duração de 25 minutos.

<sup>2</sup> Disponível em [https://phet.colorado.edu/sims/html/balloons-and-static-electricity/latest/balloons-and-static-electricity\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balloons-and-static-electricity/latest/balloons-and-static-electricity_pt_BR.html). Acesso em 15 de maio de 2022.

**Segundo momento:**

Após a demonstração da simulação no primeiro momento, a segunda parte proposta é a explicação dos conceitos sobre cargas elétricas, no **Quadro 6**, estão listados alguns pontos que devem ser vistos durante a aula conceitual. Este momento terá uma duração de 20 minutos.

**Quadro 6** - Tópicos para a aula conceitual sobre Cargas Elétricas.

- O que é um átomo e como é sua composição;
- O que são elétron, próton e nêutron;
- As cargas de cada componente do átomo;
- As propriedades de atração e repulsão das cargas elétricas;
- O que é carga elementar e como calculá-la.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

**Terceiro momento:**

Para finalizar a aplicação da simulação, segue a parte da aplicação de conhecimentos, nesta etapa o professor deverá propor uma resolução de atividades, buscando a participação da turma para respondê-las, desta forma pode-se identificar o quão eficaz é o uso da simulação computacional como uma metodologia para o ensino de Física. Esta atividade está indicada no **Quadro 7**. Este momento terá uma duração estimada de 45 minutos.

**Quadro 7** - Atividade avaliativa sobre Cargas Elétricas.

1. Na simulação foi possível observar que o balão ficou carregado com excesso de que? E isso o fez ficar carregado positivamente ou negativamente?
2. Foi possível observar a atração e a repulsão dos balões quando estavam carregados claramente? Observando isso com a simulação ficou esclarecido o fenômeno?

3. De acordo com a simulação apresentada, é possível fazer os dois balões carregados ficarem juntos?
4. Suponhamos que os balões, que estavam inicialmente neutros, receberam cada, um número de  $0,5 \cdot 10^2$  elétrons, qual será a carga de cada um dos balões?
5. Com a simulação foi possível entender os fenômenos de atração e repulsão referentes a cargas elétricas?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### **Avaliação e tempo total estimado para o uso da Simulação Computacional:**

A forma de avaliação será processual, e deve ser levado em consideração o comportamento e participação dos alunos durante a apresentação da simulação e na resolução da atividade.

A duração total de aplicação, será de duas aulas, 45 minutos cada, onde o professor fará aula conceitual junto com prática que nesse caso será a simulação computacional.

### **Materiais e recursos necessários:**

Para esta proposta de metodologia o professor necessitará de acesso a internet para acessar a simulação. É indicado que esta aula fosse feita em uma sala de informática para que os alunos não só acompanhassem visualmente, mas também pudessem fazer a simulação junto com o professor. Para a parte teórica e a resolução de exercícios será necessário quadro e marcador para quadro branco.

## **CAPÍTULO 2: PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O ENSINO DE ELETRIZAÇÃO.**

O segundo capítulo desta proposta pedagógica, compreende o estudo dos processos de eletrização que, por suas vez, utiliza dos conceitos já estudados no

capítulo 1 e traz novas teorias a serem estudadas como por exemplo eletrização por atrito, eletrização por contato e eletrização por indução.

Neste sentido, busca-se apontar os métodos a serem seguidos para que os professores possam aplicar as metodologias indicadas para facilitar a compreensão deste assunto.

Sendo assim, este capítulo terá quatro módulos que abrangem, em cada um, uma metodologia distinta, contendo em cada um deles o passo a passo que o professor usará.

## **Módulo 1**

### **Cordel:**

O estudo dos processos de eletrização é uma parte muito importante da Física, pois está muito presente no dia a dia de todos. Para a aplicação do cordel sobre processos de eletrização que será proposto aqui e têm o título, “Atritando o verso e induzindo a rima”, que está anexado no “APÊNDICE B”. Para a aplicação desde cordel o professor deverá seguir os momentos indicados:

### **Primeiro momento:**

A aplicação do cordel “Atritando o verso e induzindo a rima”, terá início na explicação e leitura do cordel indicado onde o professor responsável deverá conduzir os alunos durante a leitura e ao final introduzir as explicações sobre o que trata o cordel.

Justifica-se o uso do cordel como metodologia como a busca de interdisciplinaridade, fazendo com que a Física seja interligada às demais disciplinas.

Interligado a isso, este momento também compreende os conceitos já vistos no capítulo anterior, onde alguns são a atração e repulsão de cargas elétricas que serão explanados nesta etapa. Este momento terá uma duração de 15 minutos.

### **Segundo momento:**

Já tendo um primeiro contato com os conceitos iniciais sobre os processos de eletrização o segundo momento será, a complementação do que os alunos leram no cordel, nesse caso o professor seguirá com a aula teórica explanando os detalhes do assunto exemplificando cada ponto, como acontece cada processo de eletrização, como os corpos ficam carregados, a fim de que torne-se o mais próximo da realidade do aluno.

Ademais, é proposto que o professor utilize o cordel como material complementar e de direcionamento, é importante que os alunos vejam a Física com uma linguagem diversificada da habitual. Este momento terá em média uma duração de 30 minutos.

### **Terceiro momento:**

A última etapa é composta por resolução de um questionário para que os alunos possam aumentar seu conhecimento acerca do conteúdo. Este questionário, indicado no **Quadro 8**, traz questões discursivas que focam em identificar o quanto o cordel ajudou na compreensão dos alunos acerca do assunto em questão. Esta parte terá uma duração de 45 minutos, pois por conter questões mais complexas é necessário um tempo maior para análise e compreensão.

#### **Quadro 8** - Questionário para resolução em sala sobre Eletrização.

1. O que é eletrização por atrito? O que ela provoca em um corpo condutor?
2. Qual a definição de eletrização por contato? Qual a diferença entre este tipo e o da questão 1?
3. Defina eletrização por indução e especifique sua diferença em relação aos outros dois processos de eletrização descritos nas questões anteriores.
4. Ao eletrizar por atrito, usando lã, um canudo de plástico fica carregado negativamente, podemos afirmar que ao tocar este canudo em pedaços de papel o mesmo irá atraí-los? Explique.

5. O cordel facilitou sua compreensão sobre o tema estudado?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### **Avaliação e tempo total estimado para o uso do cordel:**

Nesta avaliação os critérios a serem observados são comportamento e participação dos alunos podendo ser admitido pontos extras como um incentivo a participarem da aula e, pode ser cobrado também, a quantidade de acertos referente ao questionário aplicado no terceiro momento.

A duração total de aplicação será de duas aulas e a atividade para entrega deverá ser indicada para ser resolvida em casa e entregue na aula posterior.

### **Materiais e recursos necessários:**

Neste módulo os recursos necessários são quadro e marcador para a aula teórica e, caso o professor opte em projetar o cordel ao invés de entregá-lo impresso, será necessário um projetor.

## **Módulo 2**

### **Sala de Aula Invertida - SAI:**

Para utilização da SAI como metodologia de ensino na disciplina de Física, especificamente referente ao tema processos de eletrização, os momentos a serem seguidos serão:

#### **Primeiro momento:**

Para a SAI deste momento, os materiais que o professor irá disponibilizar para os alunos estudarem com antecedência os diferentes tipos de processo de eletrização serão um vídeo, denotado como “PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO |

CONTATO, INDUÇÃO E ATRITO | ELETROSTÁTICA”<sup>3</sup>, onde o autor prof. Thiago explica cada processo de eletrização com detalhes.

O Outro material que deverá ser disponibilizado para os alunos estudarem está no “ANEXO B”, que se refere a um texto sobre processos de eletrização. Este momento não terá uma duração específica.

### **Segundo momento:**

A próxima etapa da SAI, será uma dinâmica, cuja finalidade será fazer com que os alunos apresentem os conceitos que conseguiram observar vendo o vídeo e com a leitura do texto. Esta dinâmica será a seguinte: no início da aula o professor distribuirá a turma em três equipes, cada uma para um processo de eletrização, atrito, contato ou indução. Pode-se usar a lista de chamada para o sorteio.

Ademais, cada equipe será responsável pela explicação dos conceitos, exemplos e alguma aplicação referente a processo designado para a equipe. O professor só interromperá caso as explicações das equipes não estejam coerentes com o assunto, para complementar ou tirar alguma dúvida. Esta etapa terá uma duração de 45 minutos.

### **Terceiro momento:**

Este momento será propício para que o professor indique que os alunos façam um resumo do que foi estudado através do texto e o que viram no vídeo indicado. Os critérios para elaboração deste resumo são: mínimo 20 linhas, máximo 40 linhas, deve conter coerência, não deve conter plágio, mas deve ser objetivo. O intuito deste resumo é analisar o que os alunos compreenderam sobre o tema, utilizando suas palavras para elaborar este texto, isso mostrará diferentes formas de pensar e de explicar conceitos.

É proposto que este resumo seja feito em sala, para que o professor possa lembrar alguns conceitos durante a escrita, exemplo: “lembrem-se de falar da eletrização por indução, é importante!”, isso ajudará os alunos a não esquecerem os detalhes. Este momento terá uma duração de 45 minutos ou deve ser finalizado em casa.

---

<sup>3</sup> Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=nugWz5Qxwd8>>. Acesso em 5 de maio de 2022.

**Avaliação e tempo total estimado para o uso da SAI:**

A avaliação aqui será uma parte da participação na dinâmica do segundo momento, quem se pronunciou e contribuiu, de forma positiva, para as explicações do tema em que a equipe era responsável e a outra deverá ser adquirida no teste do terceiro momento.

O tempo total estimado para estes momentos, é de duas aulas, 45 minutos cada uma delas.

**Materiais e recursos necessários:**

Os materiais necessários para esta proposta de metodologia estão disponibilizados no primeiro momento, caso seja necessária a utilização do quadro pelo professor durante o debate, será necessário lápis de quadro branco.

**Módulo 3****Experimento de baixo custo:**

Neste módulo, cujo tema é referente a processos de eletrização, será abordado um experimento que necessita de materiais de fácil acesso, que podem ser encontrados em qualquer lugar. Neste sentido, será proposto o experimento: “Corrida de latinha”, que consiste em demonstrar a eletrização e ao mesmo tempo ser dinâmico. Assim, os momentos a serem seguidos são:

**Primeiro momento:**

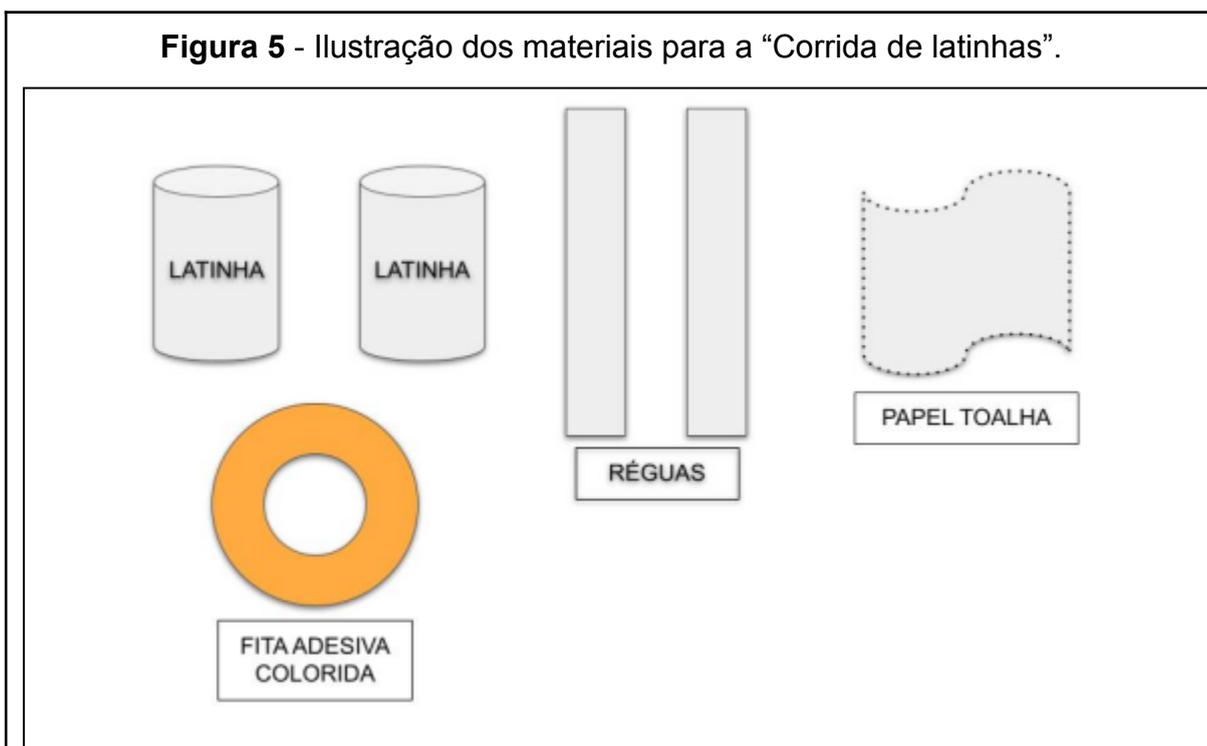
O momento inicial para a aplicação do experimento de baixo custo, referente ao tema processos de eletrização, consiste em uma breve explicação de como ocorre o fenômeno, quais os tipo de processos de eletrização, exemplos de onde podemos ver isso no dia a dia, para que os alunos possam se familiarizar com os conceitos que irão estar presentes no experimento que virá a ser apresentado posteriormente. Aqui o experimento servirá como dinâmica também, pois será um

desafio entre dois participantes por vez. Este momento terá uma duração de 45 minutos que é a média de tempo de uma aula.

### Segundo momento:

Após a primeira aula de conceitos e explicações, o início da segunda etapa será a dinâmica do experimento que é a “Corrida de latinhas”. Para isso, o procedimento é simples e está indicado no **Quadro 9**, bem como será a dinâmica e o que será necessário para fazê-la. Esta etapa, contando com a montagem e explicação do experimento, terá uma duração de 20 minutos.

#### Quadro 9 - Experimento sobre Eletrização.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

➤ Montagem da corrida:

- Primeiro passo: definir os desafiante que irão competir, como será um contra um, separar a sala em duplas;
- Segundo passo: com as duplas definidas para competirem, fazer uma ordem para todos participarem;

- Terceiro passo: montar a pista de corrida em uma mesa ou no chão mesmo, de forma que tenha espaço para que aconteça a corrida adequadamente;
  - Quarto passo: demarcar as linhas de partida e de chegada com a fita adesiva;
  - Sexto passo: entregar os materiais para a corrida a cada componente, no caso uma régua e um pedaço de papel toalha;
  - Sétimo passo: explicar como fazer a latinha correr até a linha de chegada usando a régua e o pedaço de papel toalha (eletrização por atrito);
  - iniciar as corridas.
- Teoria envolvida:
- Ao atritar a régua com o papel toalha isso faz com que a régua fica carregada;
  - Quando aproxima-se a régua carregada da latinha que está neutra isso faz ela ser atraída e “correr” atrás da régua.
- Materiais necessários:
- Duas latinhas vazias;
  - Réguas;
  - Fita adesiva colorida;
  - Tesoura;
  - Papel toalha.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### **Terceiro momento:**

A aplicação do experimento finalizará com o professor propondo uma atividade que deverá ser entregue onde os alunos irão utilizar os conhecimentos que adquiriram durante a aula teórica e durante a dinâmica do experimento. A atividade em questão está indicada no **Quadro 10**. Junto a isso, ficando a critério do

professor, poderá propor um mapa conceitual do que os alunos compreenderam sobre o experimento. Para este momento, a duração será de 25 minutos, caso os alunos não finalizem a atividade neste período, poderão terminá-la em casa e a correção ficará para o início da próxima aula.

**Quadro 10** - Atividade proposta sobre Eletrização.

1. O que é eletrização por atrito? O que foi possível observar durante a dinâmica do experimento?
2. A dinâmica da “Corrida de latinhas” ajudou na compreensão sobre eletrização por atrito?
3. Defina eletrização por contato e indique a diferença em relação a eletrização por atrito. Exemplifique cada uma delas.
4. Explique porque o experimento não daria certo se a régua não fosse eletrizada com o papel toalha.
5. Ao eletrizar por atrito, usando o papel toalha, a régua atrai a latinha, como é chamado esse fenômeno na Física? Explique.
6. Utilizar um experimento para demonstrar um fenômeno físico foi uma boa opção para auxiliar na sua compreensão sobre o tema estudado?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

**Avaliação e tempo total estimado para o uso do experimento de baixo custo:**

A forma de avaliação será por critérios de participação, resolução da atividade e entrega do mapa conceitual proposto, onde o professor atribuirá ponto extra que contará na avaliação bimestral.

A duração total de aplicação, tendo em vista que os alunos possam ter dúvidas e perguntas a serem respondidas, será de duas aulas, que são 45 à 50

minutos cada, podendo se estender para mais aulas para a correção da atividade proposta caso os alunos não tenham a terminado no tempo estimado.

### **Materiais e recursos necessários:**

Os recursos necessários para a aula conceitual, que poderá contar a apresentação de slides, serão: quadro, lápis de quadro e data-show.

Para o experimento “Corrida de latinha”, os materiais necessários foram indicados no **Quadro 9**.

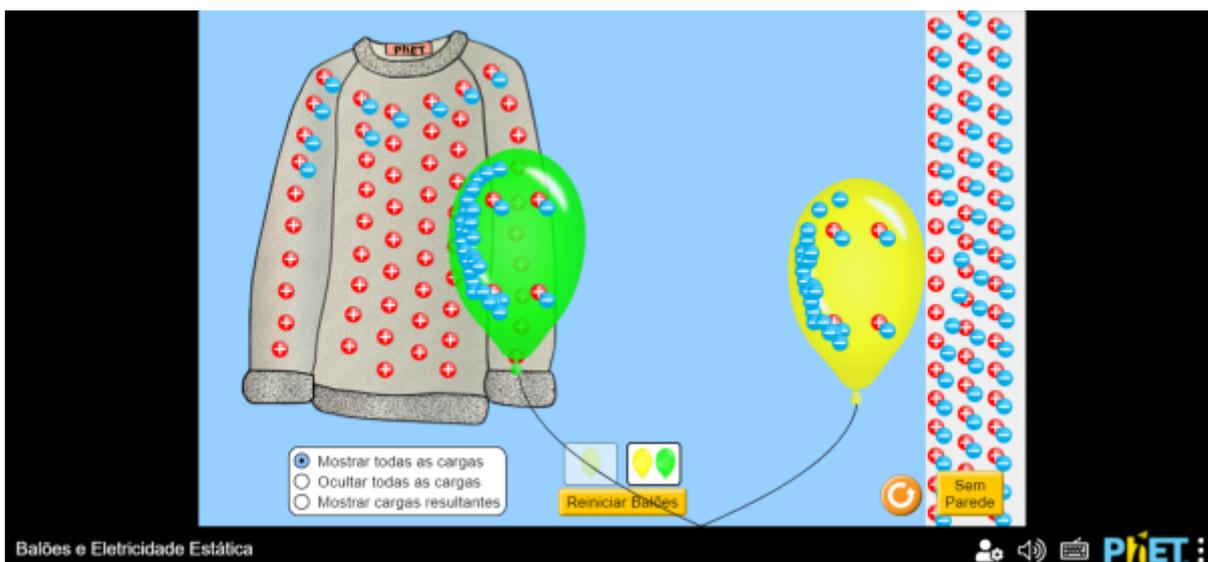
## **Módulo 4**

### **Simulação Computacional:**

Aqui no módulo 4 do capítulo 2 será novamente utilizada a simulação “Balões e Eletricidade Estática” que faz parte do site PhET citado anteriormente e exposta novamente na **Figura 6**.

Os passos para esta etapa serão:

**Figura 6** - Simulação “Balões e Eletricidade Estática”



Fonte: Site do PhET, 2021.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Disponível em

<[https://phet.colorado.edu/sims/html/balloons-and-static-electricity/latest/balloons-and-static-electricity\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balloons-and-static-electricity/latest/balloons-and-static-electricity_pt_BR.html)>. Acesso em 15 de maio de 2022.

### Primeiro momento:

Como a simulação usada será a mesma do módulo 4 do capítulo 1, o início será a pré apresentação, pode-se lembrar o que foi visto sobre o tema cargas elétricas e daí explicar os fenômenos de eletrização, salientando a causa do fenômeno e o porquê de acontecer tal coisa.

Como foi dito a simulação corresponde também aos processos de eletrização, que pode-se observar que quando se atrita o balão no casaco ele fica eletrizado e por isso é atraído pelo próprio casaco que também fica carregado com excesso de cargas.

O propósito aqui é mostrar o que acontece quando se atrita um material com outro que possui características polarizáveis. Este momento terá uma duração de 15 minutos.

### Segundo momento:

A segunda parte proposta, assim como no capítulo anterior, é a explicação dos conceitos e características sobre os processos de eletrização, a título de conceituar e deixar esclarecido o fenômeno que foi visto na simulação.

A **Figura 7**, ilustrada abaixo, indica a lista de materiais eletronegativos.

**Figura 7 - Série Triboelétrica.**



MATERIAL
Pele humana seca
Couro
Pele de coelho
Vidro
Cabelo humano
Nylon
Papel
Madeira
Borracha
Poliéster
Isopor
Polietileno
PVC
Teflon

Fonte: JÚNIOR, 2016.

É importante que o professor passe para os alunos a tabela de eletronegatividade indicada acima que contém uma sequência de quais materiais ao serem eletrizados adquirem cargas positivas ou negativas. Esta etapa completa terá uma duração de 30 minutos.

### **Terceiro momento:**

No momento final de apresentação e aplicação da simulação, vêm a parte da aplicação de conhecimentos, nesta etapa o professor deverá propor a resolução das questões indicadas no **Quadro 11**, sendo que o professor tem total liberdade para modificar e/ou acrescentar questões. Este momento terá uma duração estimada de 45 minutos.

#### **Quadro 11 - Questões sobre Eletrização (simulação).**

1. Que processo de eletrização foi usado para deixar o balão eletrizado?
2. O que foi possível observar durante a apresentação da simulação com relação às cargas elétricas?
3. Porque os balões depois de eletrizados não se tocavam?
4. Explique brevemente o que é eletrização por contato e indique a diferença em relação a eletrização por atrito.
5. Explique o que foi possível observar nas cargas das paredes ao encostar o balão nela.
6. Utilizar uma simulação para demonstrar um fenômeno físico foi uma boa opção para auxiliar na sua compreensão da eletrização?
7. Ao observar a simulação foi possível enxergar o fenômeno com clareza?

**Avaliação e tempo total estimado para o uso da Simulação Computacional:**

Nesta etapa não será necessário uma avaliação processual, pode ser cobrado a resolução das questões propostas no terceiro momento deste módulo.

A duração total de aplicação, será de duas aulas, 45 minutos cada, onde o professor fará aula conceitual junto com prática que nesse caso será a simulação computacional.

**Materiais e recursos necessários:**

Para esta proposta de metodologia o professor necessitará de acesso a internet para acessar a simulação. É indicado que esta aula fosse feita em uma sala de informática para que os alunos não só acompanhassem visualmente, mas também pudessem fazer a simulação junto com o professor. Para a parte teórica e a resolução de exercícios será necessário quadro e marcador para quadro branco.

**CAPÍTULO 3: PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O ENSINO DA LEI DE COULOMB.**

O capítulo 3, referente à Lei de Coulomb, aborda conceitos que foram vistos nos capítulos anteriores e traz novos conceitos a serem passados para os alunos a fim de que possam compreender ao que se refere este fenômeno. Neste sentido, busca-se propor os caminhos a serem tomados para que professores possam utilizar novos métodos de ensino.

Assim, a sequência didática será apresentada nos módulos seguintes, contendo metodologias distintas que podem ser implementadas no ensino da Lei de Coulomb.

**Módulo 1****Cordel:**

O cordel que será usado para o estudo da Lei de Coulomb contém conceitos e definições que serão importantes para a compreensão dos discentes sobre o tema

e têm como título “Lei de coulomb: uma prosa interessante de se ler”. O cordel em questão está no “APÊNDICE C” e para a aplicação o professor deverá seguir os momentos expostos abaixo.

### **Primeiro momento:**

O começo da aplicação do cordel “Lei de Coulomb: uma prosa interessante de ler” que envolve os conceitos sobre Lei de Coulomb, o professor que utilizará esta sequência deverá explicar do que trata o cordel, a justificativa do porquê está à utilizando, afim de que os alunos compreendam o assunto que está sendo ministrado.

Justifica-se o uso deste cordel como uma forma de passar o assunto utilizando uma linguagem distinta, ou seja, conceitos importantes transmitidos em prosa. Este momento de aplicação e leitura do cordel terá uma duração de 10 minutos.

### **Segundo momento:**

A continuidade da aplicação do cordel, se dará como a parte de explicação do professor onde o mesmo fará sua aula conceitual, porém utilizando conceitos que os alunos já viram com o cordel. Sabendo que os alunos já tiveram este contato inicial com os conceitos sobre a Lei de Coulomb, o professor ao introduzir os conceitos mais detalhados terá o apoio do cordel que já foi lido pelos alunos.

Além disso, sabe-se que a Lei de Coulomb trata tanto de conceitos quanto de cálculos, sabendo disso, é indicado que o docente busque aprofundar e explicar com cautela a parte matemática do assunto usando exemplos sobre o tema em questão. Esta etapa terá uma duração de 35 minutos.

### **Terceiro momento:**

Para ser finalizado este módulo, a proposta é que o professor aplique a atividade indicada no **Quadro 12**, a qual traz questões envolvendo os conceitos que o professor explicou em sala. Esta atividade busca analisar se os módulos anteriores contribuíram na aprendizagem dos alunos.

Junto a isso, ficando a critério do professor, poderá propor a confecção de um mapa conceitual onde deve constar todos os principais conceitos sobre a Lei de Coulomb. A atividade deverá ser feita em sala e o mapa conceitual proposto para casa. Este momento terá uma duração de 45 minutos.

### **Quadro 12 - Problemas sobre a Lei de Coulomb.**

1. O que diz a Lei de Coulomb?
2. Quais as relações de proporcionalidade que existem na equação? Especifique cada uma delas.
3. Calcule a força que uma partícula  $Q_1$  de carga igual a 2 C faz sobre uma partícula  $Q_2$  de carga igual a 1 C, sendo elas separadas por uma distância de 10 cm.
4. A força que uma partícula  $Q_1$  exerce sobre uma partícula  $Q_2$  é de 20 N. Sabendo que  $Q_2$  têm duas vezes a carga de  $Q_1$  que é de 3 C, qual é a distância que separa essas duas partículas para esta condição?
5. É possível afirmar que a força de repulsão entre duas partículas de mesma carga será sempre dependente da distância entre elas?

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

### **Avaliação e tempo total estimado para o uso do cordel:**

A proposta de avaliação será processual, sendo compreendida por comportamento e participação dos alunos e, ainda, a entrega do mapa conceitual que foi pedido no terceiro.

A duração total de aplicação do cordel sobre a Lei de Coulomb utilizando o cordel será de duas aulas, que foram divididas entre os momentos que estão especificados acima. Este assunto, por conter a parte matemática, necessita de um tempo mais longo para que possa ser compreendido o assunto detalhadamente.

**Materiais e recursos necessários:**

Esta proposta de metodologia precisará dos seguintes recursos: quadro e marcador para quadro branco, caso o professor opte por não entregar o cordel impresso, ele precisará de um projetor para projetar o cordel para toda a turma.

**Módulo 2****Sala de Aula Invertida - SAI:**

A proposta elaborada para a utilização da SAI como metodologia de ensino referente ao estudo sobre Lei de Coulomb, seguirá os momentos abaixo:

**Primeiro momento:**

No início, o professor deverá disponibilizar os materiais para que os alunos possam fazer o primeiro estudo sobre o tema, no caso sobre Lei de Coulomb. Estes materiais, que são um texto contendo as definições e os conceitos sobre o assunto em questão e um vídeo para melhor compreensão dos discentes.

O vídeo que será disponibilizado pelo professor será “Para que serve a LEI DE COULOMB | ELETROSTÁTICA”<sup>5</sup>, vídeo que pertence ao canal do YouTube “Chama o Físico” de autoria de Thales Rodrigues. Já o texto que será disponibilizado para que os alunos possam estudar com antecedência, se encontra no “ANEXO C” deste trabalho. Este momento, por ser antecessor a aula, não terá uma duração específica.

**Segundo momento:**

Como a SAI consiste em fazer do aluno o principal mediador do seu conhecimento, aqui, como os alunos já fizeram suas pesquisas e já têm noções do assunto, será o momento de exposição e de compartilhar o que aprenderam. É

---

<sup>5</sup> Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=LWPlIKu5TPQ&t=21s>>. Acesso em 10 de maio de 2022.

neste momento em que eles vão trazer o que é a Lei de Coulomb, quais as características, quais as relações de proporcionalidade e os demais conceitos.

Ademais, o **Quadro 13** indica os pontos para que o professor responsável direcione o debate. Esta etapa terá uma duração de 45 minutos.

**Quadro 13** - Pontos a serem tratados durante o debate.

1. Quais os conceitos que o vídeo trouxe sobre Lei de Coulomb, como ele a definiu?
2. No texto disponibilizado é possível observar conceitos que já foram estudados anteriormente? Quais são?
3. O que pode-se observar sobre as relações de proporcionalidade que existem na Lei de Coulomb? Este conceito influencia no cálculo?
4. De acordo com os materiais vistos, qual a equação da Lei de Coulomb?
5. Como é chamada a constante que aparece na equação? Qual seu valor específico no vácuo?
6. Segundo a equação da Lei de Coulomb, quais as unidades de medidas que devem ser consideradas para cada componente que a compõem?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

**Terceiro momento:**

Baseando-se no que é tratado no vídeo e no texto expostos no primeiro momento, o professor responsável deverá aplicar questões para ser respondido em sala que serão questões propostas do livro didático que está sendo utilizado.

É indicado que o professor acompanhe a resolução das questões para poder observar o nível de aprendizagem e para responder ou explicar alguma questão que os discentes não tenham entendido. Este momento terá uma duração de 45 minutos.

**Avaliação e tempo total estimado para o uso da SAI:**

Para este módulo, a avaliação deverá ser a observação durante a apresentação dos conhecimentos no segundo momento, quem participou e contribuiu produtivamente no mesmo.

O tempo total estimado, é de duas aulas, 45 minutos cada.

**Materiais e recursos necessários:**

Os materiais necessários para esta proposta de metodologia são os citados no início deste módulo, no caso o texto que está anexado neste trabalho e o vídeo também indicado aqui.

**Módulo 3****Experimento de baixo custo:**

Para a Lei de Coulomb será proposto um experimento simples, mas que demonstra a teoria que a mesma conceitua. Pensando nisso, o experimento a ser utilizado neste módulo será “Canudos brigões”, que tem como intuito demonstrar a relação entre a força elétrica de interação entre as cargas dos canudos. Assim os passos serão:

**Primeiro momento:**

A Lei de coulomb relaciona a força de atração e repulsão de duas cargas elétricas que interagem entre si, quanto mais próximas, ou seja, menor distância entre ambas, maior será a força, assim como quanto maior as cargas de ambas maior será a força.

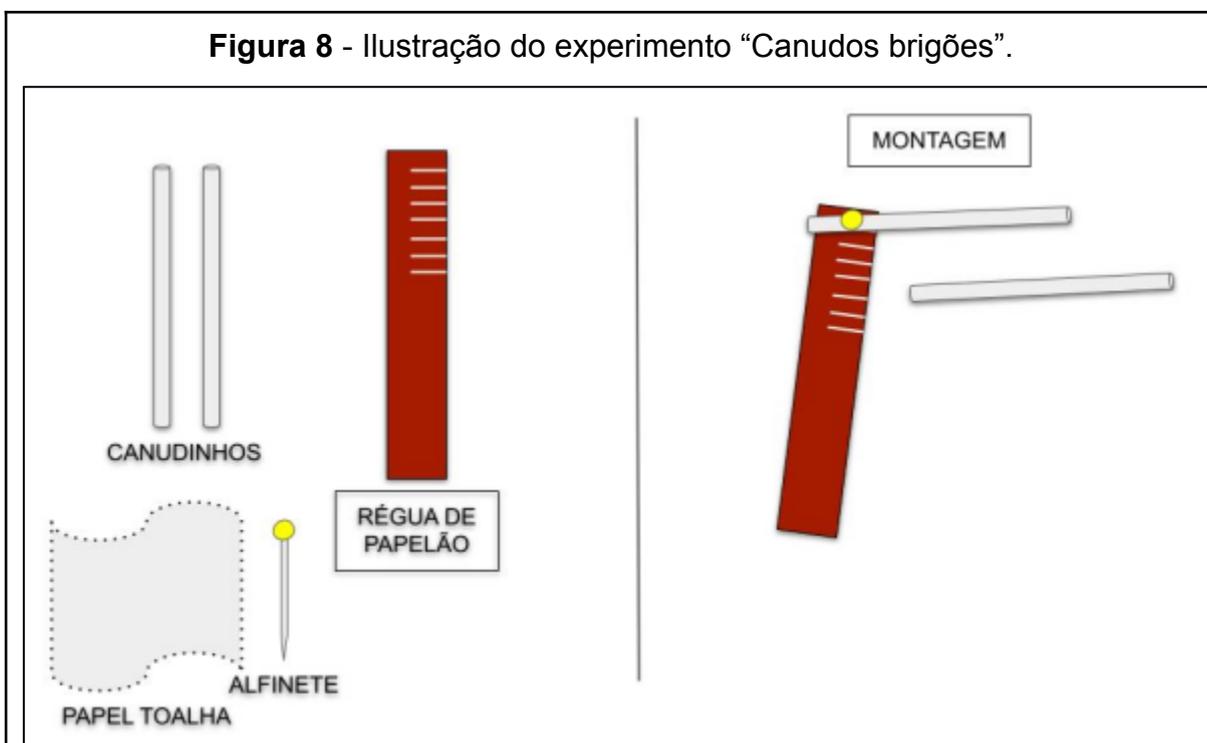
Assim, este momento é reservado para a explicação destes conceitos aos alunos, para que eles possam compreender o que o fenômeno que será visto no experimento relata. Este momento terá uma duração de 45 minutos que é a média de tempo de uma aula.

## Segundo momento:

O segundo momento consiste na elaboração e apresentação do experimento sobre Lei de Coulomb, aqui o professor fará uma breve demonstração do que esta lei se refere, que é a interação entre cargas elétricas.

A confecção do experimento, os materiais necessários e os passos de aplicação estão indicados no **Quadro 14**. Esta etapa, contando com a montagem e explicação do experimento, terá uma duração de 20 minutos.

**Quadro 14** - Experimento sobre Lei de Coulomb.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### ➤ Montagem do experimento:

- Primeiro passo: fixar um dos canudinhos na régua feita de papelão com o alfinete;
- Segundo passo: utilizando o papel toalha para eletrizar os dois canudinhos;
- Terceiro passo: demonstrar o fenômeno da Lei de Coulomb que relaciona a força de interação entre partículas carregadas;

- Quarto passo: demonstrar a relação entre a força de repulsão e a distância entre os canudinhos.
  
- Materiais necessários:
  - Dois canudinhos de plástico;
  - Uma régua feita de papelão;
  - Um alfinete;
  - Papel toalha.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### Terceiro momento:

O terceiro momento será a resolução de questões sobre Lei de Coulomb, que estão relacionadas com o experimento exposto no momento anterior, estas questões estão indicadas no **Quadro 15**, e devem ser respondidas na sala de aula. Para este momento, a duração será de 25 minutos, caso os alunos não concluam a atividade neste período a correção ficará para o início da próxima aula.

#### **Quadro 15** - Questões sobre Lei de Coulomb (experimento).

1. O que foi possível observar sobre cargas elétricas durante a aplicação do experimento “Canudos brigões”?
2. Foi possível observar a relação entre a força que um corpo carregado exerce sobre outro e a distância entre eles?
3. O que aconteceria se um dos canudinhos não tivesse sido eletrizado? Há alguma chance do experimento funcionar nessas condições?
4. Utilize a equação da Lei de Coulomb para calcular a força na seguinte situação: suponha que os canudinhos foram eletrizados com a mesma carga de 0.02 C e estão separados a uma distância de 0.002 m, qual é a força que

um exerce sobre o outro nessas condições?

5. A força de interação entre os canudinhos da situação anterior seria maior ou menor se a carga adquirida pelos canudinhos fosse reduzida pela metade ?
6. Imagine que ao invés de aproximar o canudinho carregado, seria aproximado um corpo com carga de mesmo sinal, porém 10 vezes maior que a carga adquirida pelo canudinho, nestas condições o que aconteceria?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### **Avaliação e tempo total estimado para o uso do experimento de baixo custo:**

A forma de avaliação será por critérios de participação e comportamento.

A duração total de aplicação será de duas aulas, que são 45 à 50 minutos cada, que contempla a aula conceitual, o experimento e a resolução de questões.

### **Materiais e recursos necessários:**

Os recursos necessários para a aula conceitual, que poderá contar a apresentação de slides, serão: quadro, lápis de quadro e data-show.

Para o experimento “Canudos brigões”, os materiais estão no **Quadro 14**.

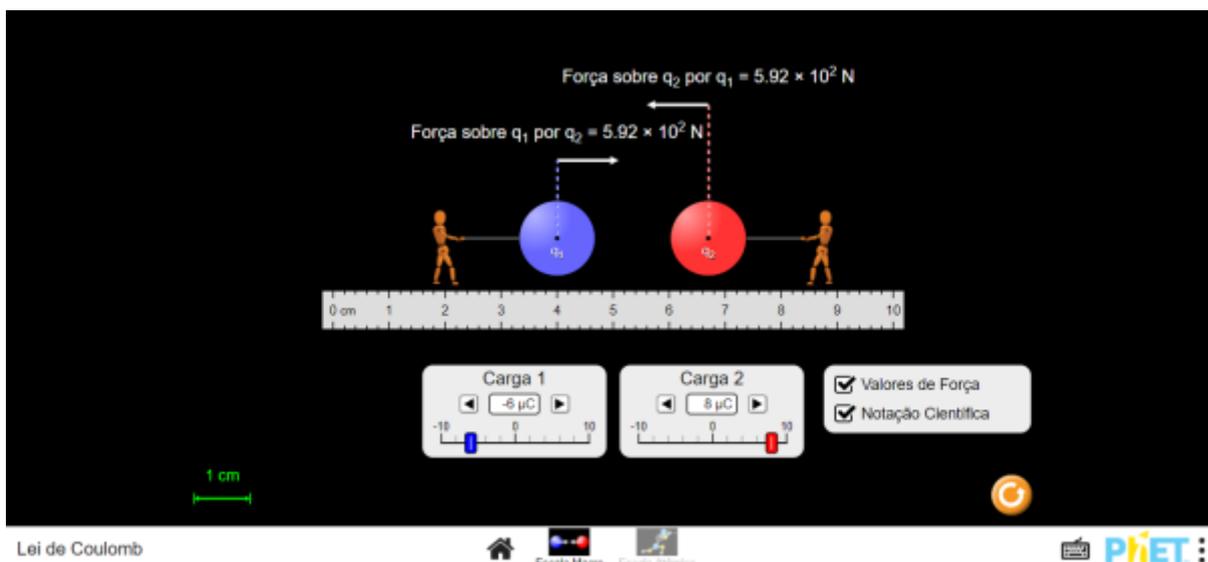
## **Módulo 4**

### **Simulação Computacional:**

Neste módulo será novamente utilizada uma simulação computacional do site PhET da Universidade do Colorado, denominada de “Lei de Coulomb” e ilustrada na **Figura 9**, esta simulação poderá fazer com que os alunos observem a força de atração e repulsão que partículas carregadas podem exercer uma sobre a outra.

Este método poderá facilitar tanto a compreensão dos alunos acerca do assunto Lei de Coulomb quanto o ensino do professor.

**Figura 9** - Simulação “Lei de Coulomb”



Fonte: Site do PhET, 2021.<sup>6</sup>

### Primeiro momento:

Nesse primeiro momento, antes de demonstrar a simulação computacional em si, o professor responsável inicialmente fará alguns questionamentos como, o que será que acontece com a força exercida sobre a partícula um se eu a aproximar de partícula dois? Para responder esta pergunta deve-se considerar como as partículas estão carregadas, daí que o professor deverá observar quem prestou atenção neste detalhe.

Arelado a isso, pode-se analisar quais alunos estão lembrados do assunto abordado no capítulo 1, atração e repulsão de cargas. É importante esta observação, pois assim o professor pode concluir se os métodos usados estão sendo eficazes. Este momento terá uma duração de 15 minutos.

### Segundo momento:

Na mesma temática dos capítulos anteriores, a proposta é a explicação sobre a Lei de Coulomb utilizando o quadro ou alguns slides, para esclarecer os conceitos

<sup>6</sup>Disponível em <[https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law_pt_BR.html)>. Acesso em 15 de maio de 2022.

tratados na simulação. Sabe-se que a Lei de Coulomb trabalha com cálculos um pouco mais complexos e devem ser vistos bem detalhados.

Assim é indicado que a parte de cálculo em si seja feita como exemplos simples e objetivos, além disso, é importante que a constante envolvida e as relações de proporcionalidade sejam bem definidas para os alunos. Esta etapa terá uma duração de 30 minutos.

### **Terceiro momento:**

Como os dois momentos anteriores já tratam do conteúdo por completo, aqui será feita uma rodada de perguntas e respostas em forma de dinâmica, que deverá ser feita entre duas equipes. Neste jogo, o professor selecionará os integrantes de cada equipe para participarem do jogo.

Este jogo será com oito rodadas de perguntas, as regras e as perguntas estão indicadas no **Quadro 16**. Este momento terá uma duração estimada de 45 minutos, pois terá o sorteio, a explicação de como funcionará a dinâmica e a contagem de pontos para o resultado da equipe vencedora.

#### **Quadro 16 - Dinâmica do jogo sobre Lei de Coulomb.**

- Regras da dinâmica:
  - Após o sorteio das equipes, será sorteado a equipe que terá a chance de começar a responder;
  - Cada resposta certa adicionará 10 pontos no placar da equipe;
  - Respostas erradas custará toda a pontuação já adquirida e a vez de responder;
  - O tempo de resposta será de 30 segundos, caso o tempo acabe a vez passará para a equipe adversária;
  - Ganha quem responder mais questões certas, caso dê empate as duas equipes serão vencedoras.
  
- Questões para a dinâmica:

1. O que trata a Lei de Coulomb?
  - a) Força magnética;
  - b) Força de atrito;
  - c) Força de atração e repulsão.
  
2. Qual o nome da constante que está presente na equação da Lei de Coulomb?
  - a) Constante eletrostática;
  - b) Constante elástica;
  - c) Constante gravitacional.
  
3. Qual a relação entre a força exercida por uma partícula sobre outra e a distância entre elas?
  - a) Quanto maior a distância maior a força;
  - b) Quanto menor a distância menor a força;
  - c) Quanto menor a distância maior a força.
  
4. Qual o valor da constante eletrostática no vácuo?
  - a)  $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m} / \text{C}^2$
  - b)  $K_0 = 8 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$
  - c)  $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$
  
5. Se em um determinado momento dobrarmos a distância entre duas partículas, o que acontecerá com a força elétrica após isto?
  - a) Aumentará;
  - b) Diminuirá;
  - c) Continuará a mesma.
  
6. Qual a relação entre a força exercida por uma partícula sobre outra e o produto das cargas?
  - a) Quanto maior o produto das cargas maior a força;
  - b) Quanto menor o produto das cargas maior a força;

- c) Nenhuma das alternativas acima.
7. Se em um determinado momento dobrarmos a carga de cada partícula, o que acontecerá com a força elétrica após isto?
- a) Aumentará;
  - b) Diminuirá;
  - c) Continuará a mesma.
8. Duas partículas de mesma carga entram em interação, qual a força entre elas?
- a) Força de atração;
  - b) Força de repulsão;
  - c) Força de elástica.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### **Avaliação e tempo total estimado para o uso da Simulação Computacional:**

A avaliação deste módulo será a participação no jogo proposto no terceiro momento, a determinação para responder as perguntas e o comportamento.

A duração total de aplicação, será de duas aulas, 45 minutos cada, onde o professor fará aula conceitual junto com prática que nesse caso será a simulação computacional.

### **Materiais e recursos necessários:**

Aqui o professor necessitará de acesso a internet para acessar a simulação para poder apresentá-la. Para o jogo será necessário as perguntas, indicadas no **Quadro 16** e uma moeda para sortear quem começa a responder.

Com relação a simulação, o indicado seria que esta aula fosse feita em uma sala de informática, mas como os recursos, muitas vezes são escassos, o professor poderá apresentar a simulação no projetor. Para a parte teórica será necessário quadro e marcador para quadro branco.

## **CAPÍTULO 4: PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O ENSINO DE CAMPO ELÉTRICO.**

O quarto capítulo desta proposta pedagógica, compreende o ensino das características e conceitos sobre o assunto Campo Elétrico, cuja importância é relevante para a Física, especificamente na eletrostática. Neste sentido, será apresentado uma metodologia em cada um dos módulos seguintes, buscando diversificar o ensino e interligar novas formas de ensinar.

### **Módulo 1**

#### **Cordel:**

Neste módulo a proposta de cordel para ser trabalhado tem o título de “Campo elétrico: uma história interessante e invocada”, cuja finalidade é trabalhar os conceitos sobre Campo Elétrico de uma forma diferenciada e atrativa, usando uma linguagem característica da literatura de cordel. Este cordel proposto está anexado no final deste trabalho, especificamente no “APÊNDICE D”. Para a aplicação desde cordel os momentos a serem seguidos serão:

#### **Primeiro momento:**

O professor terá que explicar sobre o uso do cordel durante o início da aula sobre campo elétrico, citando que será usado como um recurso interdisciplinar e para auxiliar na compreensão dos discentes. Junto a isso, o professor deverá fazer a leitura conjunta, podendo, caso seja adequado, fazer grupos pequenos que discutam o cordel entre si. Assim, o professor distribuirá o cordel impresso para cada grupo ou aluno para que seja feita a leitura do assunto. Este momento terá uma duração de 15 minutos.

#### **Segundo momento:**

Após a leitura cordel ser feita em grupo ou individual, critério do professor, o próximo passo é a complementação do que trata o cordel, ou seja, a

contextualização do assunto em si, aqui o professor tratará do assunto para que os alunos compreendam o que é campo elétrico, como é causado e todas as demais definições.

Depois disso, é proposto que o professor traga exemplos que estejam o mais próximo do que o aluno vivencia no dia a dia, por exemplo quando encostamos o braço na TV recém desligada e os pelos do braço são atraídos, exemplo típico de campo elétrico no dia a dia. Esta etapa terá uma duração de 30 minutos.

### **Terceiro momento:**

No final desta sequência, a proposta é que o professor proponha uma atividade que deverá ser entregue, a qual os alunos terão que elaborar um mapa mental contendo todos os conceitos vistos em sala sobre campo elétrico.

O mapa mental deve conter os principais conceitos sobre campo elétrico de forma resumida e objetiva a fim de que seja indicado que os alunos compreenderam os detalhes relacionados ao Campo Elétrico. Esta atividade será indicada para casa.

### **Avaliação e duração total para o uso do cordel:**

A avaliação para este módulo será a entrega do mapa mental junto com a resolução da atividade proposta pelo professor.

A duração total da aplicação será de uma aula que envolve a leitura do cordel e a contextualização do assunto e a atividade do mapa mental será para casa.

### **Materiais e recursos necessários:**

Para esta proposta de metodologia o professor necessita apenas de quadro e marcador para quadro branco, caso o professor opte por não entregar o cordel impresso, ele precisará de um projetor para projetar o cordel para toda a turma.

## **Módulo 2**

### **Sala de Aula Invertida - SAI:**

A utilização da SAI como metodologia de ensino a ser implementada na disciplina de Física, cuja finalidade é utilizá-la no ensino de Campo elétrico, pode ser dado seguindo o passo a passo abaixo:

### **Primeiro momento:**

Os alunos deverão estudar o assunto Campo elétrico previamente utilizando materiais de apoio disponibilizados pelo professor, estes materiais deverão conter as definições necessárias para que os discentes possam compreender de forma coerente e concisa, pois será estipulado que os mesmos falarão sobre na aula posterior.

Os materiais que o professor disponibilizará devem ser coerentes com o que se busca, que é a facilidade no aprendizado e na compreensão dos alunos. Neste sentido é proposto o vídeo “Campo Elétrico | ELETROSTÁTICA”<sup>7</sup>, vídeo do canal “Chama o Físico” que já foi citado em capítulos anteriores. Outro material que deverá ser disponibilizado é um texto explicativo sobre Campo Elétrico que está disponível no “ANEXO D”. Este momento, por ser um momento que antecede a aula, não terá uma duração específica.

Observação, propor aos alunos que façam anotações sobre o assunto.

### **Segundo momento:**

No primeiro encontro para debater o que trata o texto, o professor deverá iniciar o debate utilizando os pontos indicados no **Quadro 17**, assim os alunos terão um debate objetivo, ou seja, um caminho a seguir.

Aqui, é importante que o professor faça observações no momento em que os alunos estão discutindo sobre o tema Campo elétrico. Esta etapa terá uma duração de 45 minutos.

#### **Quadro 17** - Pontos para direcionar o debate sobre Campo Elétrico.

- O que é campo elétrico?
- O que são as linhas de campo?

<sup>7</sup> Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=jFfKwDjUPck>>. Acesso em 12 de maio de 2022.

- Para onde apontam as linhas de campo? O que influencia nesta direção?
- Qual a equação do Campo Elétrico?
- A intensidade do campo elétrico tem alguma relação com a Força Elétrica?
- Existe constantes relacionadas a equação do Campo Elétrico?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### Terceiro momento:

Após o debate será o momento dos alunos testarem o que aprenderam, aqui o professor fará uma aula de resolução de exercícios de fixação assim como explicado no módulo 1 deste mesmo capítulo, que buscará analisar e avaliar a aprendizagem acerca do assunto Campo Elétrico para os alunos testarem o que aprenderam.

Algumas questões sobre Campo Elétrico estão indicadas abaixo no **Quadro 18**, mas o professor tem a liberdade de modificar e acrescentar mais problemas para resolver em sala. Estas questões devem ser comentadas de acordo com os detalhes da resolução. Este momento terá uma duração de 45 minutos.

#### **Quadro 18** - Questões propostas sobre Campo Elétrico.

1. O Campo Elétrico que é gerado em uma determinada região do espaço depende de que exclusivamente?
2. Em torno de uma carga elétrica sempre haverá um campo elétrico? Explique.
3. Imagine uma carga positiva que gera um campo elétrico ao seu redor e que próximo dela existe uma carga de prova. Nesta situação, o que podemos afirmar sobre o vetor Campo Elétrico?
4. Qual a intensidade do Campo Elétrico em um ponto situado a 2 m de distância de uma carga puntiforme de 0.00002 C?
5. O Campo elétrico gerado por uma carga pontual de - 0.0003 C, no vácuo, é

de 0.8 N/C. Calcule a que distância se refere o valor desse Campo elétrico.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### **Avaliação e tempo total estimado para o uso da SAI:**

Para este módulo, a avaliação deverá ser a observação do debate, quem participou e contribuiu produtivamente no mesmo.

O tempo total estimado, é de duas aulas, 45 minutos cada.

### **Materiais e recursos necessários:**

Os recursos necessários para esta proposta de metodologia são os já citados no início deste módulo, no caso, o vídeo e o texto.

## **Módulo 3**

### **Experimento de baixo custo:**

Um tema importante da Eletrostática é o chamado campo elétrico, cuja teoria pode-se ter uma difícil compreensão. Pensando nisso, será proposto um experimento que facilite o estudo deste tema e auxilie os professores no momento de demonstrar o que ao que o fenômeno está relacionado. Neste sentido, o experimento a ser utilizado neste módulo será "Papéis pegajosos", que consiste em demonstrar o que causa um campo elétrico e o que ele pode fazer, os momentos a serem seguidos são:

### **Primeiro momento:**

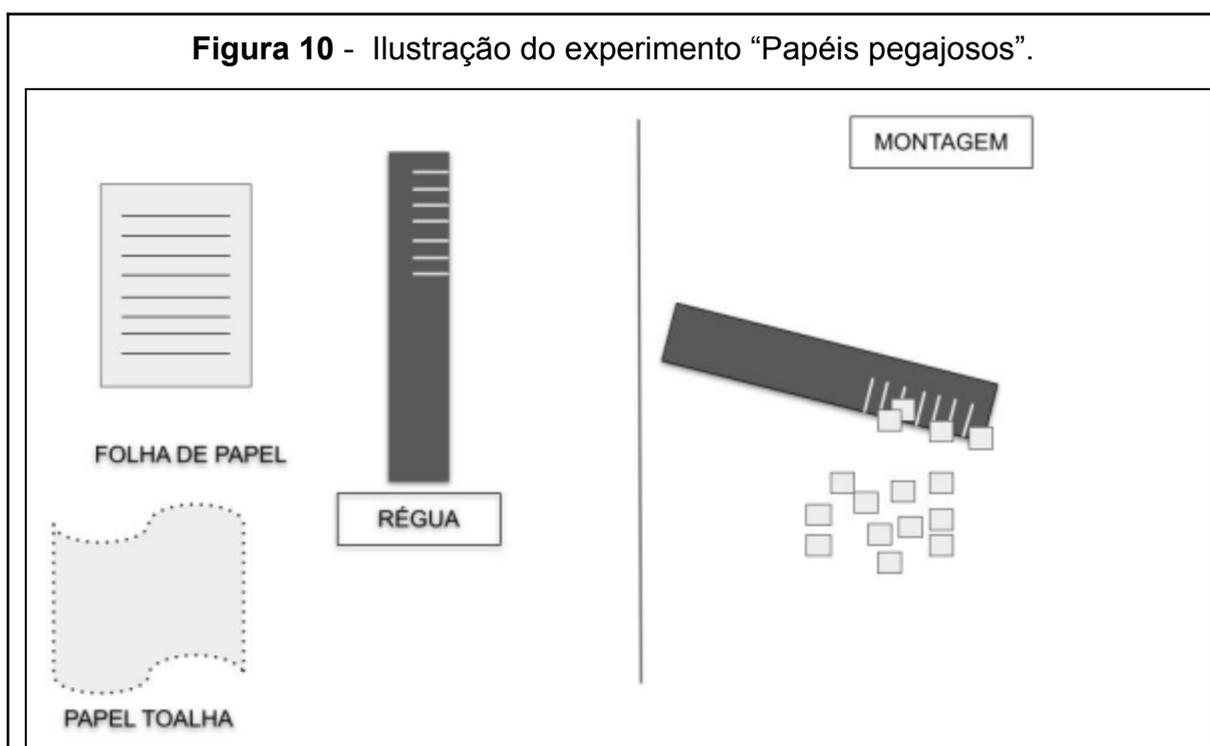
Experimentos que também tratam sobre campo elétrico já foram citados ao longo desta proposta pedagógica, pois sabe-se que o campo elétrico é gerado por uma carga elétrica, o que foi muito usado até aqui. Neste sentido, o momento inicial para a aplicação do experimento de baixo custo, consiste em uma breve explicação do que é o campo elétrico, o que o causa e o que ele pode causar, bem como

demonstrar suas fórmulas. É importante este momento para que os alunos possam observar no experimento o que foi explicado durante a aula. Este momento terá uma duração de 45 minutos que é a média de tempo de uma aula.

### Segundo momento:

Após a primeira aula de conceitos e explicações, o início da segunda etapa será a confecção e a apresentação do experimento proposto. Tais etapas estão indicadas no **Quadro 19**, bem como os materiais necessários e a teoria relacionada com o tema Campo Elétrico. Esta etapa, contando com a montagem e explicação do experimento, terá uma duração de 20 minutos.

#### Quadro 19 - Procedimentos para o experimento sobre Campo Elétrico.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

#### ➤ Procedimentos experimentais:

- Primeiro passo: recortar a folha de papel em pequenos pedaços;
- Segundo passo: eletrizar a régua com o papel toalha;
- Terceiro passo: aproximar a régua carregada dos pedaços de papel e

observar que eles são atraídos pela régua carregada.

- Teoria envolvida:
  - Sabe-se que um Campo Elétrico é gerado nos arredores de uma carga elétrica, assim ao fazer a régua ficar carregada, pela eletrização por atrito, isso fará com que ao redor da régua seja gerado um Campo Elétrico;
  - Os papéis ao entrarem nesse Campo Elétrico gerado pela régua são atraídos e ficam grudados na régua.
  
- Materiais necessários:
  - Uma régua de plástico;
  - Papel toalha;
  - Folha de papel;
  - Tesoura.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### **Terceiro momento:**

Ao final da aplicação do experimento, o professor deverá propor um resumo sobre os conceitos vistos no experimento, este resumo terá uma quantidade mínima de 15 linhas e deve ser entregue no final da aula.

Desta forma, será possível para o professor analisar a eficácia da aplicação do experimento. Para este momento, a duração será de 25 minutos, no caso o restante da aula após o experimento.

### **Avaliação e tempo total estimado para o uso do experimento de baixo custo:**

A forma de avaliação será por critérios de participação e entrega do resumo proposto, onde o professor atribuirá algum ponto extra que contará na avaliação bimestral.

A duração total de aplicação, será de duas aulas, que são 45 minutos cada.

**Materiais e recursos necessários:**

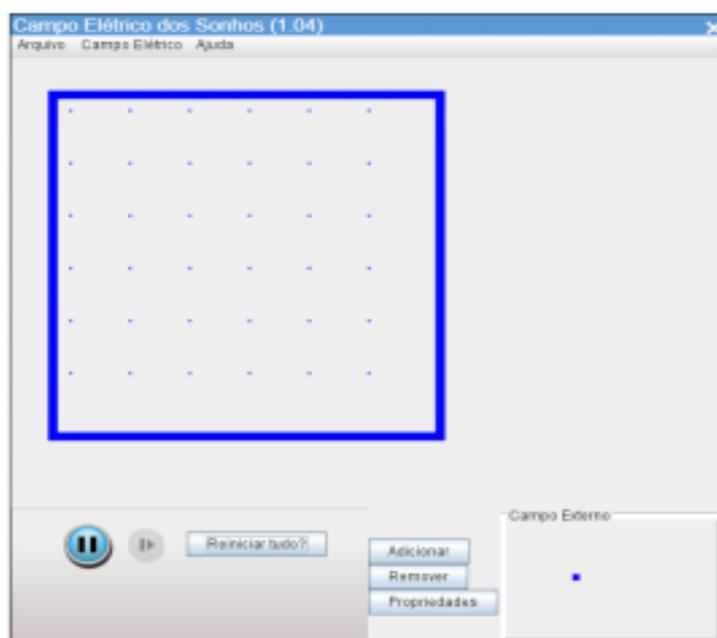
Os recursos necessários para a aula conceitual, que poderá contar a apresentação de slides, serão: quadro, lápis de quadro e data-show.

Para o experimento “papéis pegajosos”, os materiais necessários já foram indicados no **Quadro 19**.

**Módulo 4****Simulação Computacional:**

Neste módulo, será apresentado uma metodologia utilizando uma simulação computacional do site PhET da Universidade do Colorado, a referida simulação é chamada de “Campo Elétrico com Sonhos” e está ilustrada na **Figura 11** onde consiste em demonstrar o comportamento do campo elétrico na presença de uma carga elétrica.

**Figura 11** - Simulação “Campo Elétrico dos Sonhos”



Fonte: Site do PhET, 2021.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Disponível em

<[https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/efield/latest/efield.html?simulation=efield&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/efield/latest/efield.html?simulation=efield&locale=pt_BR)>.

**Primeiro momento:**

Inicialmente o professor fará a introdução sobre campo elétrico utilizando a simulação, desta forma os alunos poderão observar como é o comportamento do campo elétrico, o que acontece com relação a presença de cargas positivas ou de cargas negativas e o que são as linhas de campo e suas características. Este momento terá uma duração de 15 minutos.

**Segundo momento:**

Depois da demonstração da simulação no primeiro momento, que servirá como uma pré apresentação do tema, a segunda parte proposta é a explicação sobre campo elétrico, é aqui onde os detalhes são explicitados e as dúvidas são tiradas, além de esclarecer um pouco mais os conceitos tratados na simulação. Esta etapa terá uma duração de 30 minutos.

**Terceiro momento:**

O final deste módulo será uma atividade para casa onde os alunos terão que elaborar uma mapa conceitual para ser entregue e será creditado pontos extras para a prova do bimestre. O mapa conceitual é proposto para que os alunos revejam os conceitos novamente e possam fixá-los cada vez mais.

Neste mapa conceitual deve conter o tema central, no caso campo elétrico, suas características, fórmulas, conceitos sobre as linhas de campo e suas principais definições. Este momento terá uma duração estipulada pelo professor.

**Avaliação e tempo total estimado para o uso da Simulação Computacional:**

A avaliação será compreendida por comportamento e participação dos alunos, além da entrega do mapa conceitual no período estipulado pelo professor.

A duração total de aplicação será de uma aula, 45 minutos, onde o professor fará aula conceitual junto com a simulação computacional.

**Materiais e recursos necessários:**

Para esta proposta de metodologia o professor necessitará de acesso a internet para acessar a simulação. Caso seja possível, a aula deverá ser feita em uma sala de informática para que os alunos não só acompanhassem visualmente, mas também pudessem fazer a simulação junto com o professor, se não for possível será necessário projetor para apresentar a simulação. Para a parte teórica e a resolução de exercícios será necessário quadro e marcador para quadro branco.

**CAPÍTULO 5: PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O ENSINO DE POTENCIAL ELÉTRICO.**

O Potencial Elétrico é um importante assunto que está compreendido em Eletrostática. Neste capítulo, será trabalhado de forma detalhada propostas de metodologias para auxiliar os professores no ensino do Potencial Elétrico. Nesta temática, busca-se apontar os caminhos a serem tomados para que os docentes possam aplicar as metodologias indicadas com facilidade para este assunto.

Com isso, a proposta de sequência didática será apresentada nos módulos expostos ao longo deste capítulo, contendo em cada um deles o passo a passo que o professor usará e, ainda, estará identificado qual a metodologia que será usada.

**Módulo 1****Cordel:**

Para o módulo 1 deste capítulo, cujo tema é Potencial Elétrico, o cordel proposto para ser utilizado como material de apoio, é chamado de “Um cordel potencializado e eletrizado”. Este material está disposto no “APÊNDICE E” no final deste trabalho e sua aplicação deverá ser trabalhada com os seguintes momentos:

**Primeiro momento:**

No momento inicial da aplicação do cordel citado acima, que envolve os conceitos sobre Potencial Elétrico, o professor que o utilizará deverá fazer uma leitura conjunta com toda a turma a fim de que os alunos possam ter sua atenção voltada para o tema do cordel que está sendo ministrado.

Utilizar o cordel como uma forma de passar o assunto, mesmo sendo em disciplina da área de exatas, pode favorecer o aprendizado por ser usado uma linguagem diversificada. Este momento de aplicação, que é a leitura do cordel com a turma, terá uma duração de 15 minutos, pois pode-se ler trechos mais de uma vez.

**Segundo momento:**

O segundo momento será a continuidade dos conceitos sobre o tema potencial elétrico, o professor conduzirá o restante da aula para aprofundar o conhecimento, esclarecendo os conceitos tratados no cordel.

Aqui, é o momento onde são tiradas as dúvidas dos discentes e onde o conhecimento é reforçado. Este momento que dá continuidade e complementa a leitura do cordel, é de suma importância para que os alunos compreendam os conceitos acerca do tema potencial elétrico. Esta etapa terá uma duração de 30 minutos.

**Terceiro momento:**

O último momento é composto por resolução de um questionário feito em sala para que os alunos possam aumentar seu conhecimento sobre potencial elétrico. Para este questionário, está exposto no **Quadro 20** algumas questões que deverão ser respondidas neste terceiro momento. O professor poderá acrescentar mais questões para que a aula de resolução seja produtiva. Esta parte terá uma duração de 45 minutos.

**Quadro 20** - Questões sobre Potencial Elétrico.

1. Imagine uma partícula carregada com carga  $q = 2 \mu\text{C}$  e que ela seja posta

em um determinado ponto A de um campo elétrico cujo potencial elétrico seja igual a 30 V. Se essa partícula se mover de forma espontaneamente para um determinado ponto B, onde o potencial elétrico é de 15 V, qual será o valor da energia potencial dessa carga quando ela estiver no ponto A? E no ponto B?

2. Imagine agora que uma carga elétrica é deixada no ponto A de um campo elétrico uniforme. Logo após percorrer uma distância de 30 cm, a carga passa em um ponto B com uma velocidade de 15 m/s. Se desprezarmos a ação da gravidade, qual será o trabalho realizado pela força elétrica para levar a carga de A até B. considere a massa da carga  $m = 0,2 \text{ g}$  e  $q = 3 \text{ } \mu\text{C}$ .
3. Qual será a energia potencial elétrica de uma carga elétrica que é colocada em um ponto M cujo potencial elétrico é  $3 \cdot 10^3 \text{ V}$ , sendo a carga igual a  $-4 \text{ } \mu\text{C}$ .
4. Se uma partícula se desloca de um ponto A para um ponto B, sendo que nesta região existe a presença de uma campo elétrico. A força elétrica, durante o percurso citado, realiza um trabalho de  $0,2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ . Sendo o valor da carga igual a  $3 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ , qual a diferença de potencial entre os pontos A e B.
5. Qual é o valor da energia potencial elétrica de uma partícula que está carregada com carga elétrica de  $3 \text{ } \mu\text{C}$ , quando esta é colocada em uma região cujo potencial elétrico é igual a 7 kV?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### **Avaliação e tempo total estimado para o uso do cordel:**

Nesta avaliação os critérios a serem observados são comportamento e participação dos alunos podendo ser admitido pontos extras como um incentivo a participarem da aula e, pode ser cobrado também, a quantidade de acertos referente ao questionário aplicado no terceiro momento.

A duração total de aplicação será de duas aulas.

**Materiais e recursos necessários:**

Neste módulo os recursos necessários são quadro e marcador para a aula teórica e, caso o professor opte em projetar o cordel ao invés de entregá-lo impresso, será necessário um projetor.

**Módulo 2****Sala de Aula Invertida - SAI:**

Para a aula sobre Potencial Elétrico utilizando a SAI, é proposto uma sequência de momentos que terão como intuito facilitar a utilização da SAI como metodologia de ensino a ser implementada na disciplina de Física. Assim, o professor seguirá os momentos detalhados abaixo:

**Primeiro momento:**

Antecedente a aula, como é característica da SAI, o professor deverá disponibilizar os materiais que contenham os conceitos sobre o tema Potencia Elétrico, para que os alunos possam ter um primeiro contato com o assunto em questão. É importante que seja justificado que no momento posterior os alunos são quem irão falar sobre o tema, para que eles, de fato, busquem o conhecimento necessário para isto.

Os materiais propostos para esta etapa são um vídeo explicativo e um texto como complemento para que os alunos se situem sobre as características e o que é o Potencial Elétrico. O vídeo que será usado aqui é chamado “Aula de Potencial Elétrico Parte 1”<sup>9</sup> que faz parte do canal “QG da Física”. O texto que será utilizado, por sua vez, está no “ANEXO E” e será importante para complementar o aprendizado e estimular a leitura. Como já falado em capítulos anteriores, este momento não terá uma duração específica.

---

<sup>9</sup> Disponível em <[https://www.youtube.com/watch?v=L\\_JNumvAr4I](https://www.youtube.com/watch?v=L_JNumvAr4I)>. Acesso em 13 de maio de 2022.

**Segundo momento:**

Considerando que os alunos já fizeram suas pesquisas e já têm noções dos conceitos referentes a Potencial Elétrico, será o momento de exposição e de compartilhar o que aprenderam. Aqui, o professor responsável conduzirá o debate, que acontecerá de forma que os alunos tenham direcionamento no que vão falar. Alguns pontos para serem impostos no debate estão indicados no **Quadro 21**. Esta etapa terá uma duração de 45 minutos.

**Quadro 21** - Pontos que devem ser tratados no debate sobre Potencial Elétrico.

- O Potencial Elétrico está relacionado a quê?
- O que é Potencial Elétrico?
- Qual a relação de proporcionalidade entre Potencial Elétrico e Energia Potencial Elétrica?
- Qual é a equação do Potencial Elétrico?
- Qual a relação entre o Potencial Elétrico e a carga elétrica?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

**Terceiro momento:**

Depois do debate será o momento avaliar o conhecimento dos alunos, aqui o professor indicará uma atividade para ser resolvida e entregue posteriormente, tal atividade está indicada no **Quadro 22**, que buscará analisar e avaliar a aprendizagem acerca do assunto Potencial Elétrico e servirá como aprofundamento do conhecimento.

Este questionário pode ser modificado pelo professor, ficando a critério dele acrescentar ou retirar questões. Como este momento é para ser realizado em casa não terá uma duração especificada, mas a atividade deverá ser entregue no próximo encontro.

**Quadro 22** - Atividade proposta para resolver em casa.

1. Qual a relação de proporcionalidade entre o Potencial Elétrico e a Energia

Potencial Elétrica?

2. Como os materiais indicados para estudo definem o Potencial Elétrico?
3. Podemos definir o Potencial Elétrico como sendo que tipo de grandeza física?
4. Qual a relação de proporcionalidade entre o Potencial Elétrico e o módulo da carga elétrica?
5. Qual é a equação do Potencial Elétrico? E da Energia Potencial Elétrica?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### **Avaliação e tempo total estimado para o uso da SAI:**

Para este módulo, a avaliação deverá ser a observação do debate, quem participou e contribuiu produtivamente no mesmo e a participação na resolução de questões do terceiro momento.

O tempo total estimado é de uma aula de 45 minutos.

### **Materiais e recursos necessários:**

Os recursos necessários para este módulo são apenas o vídeo disponibilizado no início deste capítulo, o texto anexado neste trabalho, quadro e lápis de quadro para a aula teórica, sendo possível utilizar slides para realizar as explicações.

## **Módulo 3**

### **Experimento de baixo custo:**

O experimento que será usado neste módulo, que trata sobre potencial elétrico, é denotado como “Cabo de Guerra com latinha”, é um experimento que

utiliza conceitos já vistos nesta proposta pedagógica como atração e repulsão de cargas elétricas, eletrização por atrito, campo elétrico e potencial elétrico. Neste sentido, os passos para a aplicação e demonstração do experimento serão:

### **Primeiro momento:**

O início da aplicação do experimento de baixo custo, consiste na explicação de como ocorre o fenômeno, com o que é relacionado e todos os conceitos iniciais necessários para a compreensão do experimento em si. É neste momento em que a parte teórica é explanada e as dúvidas são sanadas, aqui também é uma das duas etapas de aprendizagem, no caso, o conhecimento específico do assunto e a segunda etapa é o conhecimento experimental, que é a prática em si.

No experimento, será possível lembrar muitos conceitos já estudados durante esta proposta pedagógica. Sabe-se que Potencial Elétrico é o último tema da parte de Eletrostática e que é um tema muito importante, pois é muito visto no dia a dia. Este momento terá uma duração de 45 minutos que é a média de tempo de uma aula.

### **Segundo momento:**

Após a aula de conceitos e explicações, a próxima etapa é a demonstração do experimento que traz conceitos de Potencial Elétrico, Cargas Elétricas, Campo Elétrico e Eletrização. Deste modo, os alunos podem interligar a teoria com a prática, além de lembrar conceitos já estudados anteriormente e podem observar como o fenômeno ocorre.

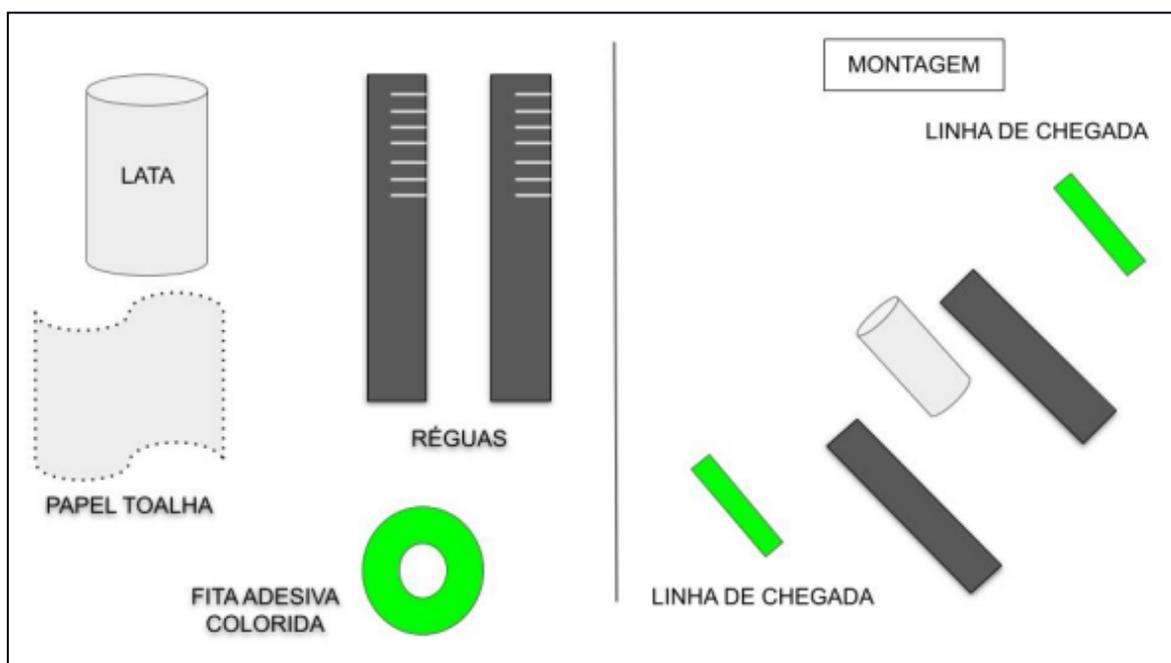
Os procedimentos experimentais para a confecção do experimento de baixo custo e os materiais necessários para a confecção estão indicados no **Quadro 23**. Esta etapa, contando com a montagem e explicação do experimento, terá uma duração de 20 minutos.

#### **Quadro 23** - Procedimentos para o experimento sobre Potencial Elétrico.

➤ Montagem do experimento:

- Primeiro passo: definir os componentes para a dinâmica, dois participantes competem por vez;
- Segundo passo: montar a mesa do desafio como ilustrado na **Figura 12**, onde a fita colorida servirá como linha de chegada;
- Terceiro passo: explicar como funcionará a dinâmica “Cabo de guerra com latinha”.

**Figura 12** - Ilustração do experimento “Cabo de guerra com latinha”.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

- Regras da dinâmica:
  - A dinâmica consiste em utilizar a definição de Energia Potencial Elétrica, conceitos de eletrização por atrito e atração de cargas elétricas para fazer a latinha percorrer um determinado percurso até atravessar a linha de chegada;
  - O oponente que mais produzir energia para atrair a latinha vence.
- Teoria do experimento relacionada ao Potencial Elétrico:
  - Este experimento pode ser utilizado para demonstrar o Potencial Elétrico,

pelo fato de que, o mesmo está diretamente relacionado a Energia Potencial Elétrica e ao campo elétrico gerado por uma carga elétrica;

- Pode-se observar neste experimento a relação de atração entre a régua e a latinha;
- É possível observar que a interação entre as cargas da régua e da latinha gera uma Energia Potencial Elétrica e como a latinha é móvel isso fará com que esta energia seja convertida em energia cinética o que faz a latinha se mover.

➤ **Materiais necessários:**

- Duas régua de plástico;
- Uma latinha vazia;
- Fita adesiva colorida;
- Papel toalha;
- Tesoura.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### **Terceiro momento:**

Para finalizar a aplicação do experimento, o professor deverá propor uma atividade, a qual está indicada no **Quadro 24**. Esta atividade busca, além de avaliar o conhecimento dos discentes acerca do assunto Potencial Elétrico, analisar o quão eficaz foi a aplicação do experimento.

É importante fazer esta análise para avaliar se o experimento contribuiu ou não para a compreensão dos alunos sobre o assunto estudado. Além disso, isso contribuirá para aplicações futuras em novas turmas. Para este momento, a duração será de 25 minutos, caso os alunos não concluam a atividade neste período a correção ficará para o início da próxima aula.

#### **Quadro 24** - Questionário sobre Potencial Elétrico (experimento).

1. Quais os conceitos vistos no experimento?

2. Como este experimento pode ser relacionado com o Potencial Elétrico?
3. A demonstração da dinâmica do experimento ajudou na compreensão sobre os conceitos estudados?
4. Utilizar um experimento para explicar um fenômeno pode ser visto como uma facilitação na aprendizagem?
5. Qual a definição de Energia Potencial Elétrica?
6. Qual a relação entre o Potencial Elétrico e a carga elétrica envolvida?

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

#### **Avaliação e tempo total estimado para o uso do experimento de baixo custo:**

A forma de avaliação será por critérios de participação, comportamento e entrega da atividade proposta. A duração total de aplicação do experimento junto com a aula conceitual será de duas aulas, 45 minutos cada.

#### **Materiais e recursos necessários:**

Os recursos necessários para a aula conceitual, que poderá contar a apresentação de slides, serão: quadro, lápis de quadro e data-show.

Para o experimento “Cabo de guerra de latinha”, os materiais necessários já foram indicados no **Quadro 24**.

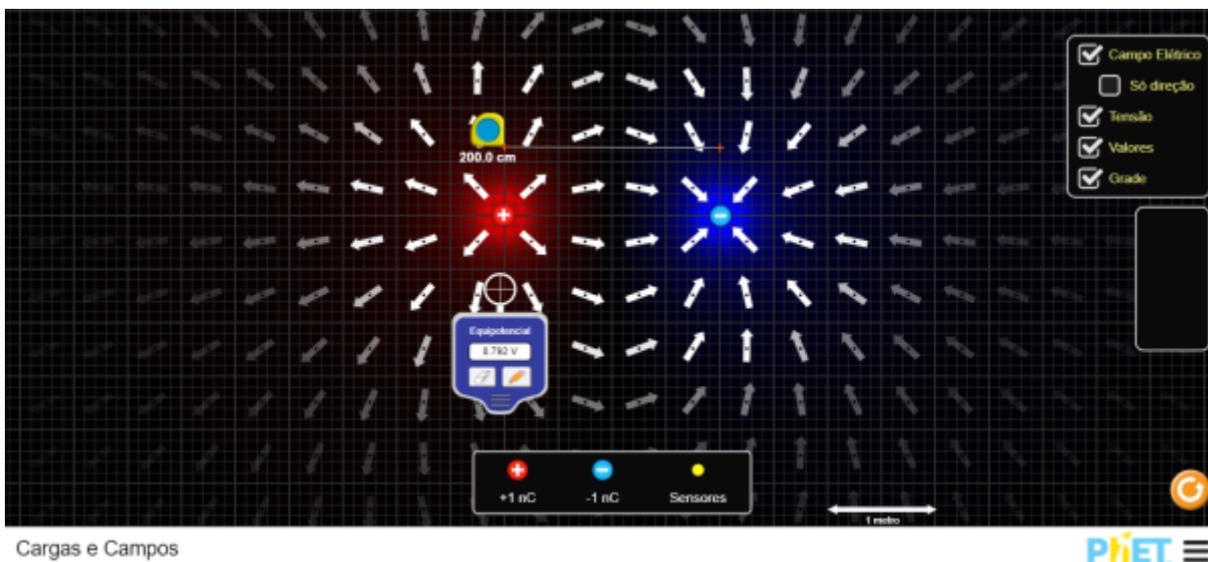
### **Módulo 4**

#### **Simulação Computacional:**

Neste módulo, será apresentado uma proposta pedagógica utilizando uma simulação computacional do site PhET da Universidade do Colorado, esta simulação

denotada como “Cargas e Campos” e ilustrada na **Figura 13**, será utilizada para ser feita a análise do potencial elétrico de uma carga.

**Figura 13** - Simulação “Cargas e Campos”



Fonte: Site do PhET, 2021.<sup>10</sup>

### Primeiro momento:

Na simulação computacional em questão, o professor responsável inicialmente demonstrará a simulação, primeiro com uma única carga alternando o sinal delas e depois com as duas, falando a influência da distância entre a carga e o medidor de potência.

Pode-se relembrar os conceitos vistos no capítulo anterior sobre campo elétrico, como as linhas de campo quando apontam para a carga ou para fora. Todos estes pontos são importantes e devem ser explanados neste momento de forma preparatória. Este momento terá uma duração de 20 minutos.

### Segundo momento:

Depois da demonstração da simulação no momento anterior, a proposta é a explicação dos conceitos sobre cargas elétricas utilizando o quadro ou slides, para

<sup>10</sup> Disponível em [https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_pt_BR.html). Acesso em 15 de maio de 2022.

esclarecer os conceitos tratados na simulação. Caso o professor deseje pode continuar com a tela da simulação para no momento de explicação ir revendo os conceitos na simulação.

É interessante que se faça o indicado acima, pois assim poderá ser apontado cada conceito dentro da simulação e o aluno poderá enxergar o fenômeno mesmo na simulação computacional. Esta etapa terá uma duração de 25 minutos.

### **Terceiro momento:**

Ao final do momento anterior, no caso a próxima aula, deverá ser a parte de aplicação de conhecimentos, aqui o professor deverá propor uma atividade para ser entregue, desta vez não será um questionário, mas sim uma definição da simulação, onde os alunos terão que elaborar um texto que contenha a definição objetiva dos conceitos tratados na simulação e, também, um comentário sobre a simulação.

A justificativa da proposta do comentário sobre a simulação, é que tendo em vista aplicações futuras em outras turmas, isto ajudará em modificações a serem feitas na aplicação da simulação. Este momento não terá duração especificada.

### **Avaliação e tempo total estimado para o uso da Simulação Computacional:**

A avaliação deste módulo será a resolução da atividade proposta no terceiro momento e também o comportamento e participação dos alunos.

A duração total de aplicação, será de uma aula de 45 minutos, onde o professor fará aula conceitual junto com prática que nesse caso será a simulação computacional.

### **Materiais e recursos necessários:**

Aqui o professor necessitará de acesso a internet para acessar a simulação para poder apresentá-la ou deverá baixá-la no site antes da aula. O indicado seria que esta aula fosse feita em uma sala de informática, assim os alunos poderiam fazer a simulação junto com o professor. Para a parte teórica e a resolução de exercícios será necessário quadro e marcador para quadro branco.

## 5 CONCLUSÕES

É perceptível, portanto, que o ensino de Física vêm sendo analisado por muitos pesquisadores, onde a busca por metodologias que facilitem o ensino-aprendizagem seja suprida e desmistificada com êxito.

Pensando nisso, este trabalho apresentou diversas metodologias e formas de fazer com que o ensino de Física seja algo de simples aplicação, por parte dos docentes e de fácil compreensão por parte dos discentes, novas formas de transmitir o conteúdo, mesmo sendo algo difícil de entender e estudar, podem ser agregadas no ensino desta disciplina.

Conclui-se, ainda, que buscou-se deixar o mais claro possível cada etapa, cada forma e cada material necessário para ser utilizado cada método exposto aqui, isso facilitará o uso deste material e ocasionará em uma nova forma de ensinar Física, deixando de lado um pouco do tradicionalismo e vivenciando novas formas de enxergar e compreender fenômenos que antes eram complexos.

Finaliza-se esta proposta deixando claro que é possível tornar o ensino de Física algo mais atrativo e divertido, ao mesmo tempo que se estuda e aprende fenômenos que estão presentes no dia a dia de todos e, que muitas vezes por serem complexos, necessitam de uma observação diferente e mais abrangente para serem entendidos de forma clara e concisa.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L.V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol.25 no. 2, São Paulo, 2003.
- ARAÚJO, R. S.; VIANNA, D. M. A carência de professores de ciências e matemática na Educação Básica e a ampliação das vagas no Ensino Superior. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 17, n. 4, p. 807–822, 2011.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. “Psicologia educacional”. Tradução Eva Nick. Editora Interamericana, Rio de Janeiro, 1980.
- AUSUBEL, D. P. “Aquisição e Retenção de Conhecimento: Uma Perspectiva Cognitiva”. Tradução Lígia Teopisto. Editora Paralelo, Lisboa, 2000.
- AUSUBEL, D.P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning. 2009. cap. 2, p. 19-33.
- BARBOSA, Alex Samyr Mesquita; PASSOS, Carmensita Matos Braga; COELHO, Afrânio de Araújo. O CORDEL COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS. In: EXPERIÊNCIAS EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 6., 2011, Fortaleza. **Anais [...]** . Fortaleza: Anais, 2011. v. 6, p. 161-168.
- BELLUCCO, Alex; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], v. 31, n. 1, p.30-59, 25 nov. 2013.
- BORGES NETO, Hermínio. Uma classificação sobre a utilização do computador pela escola. **Revista Educação em Debate**, ano 21, v. 1, n. 27, p. 135-138. Fortaleza: 1999.
- BORGES, O.; “Formação “inicial de professores de Física: Formar mais” Formar melhor”. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 135-142, 2006.
- BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental, **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais** (MEC/SEF, Brasília, 1997), 136p.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC, 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 10 de maio de 2022.

BRASIL, Ministério da Educação. **PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (ENSINO MÉDIO) – PARTE III: CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS**. Brasília, MEC, 2000.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. **Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: alfabetização em foco: projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares**. Brasília. 2012.

BRAZ, Douglas Henrique de Oliveira. **PRÁTICAS EM LABORATÓRIO: UMA ESTRATÉGIA DE ENSINO**. 2018. 155 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (Mnpef), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, SP, 2018.

CAETANO, Victor. **SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO INSTRUMENTO PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DAS LEIS DE NEWTON**. 2020. 130 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (Mnpef), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, SP, 2020.

CARVALHO, Patrícia Sousa; OLIVEIRA, Ana Carolina Sales. USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS EM AULAS DE FÍSICA: UM ESTUDO SOBRE A SUA INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM DOS ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA. In: REVISTA DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1., 2021, Canoas. **Anais [...]** . Canoas: Tear, 2021. v. 10, p. 1-18.

CHAIKLIN, S. “A Zona de Desenvolvimento na Análise de Vygotsky Sobre Aprendizagem e Ensino”. Traduzida por Campregher Pasqualine. **Psicologia em estudo**, v. 16. Maringá, 2011.

COHEN, M. **Alunos no centro do conhecimento**. 2017. Disponível em: <<https://revistaeducacao.com.br/2017/04/18/foco-no-aluno/>>. Acesso em: 09 de fev de 2022

CONFORTIN, Carolina Krupp Consul; IGNÁCIO, Patrícia; COSTA, Rosângela Menegotto. Uma aplicação da sala de aula invertida no ensino de física para a Educação Básica. In: REVISTA DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO CAVG, 1., 2018, Rio Grande. **Anais [...]** . Rio Grande: Educa Mais, 2018. v. 2, p. 1-14.

COSTA, Luciano Gonsalves; BARROS, Marcelo Alves. O ENSINO DA FÍSICA NO BRASIL: PROBLEMAS E DESAFIOS. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 12., 2015, Paraná. **Educere**. Curitiba: Anais, 2015. p. 10980-10989.

COSTA, Marcia da. SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA: REVISÃO SISTEMÁTICA DE PUBLICAÇÕES DA ÁREA DE ENSINO. In: XIII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 13., 2017, Prado Velho. **Anais [...]** . Prado Velho: Educere, 2017. v. 1, p. 7531-7544.

DIOGO, R.C.; GOBARA, S.T. Sociedade, educação e ensino de física no Brasil: do Brasil Colônia ao fim da Era Vargas. In: **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 17., 2007, São Luis. **Anais[...]**. São Luis: Sociedade Brasileira de Física, 2007.

FORTUNATO, Bruna Paula Victoriano. **O USO DE ROTEIROS CONTEXTUALIZADOS PARA O ENSINO DE FÍSICA**. 2020. 207 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (Mnpef), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2020.

GOMES, J. C; CASTILHO, W. S. Uma visão de como a Física é ensinada na escola brasileira, e a experimentação como estratégia para mudar essa realidade. In **Anais eletrônicos** – 1ª Jornada de Iniciação Científica e extensão do IFTO, Tocantins, 2010.

HECKLER, Valmir; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira; OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. In: REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA, 2., 2007, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: Revista Brasileira de Ensino de Física, 2007. v. 29, p. 267-273.

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. "Série triboelétrica"; **Brasil Escola**, 2016. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/serie-triboeletrica.htm>. Acesso em 19 de maio de 2022.

LACERDA, Dra. Franciane Gama; MENEZES NETO, Geraldo Magella de. ENSINO E PESQUISA EM HISTÓRIA: a literatura de cordel na sala de aula. In: DOSSIÊ HISTÓRIA E EDUCAÇÃO, 10., 2010, Amazônia. **Anais [...]**. Amazônia: Outros Tempos, 2010. v. 7, p. 217-236.

LUIZ, Rodrigo de Lima. **EXPERIMENTOS DE ELETROSTÁTICA COMO METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**. 2018. 87 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (Mnpef), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2018.

MAEKAWA, Osamu. **JOGO EDUCATIVO "POKELÉTRON" COMO ESTRATÉGIA ATIVA NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE ELETRICIDADE**. 2020. 135 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (Mnpef), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp, Presidente Prudente, 2020.

MANTOVANI, Sérgio Roberto. **SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO INSTRUMENTO PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO EFEITO FOTOELÉTRICO**. 2015. 54 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente, 2015.

MELO, R. B. F. “A utilização das TIC’s no processo de ensino e aprendizagem da Física”. IN: **3º simpósio hipertexto e tecnologias na educação**, 2010, recife. Redes sociais e aprendizagem, 2010.

MITRE, S. M. *et al.* Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. **Ciênc. Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 2133-2144, 2008.

MOREIRA, M. A. “Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente” Aprendizagem Significativa. **Revista Meaningful Learning Review**, v. 1, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, p. 73-80. Porto Alegre, 2018.

MOREIRA, Marco Antonio. Desafios no ensino da física. In: REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA, 43., 2020, Porto Alegre. **Revista brasileira de ensino de física**. Porto Alegre: Anais, 2021. v. 43, p. 1-8.

NOGUEIRA, Giovana Trevisan; HERNANDES, Júlio Akashi. Laboratório de Física IV baseado em experimentos de baixo custo: relato de uma experiência de ensino remoto devido à pandemia de COVID-19. In: REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA, 43., 2021, Juiz de Fora. **Anais [...]** . Juiz de Fora: Revista Brasileira de Ensino de Física, 2021. v. 43, p. 1-12.

NOVAK, J.D. **Uma teoria da educação**. São Paulo: Pioneira Editora, 1981.

OLIVEIRA, Maria Marly. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

OLIVEIRA, Roger D’avila. **PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA: UTILIZAÇÃO DE SIMULADORES NO APRENDIZADO DE GRÁFICOS EM CINEMÁTICA**. 2016. 70 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2016.

OLIVEIRA, Tobias Espinosa de; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Sala de aula invertida (flipped classroom): inovando as aulas de física. In: FÍSICA NA ESCOLA, 2., 2016, Porto Alegre. **Anais [...]** . Porto Alegre: Anais, 2016. v. 14, p. 4-13.

PELIZZARI, A.; KRIEGL M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel. **Ver. PEC**, Curitiba, v. 2, n. 1, jul.2001-jul.2002, p.37-42.

PEREIRA, Luciana Boemer Cesar et al. ENSINO DA FÍSICA: UM RELATO DO USO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA DISCIPLINA. In: VII ENALIC, 7., 2018, Fortaleza. **Anais [...]** . Fortaleza: Enalic, 2018. v. 1.

PERUZZO, Jucimar. **A FÍSICA ATRAVÉS DE EXPERIMENTOS**: volume 1 mecânica. Irani: Edição do Autor, 2013. 354 p.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/physics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics)>. Acesso em: 24 maio de 2022.

RIBEIRO, Renan Cesar. **A utilização do Scratch como ferramenta de ensino para criação de sequências didáticas com o desenvolvimento de simuladores e animações**. 2019. 156 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (Mnpef), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2019.

ROSA, José Eugênio Brum da; KALHIL, Josefina Barrera. **METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE FÍSICA: UM PANORAMA DA PESQUISA STRICTO SENSU BRASILEIRA**. In: COLLOQUIUM HUMANARUM, 4., 2019, Presidente Prudente. **Anais [...]**. Presidente Prudente: Colloquium Humanarum, 2019. v. 16, p. 121-136.

ROSSI, Diego Delovo. **O USO DE SIMULAÇÕES VIRTUAIS COMO APOIO AO CURRÍCULO DA SEE-SP PARA A DISCIPLINA DE FÍSICA**. 2015. 45 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (Mnpef), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2015.

SANTOS, Silvio Luis Agostinho dos. **ENSINO INTERATIVO DE FÍSICA UTILIZANDO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO E FÁCIL ACESSO**. 2017. 90 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (Mnpef), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, SP, 2017.

SANTOS, Wagner José dos; SILVA, Ivanderson Pereira da. **As potencialidades da Literatura de Cordel para o Ensino de Física na perspectiva de professores-pesquisadores da área de Educação em Ciências/Física**. In: REVISTA INSIGNARE SCIENTIA, 1., 2020, Alagoas. **Anais [...]**. Alagoas: Ris, 2020. v. 3, p. 214-234.

SILVA, Bruna R. F. da; SILVA NETO, Sebastião L. da; LEITE, Bruno S.. **SALA DE AULA INVERTIDA NO ENSINO DA QUÍMICA ORGÂNICA: UM ESTUDO DE CASO**. In: QUIM. NOVA, 4., 2020, Pernambuco. **Anais [...]**. Pernambuco: Quim. Nova, 2020. v. 44, p. 493-501.

SILVA, Leonilda do Nascimento da. **AULAS REMOTAS NO ENSINO DE FÍSICA EM TEMPOS DE ISOLAMENTO SOCIAL**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS | ENCONTRO DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 1., 2020, Boa Vista. **Anais [...]**. Boa Vista: Anais, 2020. v. 5, p. 1-12.

SILVA, Marcelo Souza da; RIBEIRO, Daiane Maria dos Santos. **Ensino de Física no Sertão: Literatura de cordel como ferramenta didática**. In: SEMINÁRIO DE VISU, 1., 2012, Salgueiro. **Anais [...]**. Salgueiro: Seminário de Visu, 2012. v. 2, p. 231-240.

SOUZA FILHO, Geraldo Felipe de. **SIMULADORES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA BÁSICA: UMA DISCUSSÃO SOBRE PRODUÇÃO E USO**. 2010. 86 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SOUZA, Gláucia Martins Ricardo. **USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE CONCEITOS DE FORÇA E MOVIMENTO NO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL**. 2015. 192 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física, Universidade Federal Fluminense no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (Mnpef), Volta Redonda, 2015.

STUDART, Nelson. Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas. In: REVISTA DE PROFESSOR DE FÍSICA, 3., 2019, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: Revista de Professor de Física, 2019. v. 3, p. 1-24.

VALENTE, J. A. (organizador) **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 1999.

VALENTE, J. A. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**, Curitiba, 2014. n. 4, p. 79-97.

VALENTIM, Willian Cordeiro. **APRENDIZAGEM BASEADA EM EQUIPES (Team-Based Learning): UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FÍSICA NO MODELO DE ENSINO REMOTO EMERGENCIAL**. 2021. 57 p. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Física, Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

VALÉRIO, Rita de Cássia. **OS FUNDAMENTOS DA FÍSICA APLICADOS EM SITUAÇÕES COTIDIANAS: UM ESTÍMULO PARA AUMENTAR O INTERESSE DOS ALUNOS**. 2015. 101 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (Mnpef), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, SP, 2015.

VYGOTSKY, L. S. *"Mind in society"*. Includes index. 1. Cognition. 2. Cognition in children. Fellowsof Harvard College. Second printing, 1978, EUA.

XAVIER, Claudio Clauderson; SILVA, Daniele Guerra da; MENEZES, Vivian Machado de. O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE EXPERIMENTOS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO. In: X JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 10., 2020, Sistema Cisco Webex Meeting. **Anais [...]**. Sistema Cisco Webex Meeting: Universidade Federal da Fronteira do Sul, 2020. v. 1. Disponível em: <[https://www.uffs.edu.br/institucional/pro-reitorias/pesquisa-e-pos-graduacao/pesquisa/jic/apresentacao\\_jic-1](https://www.uffs.edu.br/institucional/pro-reitorias/pesquisa-e-pos-graduacao/pesquisa/jic/apresentacao_jic-1)>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ZABALA, Antoni., **A prática educativa: como ensinar**. Trad. Ernani F. da Rosa – Porto Alegre: ArtMed, 1998.

## APÊNDICE A – CORDEL SOBRE CARGAS ELÉTRICAS

**Um cordel invocado, estudando de um jeito eletrizado.**

Fala minha gente  
Escutem o que vou dizer  
Venho através deste  
Convidar vocês a aprender  
Um tema importante  
Às vezes intrigante  
Mas que vocês devem conhecer.

O tema do momento  
Sobre carga elétrica será  
Definições e conceitos  
Este cordel apresentará  
De forma bem abrangente  
Para não complicar a gente  
E daí tudo se entenderá.

Mas antes quero perguntar  
Se já viram alguma definição  
Do que é carga elétrica  
E qual é sua função  
A que está relacionada  
Já que está sendo mencionada  
Nesta breve explicação.

Para a Carga elétrica  
É simples a definição  
É uma propriedade das partículas  
Que compõem o átomo então  
Próton positivo e negativo o Elétron  
E tem também o Nêutron  
São os que fazem a composição.

Que o átomo é composto pelos três  
Isso então agora já sabemos  
No centro ficam Prótons e Nêutrons  
E ao redor Elétrons nós temos  
Que ficam dispostos na eletrosfera  
E assim a estrutura do átomo gera  
A qual já conhecemos.

Então depois de saber disto  
Podemos agora entender  
Que os corpos têm cargas elétricas  
Mas as propriedades não é fácil ver  
A maioria dos corpos, neutros são  
Pois elétrons e prótons iguais estão  
É só contar e vai perceber.

Ainda sobre cargas elétricas  
É importante saber  
Que existe uma propriedade  
Que é fácil de ver  
Uma chamada de atração  
E a outra repulsão  
É o que vamos entender.

Destes dois termos  
É fácil falar  
Cargas de sinais diferentes  
A atração vai causar  
Mas se o sinal for igual  
As duas cargas vão ficar de mal  
E a repulsão vai reinar.

Como falei é simples  
Não tem o que temer  
Observando sempre o sinal  
Para poder entender  
Se vai ser repulsão  
Ou atração  
Que vai acontecer

Outro termo importante  
Que deve ser falado  
É a carga elementar  
Assunto muito comentado  
Que determina a carga de uma partícula  
Sem deixar passar nenhuma vírgula  
Um valor bem determinado.

A carga elementar é um número pequeno  
Pode até pesquisar  
Do próton e do elétron  
Iguais vai encontrar  
O que muda é o sinal  
Mas não é nada de mal  
Positivo e negativo vai achar.

Bem, aqui finalizo  
Minha fala então  
Mas da carga elétrica  
Não esqueçam não  
É um tema muito importante  
Que se aprende num instante  
Cada definição.

## APÊNDICE B – CORDEL SOBRE ELETRIZAÇÃO

**Atritando o verso e induzindo a rima**

Vamos ver agora  
Um assunto bem legal  
Processos de Eletrização  
Então é o tal  
O nome parece estranho  
Se trata de perda e ganho  
De uma forma surreal.

Para este tema  
Existem três variações  
As quais vou explicar  
Mas sem muitas ações  
Para deixar com clareza  
Sem dúvidas na mesa  
Todas as eletrizações.

A primeira delas  
Tem um nome interessante  
Eletrização por atrito  
É o primeiro deste instante  
Dois corpos neutros vai atritar  
E os dois vão se eletrizar  
Este fenômeno é intrigante.

O que acontece aqui  
É que na eletrização  
O atrito faz com que  
As partículas se agitam então  
Enquanto um fica com os elétrons  
O outro assume os prótons  
E assim se carregarão.

O que fica com os elétrons  
Carregado negativamente vai chamar  
Já o que assume os prótons  
Positivamente vai se determinar  
E assim acontece a eletrização  
Sendo esta pelo atrito então  
Mas foi só para começar.

O segundo dos três  
É bem interessante  
Dessa vez não tem atrito  
Apenas contato por um instante  
E desta vez não vai considerar  
Positivamente e negativamente não vão ficar  
Mas saber como acontece é importante.

Como o nome já diz  
Eletrização por contato  
Quando um corpo carregado  
Com um corpo neutro faz um contrato  
Daí acontece a eletrização  
Que vai ser uma espécie de doação  
E os dois ficarão carregados de imediato.

No último processo  
Eletrização por indução vamos ver  
Neste aqui não tem atrito  
Nem o contato vai ter  
Vai ser só a aproximação  
Para acontecer a eletrização  
E mais um corpo carregado vai aparecer.

Imagine uma esfera  
Inicialmente carregada  
Você à aproxima de outra  
Que está neutra na parada  
Daí as duas vão ficar  
Sem nem se tocar  
Com a mesma carga camarada.

Esses foram os três processos  
Ligados a eletrização  
Espero ter ajudado  
Na sua compreensão  
Aqui vou me despedindo  
E rápido vou indo  
Sem demorar então.

## APÊNDICE C – CORDEL SOBRE LEI DE COULOMB

**Lei de coulomb: uma prosa interessante de se ler**

Olá meus amigos  
Veio por meio deste dizer  
E sobre um tema importante  
Convidá-los a aprender  
A chamada Lei de Coulomb  
É o que agora vamos fazer.

A Lei de Coulomb  
É o que vou falar  
A definição é simples  
Não vai te complicar  
É a interação entre cargas elétricas  
Sendo a força o que vai calcular.

Mas que interação é essa  
Essa força agora vou explicar  
Imagine duas partículas  
Como mesma carga vão estar  
Cargas de mesmo sinal se repelem  
Essa definição vamos usar.

A Lei de Coulomb  
Para esse caso então  
Calcula essa força  
Que é força de repulsão  
Considerando a intensidade das cargas  
E a distância de separação.

Vamos falar agora  
A importante definição  
Quais os termos envolvidos  
Dentro da equação  
Que Coulomb criou  
Como uma solução.

A equação é o seguinte  
As duas cargas vai multiplicar  
Uma vezes a outra  
E nessa conta a constante vai entrar  
Divide tudo pela distância ao quadrado  
E a força vai determinar.

Mas que constante é essa  
Calma que agora vou dizer  
Chamada de constante eletrostática  
No vácuo vai obter  
 $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$   
É o que vai ver.

Viu como é simples  
Não o que temer  
Mas ainda falta definições  
Que você deve aprender  
As relações de proporcionalidade  
Vamos então conhecer.

A força de interação das cargas  
Seja atração ou repulsão  
Será diretamente proporcional  
Ao produto das cargas então  
Quanto maior for as duas  
Maior a força serão

Já com relação a distância  
Vai mudar a proporcionalidade  
Quanto maior for a distância entre as cargas  
A força terá menor intensidade  
Inversamente proporcional  
É o nome desta identidade.

É isso que diz a Lei de Coulomb  
De forma objetiva e direta  
Poucos conceitos  
Explicados de forma discreta  
Para facilitar a compreensão  
De uma forma bem concreta.

Finalizo por aqui  
O que eu tinha para falar  
E faço minha despedida  
Sem muito o que acrescentar  
Prestem atenção nos detalhes  
Sempre que forem estudar.

## APÊNDICE D – CORDEL SOBRE CAMPO ELÉTRICO

**Campo elétrico: uma história interessante e invocada**

Vamos minha gente  
Agora escutar  
Uma prosa interessante  
Que vou nesse instante falar  
Sobre o danado do Campo Elétrico  
É o que vamos tratar.

A definição de Campo Elétrico  
Que vocês devem saber  
É que ao redor de uma carga elétrica  
Sempre vai ter  
A formação de um Campo Elétrico  
Uma força que devem entender.

Então agora sabemos  
Que o Campo Elétrico é uma perturbação  
Que um corpo eletrizado  
Causa ao seu redor então  
Mas ainda temos que ver  
Bastante definição.

O Campo Elétrico  
É uma grandeza vetorial  
Tem direção e sentido  
Não considerá-los pode ser fatal  
Pois tem muito influência  
Nos cálculos e tal.

Não acabou ainda  
Tem muito o que falar  
Exemplo: as linhas de campo  
E para onde vão apontar  
Esse é o tema de agora  
Que vamos observar.

Mas é muito importante  
Desta definição saber  
Que as linhas de campo são imaginárias  
Ou seja, não podemos as ver  
Mas elas existem  
E devemos sobre elas aprender.

Imagine uma carga positiva  
Que um Campo elétrico vai gerar  
Em toda sua volta  
As linhas de campo vão estar  
Apontando na direção oposta a carga  
É o que vai observar.

Agora se a carga for negativa  
O mesmo vai acontecer  
O Campo Elétrico será gerado  
Mas as linhas diferentes vai ver  
Desta vez elas apontam para a carga  
O que podemos perceber.

Falando de equação  
Vamos agora observar  
Que para o Campo Elétrico  
A intensidade determinar  
É só dividir a força pela carga  
Para o cálculo terminar.

Essa força é conhecida  
Força Elétrica é chamada  
De Lei de Coulomb  
Também pode ser determinada  
As propriedades são as mesmas  
Consideradas nessa parada.

Mais uma coisa  
A unidade não pode esquecer  
É Newton por Coulomb  
No S.I. deve escrever  
E assim fica terminado  
O que tínhamos para ver.

Agradeço pela atenção  
Que me deram até agora  
Finalizo por aqui  
Sem nenhuma demora  
E vou me indo  
Porque já deu minha hora.

## APÊNDICE E – CORDEL SOBRE POTENCIAL ELÉTRICO

**Um cordel potencializado e eletrizado**

Bom dia, boa tarde  
Ou boa noite talvez  
Convido vocês a aprender  
Física é o assunto da vez  
Então vamos com calma  
Contando de um a três.

Contamos até um  
E o tema irei falar  
O potencial elétrico  
É o que vamos estudar  
Sua teoria e seus conceitos  
Bem como o determinar.

Contamos até dois  
E as perguntas irão fazer  
O que é potencial elétrico?  
E o que precisamos saber?  
E todas essas perguntas  
Irei agora responder.

Contamos até três  
E a teoria vamos iniciar  
Dizendo que potencial elétrico  
É uma grandeza escalar  
Não tem direção nem sentido  
Menos coisas para se preocupar.

Como determinar esse cara  
É bem simples de entender  
Mas onde o encontramos?  
Isso é importante aprender  
Não adianta apenas calcular  
A teoria temos que saber.

No nosso dia a dia  
Encontramos ele bem  
Não como potencial em si  
Mas como DDP ele vêm  
Complicando nossa vida  
Pois temos que ir além.

Saindo do tema de antes  
A DDP terei que explicar  
É a diferença de potencial  
Tensão elétrica também pode chamar  
Nos nossos aparelhos elétricos  
Sempre neles vão estar.

A DDP tem fórmula simples  
É muito fácil calcular  
Se existe dois pontos A e B  
Em cada um deles irá encontrar  
Um potencial específico  
E a subtração irá efetuar.

Potencial de A menos o de B  
E a DDP vai encontrar  
Simples como um mais um  
Muito fácil calcular  
E a fórmula do potencial  
Iremos agora analisar.

Dividir vocês sabem  
Sem nenhuma preocupação  
E o potencial elétrico  
É apenas uma divisão  
Do trabalho pela carga  
Mas tenha cuidado e atenção.

O trabalho é interessante  
Nesse caso não é braçal  
Não confunda esses dois  
Caso vai se dar mal  
O trabalho para entender é simples  
E também é trivial.

Observe os pontos B e A  
No ponto A a carga vai ver  
Para levá-la de um ponto a outro  
Um trabalho é preciso ter  
E é esse trabalho  
Que você não deve esquecer.

Então está aí  
Definida nossa equação  
Mas, para as unidades de medida  
Você deve ter atenção  
Pois, caso contrário  
Todo seu estudo foi em vão.

As unidades desses caras  
Você coloca até numa lista  
O trabalho é em joule  
Um grande mestre calculista  
A carga é em coulomb  
E do potencial vou dar uma pista.

Dividindo o trabalho pela carga  
Joule por coulomb vai encontrar  
E a razão entre esses dois  
Bem na sua frente vai estar  
É chamada de Volts  
Para um Físico homenagear.

Na física é importante  
Dessas unidades lembrar  
Para que seus cálculos  
Você não vá errar  
E na prova de Física  
Um zero seu professor te dar.

Mas não acabou aqui  
Ainda tem coisas para ver  
Sobre energia potencial elétrica  
Vocês também precisam ler  
Para não estender tanto o cordel  
Um resumo vou fazer.

A energia potencial elétrica  
É parecida com o tema anterior  
Mas com o potencial elétrico  
Não confunda meu senhor  
Para não criar polêmica  
Faça esse favor.

Essa tal energia potencial  
É bem fácil calcular  
Do trabalho e duas cargas  
Você irá precisar  
E a distância entre elas  
Dessa vez irá considerar.

Ainda tem outro termo  
Que pode ser complicado  
Porém seu valor conhecemos  
Pois já foi calculado  
É a chamada constante elétrica  
Que existe desde o passado.

As unidades do trabalho e das cargas  
Serão as mesmas para facilitar  
Apenas a distância  
Que em metros vai ficar  
E dá constante elétrica  
Vou tentar explicar.

Nas unidades da constante  
Um newton irá multiplicar  
Por um metro ao quadrado  
E vai está quase a terminar  
Divide pelo quadrado do coulomb  
E a unidade pronta vai estar.

Carga fixa e carga de prova  
São os nomes que vão ler  
Multiplique as duas pela constante  
E o termo de cima vão ter  
Divida tudo pela distância  
E a energia potencial vão ver.

A energia é dada em joule  
Unidade conhecida.  
São conceitos importantes  
Que levem para toda vida  
A física é importante  
Mas, por muitos desmerecida.

Finalizo por aqui  
Toda essa discussão  
Não tenham medo da Física  
Ponham ela no coração  
Porque para ela  
Temos que dar nossa atenção.

Só mais um comentário  
Para que eu possa partir  
Estudar não é tão ruim  
Dá até para se divertir  
Então pensem nisso  
E ao invés de chorar vão sorrir.

## ANEXO A – TEXTO 1: CARGA ELÉTRICA

**CARGAS ELÉTRICAS.**

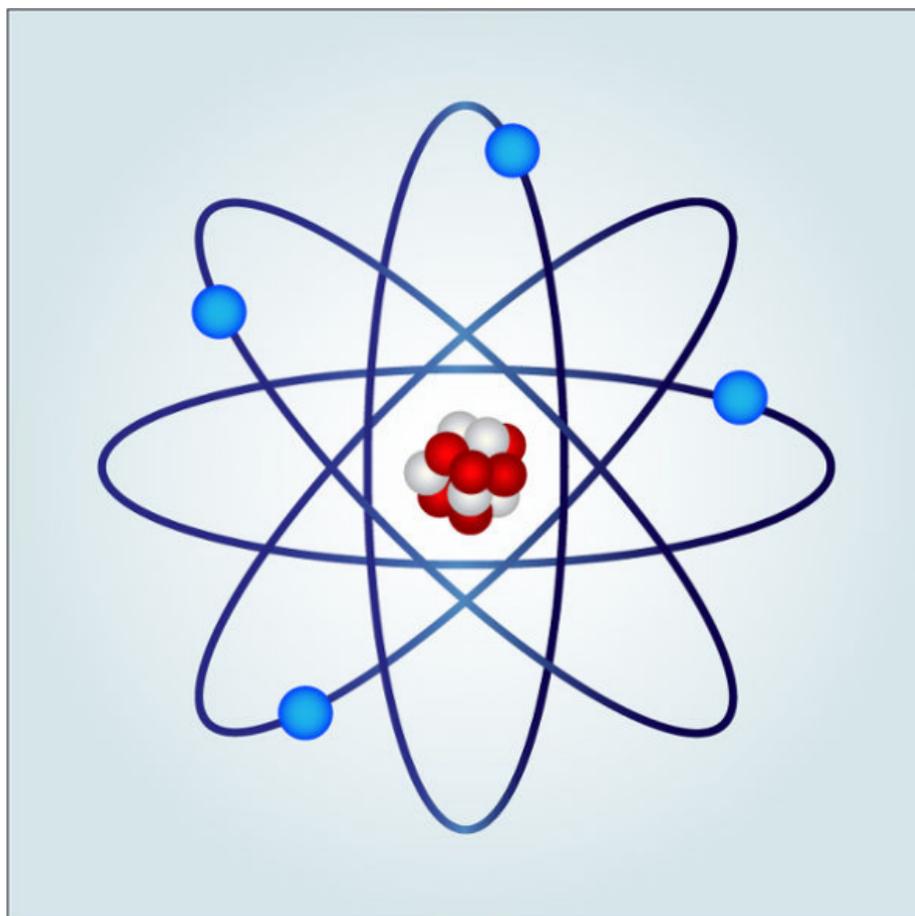
A carga elétrica é uma propriedade das partículas elementares que compõem o átomo, sendo que a carga do próton é positiva e a do elétron, negativa.

A carga elétrica é uma propriedade das partículas elementares que compõem o átomo. Lembrando que o átomo é formado por prótons, nêutrons e elétrons, sendo que:

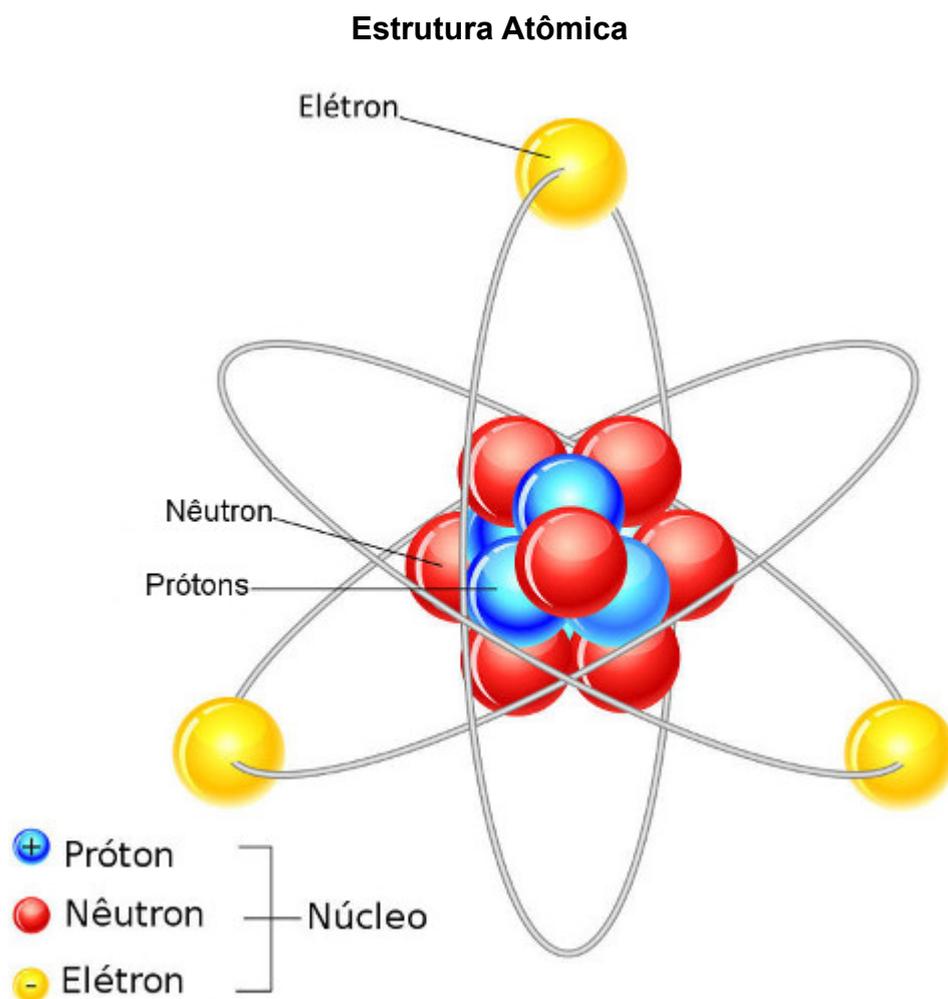
**Prótons:** Localizam-se no núcleo do átomo e possuem carga elétrica positiva;

**Elétrons:** Ficam na eletrosfera, região ao redor do núcleo atômico, e têm carga elétrica negativa;

**Nêutron:** Também localizado no núcleo atômico, não possui carga elétrica.

**Estrutura do átomo**

Fonte: Texeira, 2015.



O átomo é formado por prótons, nêutrons e elétrons

A unidade de grandeza da carga elétrica no Sistema Internacional de Unidades é o Coulomb, representado pela letra C, em homenagem a Charles Augustin Coulomb.

Todos os corpos são formados por cargas elétricas, porém, não é fácil perceber suas propriedades, pois a maioria dos corpos, quando estão eletricamente neutros, possui mesma quantidade de prótons e elétrons. Um corpo pode ser eletrizado de duas formas:

**Positivamente:** se possui mais prótons que elétrons;

**Negativamente:** se possui mais elétrons do que prótons.

**A carga elementar:**

A carga elétrica elementar é a menor quantidade de carga que pode ser encontrada na natureza. Seu valor é igual a  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  e é atribuído à carga do elétron (com sinal negativo) e à do próton (com sinal positivo).

A partir desse valor, podemos perceber que 1 C é uma unidade muito grande para a carga elétrica, por isso, é comum a utilização de seus submúltiplos. Os principais são:

$$mC \text{ (milicoulomb)} = 10^{-3} \text{ C}$$

$$\mu C \text{ (microcoulomb)} = 10^{-6} \text{ C}$$

$$nC \text{ (nanocoulomb)} = 10^{-9} \text{ C}$$

### **Princípios da eletrostática:**

A eletrostática é a parte da Física que estuda fenômenos associados às cargas elétricas em repouso. Ela é regida pelos seguintes princípios:

Princípio da conservação da carga elétrica: a somatória da carga elétrica de um sistema eletricamente isolado é constante;

Quantização da carga elétrica: de acordo com esse princípio, a carga elétrica é quantizada, ou seja, sempre um múltiplo do valor da carga elétrica elementar. A carga de um corpo é dada pela equação:

$$Q = n \cdot e \tag{1}$$

Sendo:

**Q** - a carga elétrica total de um corpo;

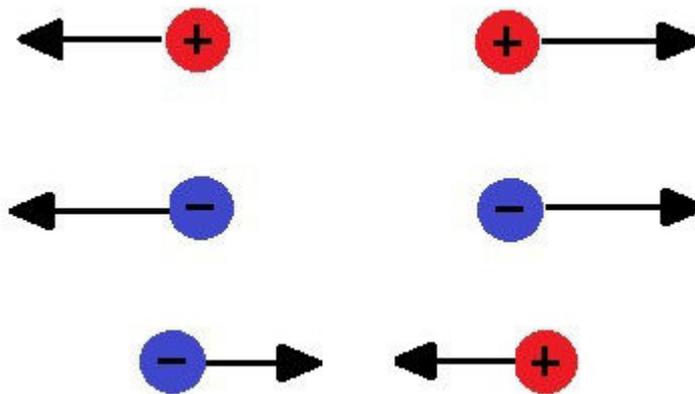
**n** - o número de elétrons perdidos ou recebidos;

**e** - a carga elementar ( $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ).

Princípio da atração e repulsão das cargas elétricas: cargas elétricas de mesmo sinal repelem-se, e cargas de sinais contrários atraem-se.

### **Princípio da atração e repulsão de cargas elétricas**

### Atração e repulsão das Cargas Elétricas



Fonte: Texeira, 2015.

Cargas elétricas de sinais iguais repelem-se, e de sinais diferentes atraem-se.

## ANEXO B – TEXTO 2: ELETRIZAÇÃO

### PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO.

Existem três processos de eletrização: eletrização por atrito, eletrização por contato e eletrização por indução.

Todos os corpos ou materiais são constituídos por átomos, e estes são formados por partículas menores denominadas elétrons, prótons e nêutrons.

Prótons e elétrons possuem carga elétrica de mesma intensidade (valor), mas de sinais contrários, em que o próton é a carga positiva e o elétron, a carga negativa.

No átomo em seu estado natural não existe uma predominância de carga elétrica, por que o número de prótons é igual ao número de elétrons, o que o torna neutro. No entanto, quando ele perde ou ganha elétrons dizemos que está eletrizado.

#### **Corpo eletrizado positivamente**

Quando um corpo possui uma maior quantidade de cargas positivas, dizemos que perdeu elétrons, e por isso está eletrizado positivamente.

**Obs.:** Um corpo nunca ganha prótons, porque está localizado na parte central do núcleo do átomo.

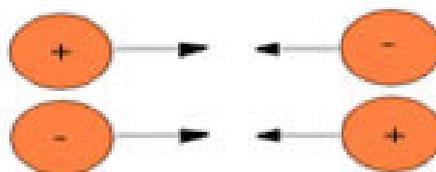
#### **Corpo eletrizado negativamente**

É quando um corpo possui mais cargas negativas que positivas, ou seja, quando ganha elétrons.

#### **Atração dos corpos**

Quando partículas estão eletrizadas com cargas de sinais contrários, se atraem.

### Atração

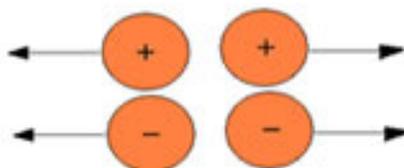


Fonte: Anjos, 2014.

### Repulsão dos corpos

Quando partículas estão eletrizadas com cargas de sinais iguais, se repelem.

### Repulsão



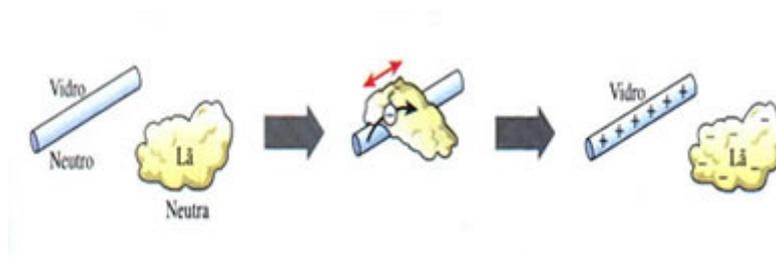
Fonte: Anjos, 2014.

### Processos de Eletrização

#### Eletrização por atrito

Quando dois corpos inicialmente neutros são atritados, se eletrizam e, em virtude do atrito ocasionado, um corpo ficará com carga positiva e o outro com carga negativa.

#### Processo de eletrização por atrito entre o vidro e a lã



Fonte: Anjos, 2014.

#### Eletrização por contato

Quando dois corpos (um eletrizado e outro inicialmente neutro) entram em contato, o corpo neutro fica com a mesma carga do eletrizado.

### Processo de Eletrização por contato

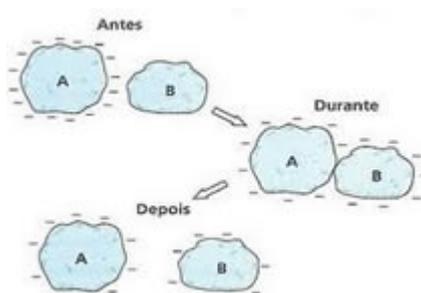


Fonte: Anjos, 2014.

### Eletrização por indução

É quando a eletrização de um corpo inicialmente neutro (induzido) acontece por simples aproximação de um corpo carregado (indutor), sem que haja contato entre os corpos. O induzido deve estar ligado à Terra ou a um corpo maior que possa lhe fornecer elétrons ou que dele os receba num fluxo provocado pela presença do indutor.

### Processo de eletrização por indução



Fonte: Anjos, 2014.

## ANEXO C – TEXTO 3: LEI DE COULOMB

**LEI DE COULOMB.**

A **lei de Coulomb** é a lei da Física que nos permite calcular a força de interação entre cargas elétricas. De acordo com essa lei, a força elétrica é proporcional ao produto do módulo de duas cargas elétricas, bem como inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa.

**O que diz a lei de Coulomb?**

De acordo com a lei de Coulomb, **desenvolvida pelo físico francês Charles Augustin de Coulomb** (1736-1806), é possível determinar o módulo da força elétrica entre duas partículas eletricamente carregadas com as cargas  $Q_1$  e  $Q_2$ , fixas, localizadas no vácuo e separadas por uma distância  $d$ , por meio da seguinte expressão:

$$F = \frac{k_0 Q_1 Q_2}{d^2} \quad (1)$$

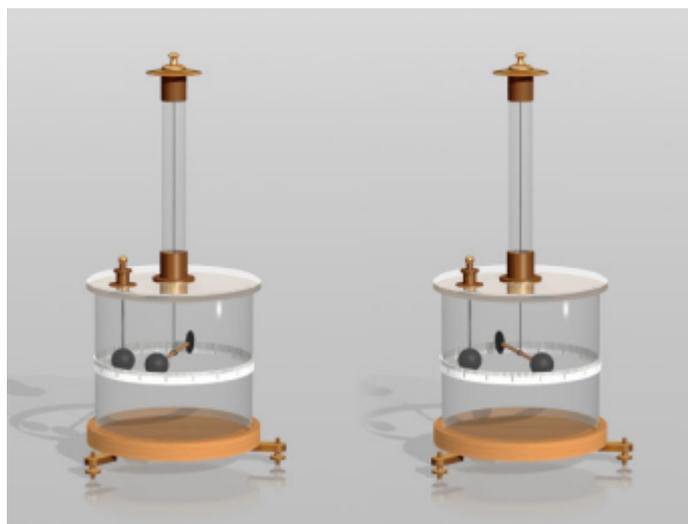
$Q_1$  e  $Q_2$  – cargas elétricas (C)

$K_0$  – constante eletrostática do vácuo ( $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ )

$d$  – distância entre as cargas (m)

Coulomb foi capaz de obter a expressão mostrada anteriormente de maneira empírica, isto é, por meio da experimentação. Os experimentos que permitiram a Coulomb descobrir a lei de atração e repulsão entre cargas elétricas foram feitos com uma balança de torção, um instrumento de medida criado por ele mesmo que é capaz de realizar medidas precisas e que posteriormente foi utilizado por outros pesquisadores, como Henry Cavendish no estudo da gravitação universal.

### Balança de Torção

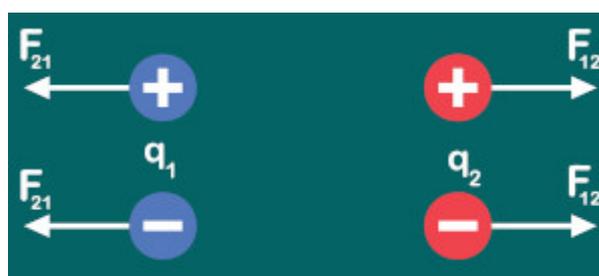


Fonte: Helerbrock, 2021.

Coulomb utilizou uma balança de torção similar à representada na figura para medir a força elétrica entre duas cargas.

Ainda em concordância com a lei de Coulomb e também com a terceira lei de Newton, conhecida como a lei da ação e reação, cargas de sinais iguais tendem a se repelir, com forças de mesma direção e sentidos opostos:

### Força Elétrica de repulsão

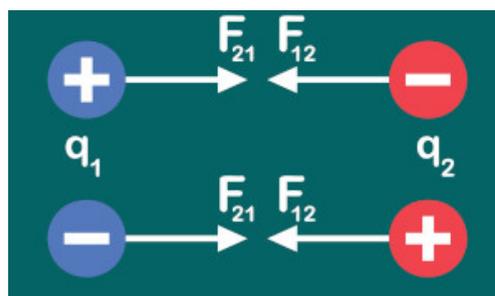


Fonte: Helerbrock, 2021.

Cargas de sinais iguais repelem-se com a mesma intensidade, mesmo que seus valores sejam diferentes.

Cargas de sinais contrários, por sua vez, tendem a se atrair com forças iguais, e cada uma dessas forças também apresenta sentido oposto:

### Força Elétrica de atração



Fonte: Helerbrock, 2021.

### Fórmula da lei de Coulomb

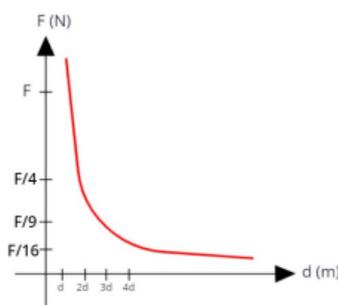
Como mostrado anteriormente, de acordo com a lei de Coulomb, a força de interação entre duas partículas eletricamente carregadas, de cargas  $Q_1$  e  $Q_2$ , separadas no vácuo a uma distância  $d$ , pode ser calculada por meio da seguinte fórmula:

$$F = \frac{k_0 Q_1 Q_2}{d^2} \quad (1)$$

### Gráfico da lei de Coulomb

O gráfico da força elétrica com relação à distância entre duas cargas está representado na figura a seguir:

### Gráfico da Força Elétrica



Fonte: Helerbrock, 2021.

Uma vez que a **força elétrica é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as cargas**, quando a distância entre as cargas é  $d$ , a força de

interação entre elas é  $F$ . Dobrando-se a distância entre elas, a força diminui quatro vezes; triplicando-se a distância entre as cargas, a força entre elas será dividida por nove e assim por diante.

## ANEXO D – TEXTO 4: CAMPO ELÉTRICO

**CAMPO ELÉTRICO.**

**Campo elétrico** é um campo vetorial usado para medir a influência de uma carga elétrica sobre seus arredores.

**Linhas de Campo Elétrico**

Fonte: Helerbrock, 2021.

**Linhas de força do campo elétrico apontam para “fora” das cargas positivas e “dentro” das cargas negativas.**

**Campo elétrico** é uma grandeza física vetorial que mede o módulo da força elétrica exercida sobre cada unidade de carga elétrica colocada em uma região do espaço sobre a influência de uma carga geradora de campo elétrico.

Em outras palavras, o campo elétrico **mede a influência que uma certa carga produz em seus arredores**. Quanto mais próximas estiverem duas cargas, maior será a força elétrica entre elas por causa do módulo do campo elétrico naquela região.

## Como calculamos o campo elétrico?

Para calcularmos o campo elétrico produzido por cargas pontuais (cujas dimensões são desprezíveis), dispostas no vácuo, podemos utilizar a seguinte equação:

$$\vec{E} = \frac{k_0 \cdot Q}{d^2} \quad (1)$$

Para que a unidade do **campo elétrico** (E) esteja definida no Sistema Internacional de Unidades, é necessário que as outras grandezas da equação também estejam. As legendas abaixo mostram quais são os termos da equação do campo elétrico e as suas unidades no SI:

E – módulo do campo elétrico [N/C ou V/m]

Q – carga geradora do campo elétrico [C – Coulomb]

$K_0$  – constante eletrostática do vácuo ( $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ )

d – distância do ponto até a carga geradora [m – metro]

## Campo elétrico e força elétrica

**Toda carga elétrica apresenta seu próprio campo elétrico.** No entanto, para que surja a força elétrica, é necessário que o campo elétrico de pelo menos duas cargas interajam. A resultante vetorial dos campos elétricos de cada uma das cargas dita, nesse caso, para qual direção e sentido surgirá a força sobre as cargas. Em posições nas quais o campo elétrico resultante é nulo, por exemplo, não é possível que haja força elétrica.

A relação que pode ser estabelecida entre o campo elétrico e a força elétrica é dada pela seguinte equação:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (2)$$

$E$  – campo elétrico [N/C ou V/m]

$F$  – força elétrica [N - Newton]

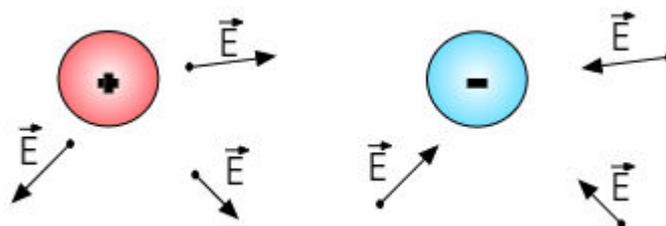
$q$  – carga elétrica de prova [C - Coulomb]

Na equação mostrada acima,  **$F$  é o módulo da força elétrica** e pode ser calculado com base na Lei de Coulomb.

### Direção e sentido do vetor campo elétrico

O campo elétrico das cargas positivas sempre deve apontar para “fora” das cargas, na direção do seu raio, enquanto o campo elétrico das cargas negativas deve apontar para “dentro” delas.

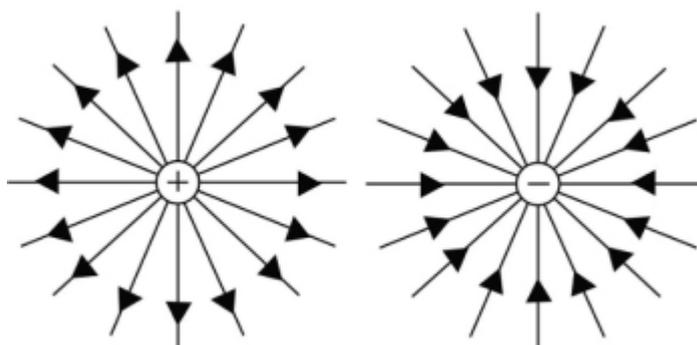
#### Direção das linhas de Campo Elétrico



Fonte: Helerbrock, 2021.

Para facilitar a visualização do campo elétrico, desenhamos linhas cujas direções tangentes sempre indicam a direção e o sentido do campo elétrico. Essas linhas são chamadas de linhas de força:

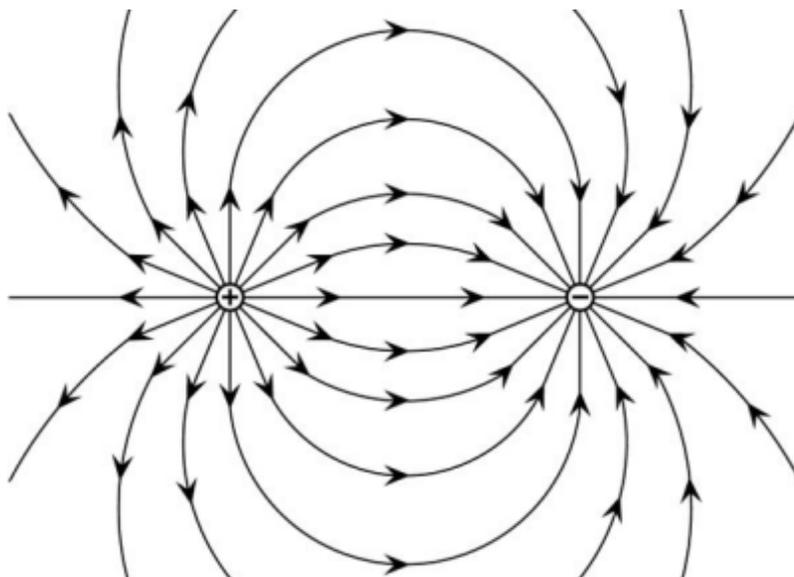
#### Atração e repulsão entre cargas elétricas



Fonte: Helerbrock, 2021.

A atração e a repulsão elétrica **dependem do sinal das cargas elétricas envolvidas**. As cargas de mesmo sinal sofrem repulsão elétrica ao passo que as cargas de sinais diferentes sofrem atração. Observe as figuras que mostram as linhas de força entre cargas elétricas:

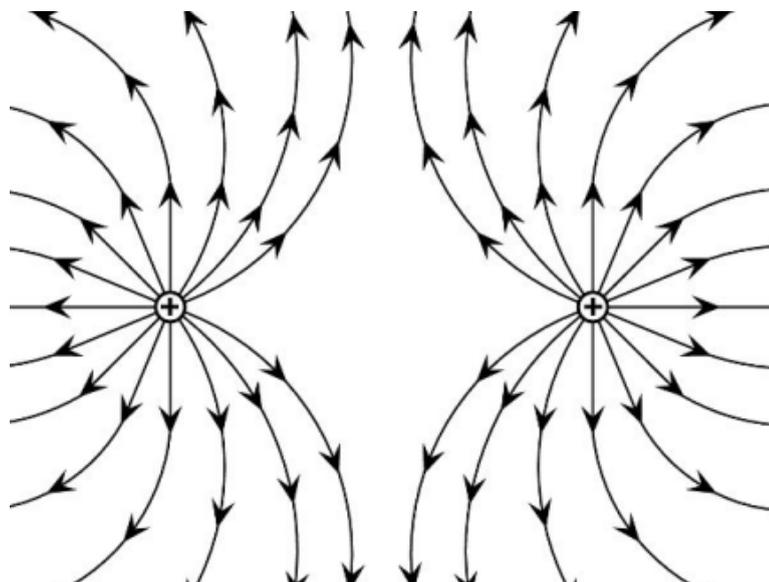
### **Linhas de força entre Cargas Elétricas**



Fonte: Helerbrock, 2021.

Entre cargas de sinal diferente, a resultante do campo elétrico aponta sempre em direção à outra carga. Com isso, surge a força de atração elétrica.

### **Linhas de força entre cargas de mesmo sinal**



Fonte: Helerbrock, 2021.

Entre cargas de sinal igual, a resultante do campo elétrico aponta na direção oposta à posição das cargas, promovendo uma força elétrica de repulsão entre elas.

## ANEXO E – TEXTO 5: POTENCIAL ELÉTRICO

**POTENCIAL ELÉTRICO.**

O **potencial elétrico** ou **potencial eletrostático** de um ponto em relação a um ponto de referência, é definido pelo trabalho da força elétrica sobre uma carga eletrizada no deslocamento entre esses dois pontos.

Sendo uma grandeza escalar, necessita apenas, para ficar totalmente definida, da intensidade e de uma unidade de medida. Portanto, não requer nem direção, nem sentido.

**Fórmula**

O potencial de um ponto pertencente a um campo elétrico é encontrado dividindo-se o trabalho pelo valor da carga. Esse valor é sempre medido em relação a um ponto de referência.

Ao se definir um ponto de referência, convencionou-se que o potencial neste ponto é nulo.

Assim, a fórmula para o cálculo do potencial elétrico é dado por:

$$V_A = \frac{T_{AB}}{q} \quad (1)$$

Onde:

$V_A$ : Potencial elétrico do ponto A (V)

$T_{AB}$ : Trabalho da força elétrica ao deslocar a carga do ponto A ao ponto B (J)

q: Carga elétrica (C)

No Sistema Internacional de Unidade (SI) o potencial elétrico é medido em **Volts** (Joule/Coulomb) em homenagem ao físico italiano Alessandro Volta (1745-1827), criador da pilha elétrica.

**Diferença de Potencial**

A diferença de potencial (ddp), também chamada de tensão elétrica ou voltagem, é uma importante grandeza no estudo dos fenômenos elétricos.

No cotidiano, usa-se mais o conceito de diferença de potencial do que o de potencial elétrico de um ponto. Por exemplo, nos aparelhos elétricos, normalmente aparece a indicação da sua voltagem.

### Voltímetro



Fonte: Gouveia, 2014.

O voltímetro é um instrumento usado para medir a ddp.

Quando dizemos que existe uma alta voltagem entre dois pontos, significa que a carga recebe uma grande quantidade de energia no seu deslocamento.

A diferença de potencial é indicada por:

$$U = V_A - V_B \quad (2)$$

U: diferença de potencial (V)

$V_A$ : potencial elétrico em um ponto A (V)

$V_B$ : potencial elétrico em um ponto B (V)

### Potencial Elétrico no Campo de uma Carga

Quando um campo elétrico é gerado por uma carga fixa no vácuo, a diferença de potencial pode ser calculada como sendo:

$$U = k_0 \cdot \frac{Q}{d_A} - k_0 \cdot \frac{Q}{d_B} \quad (3)$$

Onde,

U: diferença de potencial (V)

$K_0$  – constante eletrostática do vácuo ( $K_0 = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2 / C^2$ )

Q: carga elétrica fixa (C)

$d_A$ : distância da carga fixa ao ponto A (m)

$d_B$ : distância da carga fixa ao ponto B (m)

Se considerarmos o ponto B infinitamente afastado da carga Q ( $V_B = 0$ ), então teremos que o potencial no ponto A será dado por:

$$V_A = k_0 \cdot \frac{Q}{d_A} \quad (4)$$

Sendo,

$V_A$ : potencial do ponto A (V)

$K_0$  – constante eletrostática do vácuo ( $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ )

Q: carga elétrica fixa (C)

$d_A$ : distância da carga fixa ao ponto A (m)

Para calcular o potencial elétrico resultante de um sistema de cargas, basta calcular o valor do potencial de cada carga no campo elétrico e depois somá-los.

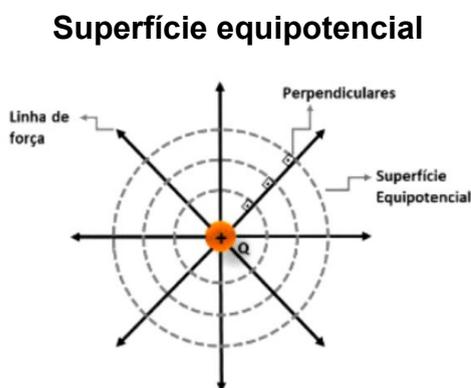
### Superfície Equipotencial

Numa superfície equipotencial todos os pontos apresentam um valor constante para o potencial elétrico.

Em um campo elétrico gerado por uma carga puntiforme, as superfícies equipotenciais são esferas concêntricas, ou seja, apresentam um mesmo ponto central.

A carga puntiforme situa-se no centro dessas esferas e as linhas de força são perpendiculares às superfícies equipotenciais.

Na figura abaixo representamos uma carga Q, carregada positivamente. Indicamos ainda as linhas de força e as superfícies equipotenciais.



Fonte: Gouveia, 2014.

## Energia Potencial Elétrica

A **energia potencial elétrica** está associada ao trabalho da força elétrica dentro de um campo elétrico.

Para uma carga pontual fixa, a energia potencial elétrica, medida em **Joule** (J), é expressa pela seguinte fórmula:

$$E_p = \frac{k \cdot Q \cdot q}{d} \quad (5)$$

Sendo:

$E_p$  : energia potencial elétrica (J)

K: constante elétrica do meio ( $N \cdot m^2/C^2$ ). No vácuo, seu valor é de

$$K_0 = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2$$

Q: carga fixa (C)

q: carga de prova (C)

d: distância entre as cargas (m)