

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE-UFAC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**



**SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM FLASH DE FENÔMENOS  
FÍSICOS DA ELETROSTÁTICA**

Wendel Ricardo de Souza Rêgo

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Acre-UFAC, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta

Rio Branco-Ac  
Fevereiro/2018

# **SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM FLASH DE FENÔMENOS FÍSICOS DA ELETROSTÁTICA**

Wendel Ricardo de Souza Rêgo

Orientador:  
Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Acre-UFAC, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

---

Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta

---

Dr<sup>a</sup>. Bianca Martins Santos-UFAC

---

Dr. Judes Gonçalves dos Santos

---

Dr. Francisco Eulálio do Santos

Rio Branco-Ac  
Fevereiro/2018

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

---

R343s Rêgo, Wendel Ricardo de Souza, 1979-  
Simulação computacional em flash de fenômenos físicos da  
eletrostática / Wendel Ricardo de Souza Rêgo. – 2018.  
184 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Pró-  
Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-  
Graduação Mestrado Profissional de Ensino da Física (MNPEF). Rio  
Branco, 2018.

Inclui Referências bibliográficas, anexos e apêndices.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Justino Abanto Peralta.

1. Eletrostática – Ensino. 2. Eletrostática – Fenômenos físicos. 3.  
Simulação computacional. I. Título.

CDD: 530.7

## *D*edicatória

Aos docentes que me habilitaram, ensinaram e compartilharam conhecimentos na área da física e no ensino, em particular os professores: Dr. Francisco Eulálio Alves dos Santos (Prof. Magnésio), Dr. Alejandro Antonio Fonseca Duarte, Dr. José Carlos da Silva Oliveira (Prof. Ponciano) , Doutoranda Prof<sup>a</sup>.Esperanza, Prof. Dr. Pedrozo, Dr. Marcelo Castanheira da Silva, Dr. George Chaves da Silva Valadares, Dr. Jorge Luis López Aguilar, Dr. Anselmo Fortunato Ruiz Rodriguez, Dr. Eduardo de Paula Abreu e Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta.

Aos professores licenciados em Física pela Universidade Federal do Acre. Atualmente, vocês têm contribuído significativamente na qualidade ensino de Física no estado do Acre.

## *A*gradecimentos

Considerando um aspecto geral e particular, segue as notas de agradecimento aos colaboradores.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF), pela colaboração e a arquitetura do Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), no contexto brasileiro. De fato, o MNPEF tem estimulado os professores de Física com novas abordagens metodológicas no ensino.

A Universidade Federal do Acre pela iniciativa de se ligar ao Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física da SBF, bem como promover uma melhoria na qualidade no ensino de física no contexto acreano.

Ao Comitê de Ética em Pesquisa Com Seres Humanos/UFAC, pois as contribuições avaliativas do aspecto ético da pesquisa foram necessárias e relevantes para execução do projeto dessa pesquisa.

Ao Comitê de Ética em Pesquisa Com Seres Humanos/UNINORTE-ACRE, na qualidade assistencial do conhecimento do protocolo por parte da Secretária Hemylem Caruta.

Ao Coordenador do Polo MNPEF/UFAC, Dr. Marcelo Castanheira da Silva, ao Vice coordenador Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta e o Sr. Secretário do polo Gerlandio Freire Fernandes em virtude das orientações administrativas do curso, assistência burocrática da elaboração do protocolo de pesquisa.

A professora Sirlene Pereira Luz, Diretora da escola José Ribamar Batista (EJORB), a coordenadora Fátima, o professor de Física Fernando Ramirez, em virtude da colaboração, assistência no planejamento da execução do projeto e incentivo na aplicação do produto educacional. Além desses profissionais ressalto os agradecimentos especiais aos alunos da escola da terceira série (2017.1) que participaram da pesquisa, me estimulando para o compartilhamento do conhecimento aos demais professores do Estado do Acre.

Aos professores, em particular, pelas contribuições diretas e indiretas em sugestões para construção da dissertação, são eles: Dr. Marcelo Castanheira da Silva, Dr. Francisco Eulálio Alves dos Santos (Prof Magnésio), Dr. Anselmo Fortunato Ruiz Rodriguez, Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta e o prof. Dr. José Carlos da

Silva Oliveira (Prof. Ponciano). Expresso ainda um agradecimento especial pelo o incentivo da divulgação de Pesquisa no Ensino de Física no SNEF-2017.

Aos professores, ainda em particular, Dr. Marcelo Castanheira, Dr. Francisco Eulálio Alves dos Santos (Prof Magnésio), Dr. Anselmo Fortunato Ruiz Rodriguez, Dr. George Chaves da Silva Valadares visto que eles contribuíram de forma direta em explicações e correções de produções textuais para a dissertação, uma vez que foram estimuladas e sugeridas nas disciplinas: Eletromagnetismo, Marcos no Desenvolvimento da Física, Fundamentos Teóricos em Ensino e Aprendizagem, Atividades Computacionais para o Ensino Médio e Fundamental, Processos e Sequência de Ensino e Aprendizagem Física no Ensino Médio. Essas disciplinas foram extremamente relevantes para construção da dissertação.

Ao técnico de laboratório (CCBN), o Professor de Física, Israel Herôncio Rodrigues de Oliveira Haddad visto que durante as pesquisas prestou assistência em atividades experimentais relacionadas a dissertação. Além disso, suas contribuições foram relevantes para a divulgação de um resultado parcial do referencial teórico no SNEF-2017.

Aos colegas do mestrado MNPEF/UFAC, primeira turma, em relação às contribuições para discussão sobre alguns textos da dissertação e outros apoios relevantes durante a aquisição de conhecimento no curso. São eles: Helison Matos da Cunha, Israel Herôncio Rodrigues de Oliveira Haddad, Hemila Suele Souza de Oliveira, Lorivaldo de Oliveira Santos, Antonio Tadeu Rodrigues, Edilúcio Siqueira de Almeida Amorim.

Aos diversos profissionais pelo incentivo nesse atual nível de formação: Engenheiro Eletricista, Professor Luiz (Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica/ UNINORTE); Professora de Língua Portuguesa Jeane Cristina Aguiar; Enfermeira Kaysa Cristine (Professora do CETEAC), Enfermeiro M.Sc. Jair Alves (Professor UNINORTE-Ac), o prof. M.Sc. Marcos Fabiano (professor do IESACRE, UFAC), o prof. Esp. Marcos Reis (professor do IESACRE), o prof. M.Sc. José Ricardo (professor da UFAC, IESACRE), o prof. Dr. Mateus (IFAC) e o Prof. Esp. João Pedro (professor do IESACRE).

A minha pedra filosofal, substância suprassensível que meu deu a oportunidade de pensar e crer que os últimos serão os primeiros: Deus!

<sup>1</sup> “Para uma aprendizagem significativa crítica (subversiva) é preciso:

1. Aprender/ensinar perguntas em lugar de respostas (*Princípio da interação social e do questionamento*).

...

3. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo (*Princípio do aprendiz como perceptor/representador*).

...

5. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras (*Princípio da consciência semântica*) ...”

Marco Antonio Moreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Conferência proferida na *XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física*, Guayaquil, Equador, julho de 2013 e durante o *Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ*, Rio de Janeiro, Brasil, março de 2014.

## RESUMO

A pesquisa teve como objetivo produzir e avaliar a simulação computacional em flash de fenômenos físicos da eletrostática. A pesquisa foi de natureza aplicada pois teve como culminância um produto educacional de simulação computacional em flash. As simulações em flash elaboradas foram apresentadas durante uma aula expositiva para alunos da terceira série (ensino médio) em uma escola do município de Rio Branco/Acre e ao final da aula, os participantes responderam um questionário semiestruturado. A teoria de aprendizagem envolvida na pesquisa foi baseada na sócio-interacionista de Vygotsky e na aprendizagem significativa de Ausubel. Para análise dos dados no questionário foi adotado o método do discurso do sujeito coletivo (DSC). Desenvolve-se simulações computacionais em flash sobre: o pêndulo eletrostático, lei de Coulomb e gráfico, projeção vetorial da força elétrica, força elétrica resultante, campo elétrico e gráfico, linhas de força de campo elétrico, campo elétrico de várias cargas puntiformes, precipitador eletrostático, lançamento de partículas entre duas placas paralelas carregadas. A partir de um discurso do sujeito coletivo (DSC), os estudantes avaliaram as simulações computacionais e foi destacado uma ideia central de que a simulação computacional em flash: “facilita a compreensão dos fenômenos na eletrostática”. Alguns elementos constituintes do DSC indicaram que houve uma compreensão sobre: os processos de eletrização, força elétrica e campo elétrico. Outra ideia central destacada foi que a aula com interação social e o uso da simulação: “melhora o desenvolvimento, entendimento, compreensão...um ajuda o outro”. As grandezas físicas: força e campo gravitacional foram as categorias de conhecimento prévio mais ressaltadas pelos alunos que permitiram uma conexão com os conteúdos da eletrostática. Assim, foi possível elaborar um produto educacional com 16 simulações computacionais em flash e foram distribuídos em 4 simuladores (I, II, III e IV). No produto educacional há uma apresentação de painéis contendo uma breve descrição e a orientação didática do aspecto interativo da simulação, bem como indicação de alguns descritores para o ensino Física. Recomenda-se ao docente usar as simulações como complemento didático no processo de ensino e aprendizagem de algum tema da eletrostática e realizar a aula expositiva com alunos em duplas ou em pequenos grupos.

**Palavras-chave:** Simulação computacional; Discurso do Sujeito Coletivo; Ensino da Eletrostática.

## ABSTRACT

The research had as objective to produce and evaluate the flash simulation of physical phenomena of electrostatics. The research was of an applied nature because it had as culmination an educational product of computer simulation in flash. The elaborated flash simulations were presented during an expositive class for third grade students at a school in the municipality of Rio Branco / Acre and at the end of the class, the participants answered a semi-structured questionnaire. The learning theory involved in the research was based on Vygotsky's socio-interactionist and meaningful learning from Ausubel. For the analysis of the data in the questionnaire the collective discourse method (DSC) was adopted. We develop computer simulations in flash on: electrostatic pendulum, Coulomb law and graph, vector projection of electric force, net electric force, electric and graphical field, electric field force lines, electric field of several punctiform charges, electrostatic precipitator, launching of particles between two charged parallel plates. From a discourse of the collective subject (DCS), the students evaluated the computational simulations and highlighted a central idea that the computer simulation in flash: "facilitates the understanding of the phenomena in electrostatics". Some constituent elements of the DCS indicated that there was an understanding about: the processes of electrification, electric force and electric field. Another central idea highlighted was that the class with social interaction and the use of simulation: "improves development, understanding, understanding ... one helps the other". The physical magnitudes: force and gravitational field were the categories of prior knowledge most emphasized by the students that allowed a connection with the contents of electrostatics. Thus, it was possible to elaborate an educational product with 16 computer simulations in flash and were distributed in 4 simulators (I, II, III and IV). In the educational product there is a presentation of panels containing a brief description and didactic orientation of the interactive aspect of the simulation, as well as indication of some descriptors for physical education. It is recommended to the teacher to use the simulations as a didactic complement in the teaching and learning process of some electrostatic topic and to carry out the lectures with students in pairs or in small groups.

**Keywords:** Computer simulation; Discourse of the collective subject; Teaching of electrostatics.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> -Proporção de famílias com computador e acesso à internet; proporção de usuários de internet em áreas urbanas; proporção de empresas/empreendimentos com acesso à internet, website e presença em rede social; proporção de famílias com computador, por tipo de computador.....	34
<b>Figura 2</b> -Print Screen de uma simulação computacional de um conteúdo da eletrostática .....	40
<b>Figura 3</b> -Demonstração de uma cena da simulação computacional em Flash de um tema da eletrostática .....	41
<b>Figura 4</b> -Distribuição das unidades de ensino e capítulos das obras didáticas.....	64
<b>Figura 5</b> -Ferramentas e área de trabalho do Flash Professional CS6.....	76
<b>Figura 6</b> -Local de intervenção no município de Rio Branco-Ac.....	78
<b>Figura 7</b> -Cena de simulações com representação interativa do botão (passador de slide), interação para animação e elementos gráficos .....	85
<b>Figura 8</b> -Caracterização da turma na aplicação do produto educacional.....	102
<b>Figura 9</b> -Simulador do eletroscópio.....	105
<b>Figura 10</b> -Simulador do pêndulo eletrostático .....	105
<b>Figura 11</b> -Simulação da lei de Coulomb e preenchimento da curva .....	106
<b>Figura 12</b> -Cena do simulador- força elétrica resultante sobre uma partícula negativa .....	106
<b>Figura 13</b> -Situação problema simulada de arranjo de partículas.....	107
<b>Figura 14</b> -Cena do pêndulo e do lançamento de partículas .....	107
<b>Figura 15</b> -Uma das telas do simulador sobre campo elétrico.....	108
<b>Figura 16</b> -Cena do precipitador eletrostático.....	109
<b>Figura 17</b> -Categorização de conhecimento prévio em Física de alguns conceitos estudados pelos alunos da EJORB considerando as simulações em flash apresentadas durante a exposição da aula.....	110

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1-</b> Fenômenos da eletrostática, expressão matemática e análise de conteúdo .....	27
<b>Quadro 2-</b> Ambiente de simulação computacional, sítio e descrição .....	36
<b>Quadro 3-</b> distribuição das pesquisas segundo edição do evento, autoria, área temática do SNEF e título do trabalho.....	50
<b>Quadro 4-</b> Autoria dos artigos, área de submissão do SNEF, tipologia da tecnologia (TT), temas de ensino na eletrostática (TEE).....	54
<b>Quadro 5-</b> Distribuição de publicações segundo autoria, edição do SNEF, área da Física e título da publicação .....	57
<b>Quadro 6-</b> Produção acadêmica dos polos MNPEF/instituição proponente .....	60
<b>Quadro 7-</b> Distribuição das produções acadêmica segundo autoria, conteúdos de ensino na eletrostática e a teoria de aprendizagem proposta .....	61
<b>Quadro 8-</b> Autoria, título do livro didático e unidades de ensino.....	65
<b>Quadro 9-</b> Obras didáticas e síntese da categorização: simulação/animação, experimentação e leitura .....	66
<b>Quadro 10-</b> Distribuição dos estudos segundo autoria, revista/periódico, <i>qualis</i> e título do artigo .....	68
<b>Quadro 11-</b> Distribuição das simulações computacionais em flash para fenômenos físicos da eletrostática.....	86
<b>Quadro 12-</b> Sequência didática .....	103
<b>Quadro 13-</b> DSC sobre a pergunta 1: considerando a exposição da aula, o uso da simulação em <i>flash</i> permitiu uma compreensão de alguns fenômenos físicos na eletrostática? Justifique sua resposta. ....	112
<b>Quadro 14-</b> DSC sobre a pergunta 3: <sup>a</sup> Se você tivesse que falar sobre a simulação computacional do ensino da eletrostática e o livro didático para um colega de sala, o que você diria para ele? .....	114
<b>Quadro 15-</b> DSC sobre a pergunta 2- As simulações computacionais em <i>flash</i> de conteúdos da eletrostática são um dos recursos e tecnologia no ensino de física. Você concorda que a exposição deles em uma aula deve ser ministrada para os alunos interagindo em dupla ou em grupo? Justifique.....	115
<b>Quadro 16-</b> Lista de subsunçores, simulação e a nova informação .....	120
<b>Quadro 17-</b> Distribuição de autores apresentam tecnologias eletrostáticas.....	122
<b>Quadro 18-</b> Distribuição das simulações computacionais em flash para fenômenos físicos da eletrostática.....	169

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> -Equações de Maxwell .....	24
<b>Tabela 2</b> -Distribuição dos artigos apresentados no Simpósio Nacional do Ensino de Física (SNEF) dos anos de 2015 e 2017, conforme áreas temáticas: PCAF/EAF, MMEEF e TIC.....	48
<b>Tabela 3</b> -Ideias centrais dos DSC .....	111

## LISTA DE PAINÉIS

<b>Painel 1</b> -Simulação A e B: pêndulo eletrostático e eletroscópio de folhas .....	87
<b>Painel 2</b> -Simulação C sobre a Lei de Coulomb e gráfico da lei de Coulomb .....	89
<b>Painel 3</b> -Simulação D- Projeção vetorial da força elétrica entre cargas elétricas .....	90
<b>Painel 4</b> -Simulação E- Força elétrica de atração e repulsão .....	91
<b>Painel 5</b> -Simulação F- Força elétrica resultante .....	92
<b>Painel 6</b> -Simulação G- Linhas de força de um campo elétrico, contextualização e aplicações .....	95
<b>Painel 7</b> -Simulação H- O campo elétrico .....	96
<b>Painel 8</b> -Simulação I,J,K- Linhas de força de campos elétricos .....	97
<b>Painel 9</b> -Simulação L- Gráfico do módulo do módulo do campo elétrico em função da distância .....	98
<b>Painel 10</b> -Simulação M, N ,O- Campo elétrico de várias cargas puntiformes .....	99
<b>Painel 11</b> -Simulação P- Simulador de um precipitador eletrostático .....	100

## LISTA DE SIGLAS

- Ac** -Acre
- AFP** -Adobe Flash Professional
- AS** ActionScritp
- ATS** -Área Temática de Submissão
- CEP** -Comitê de Ética em Pesquisa
- CGI** -Comitê Gestor da Internet no Brasil
- COC** Caderno de Orientação Curricular
- DSC** -Discurso do Sujeito Coletivo
- EAD** Educação à distância
- EAF** -Ensino e Aprendizagem em Física
- EF** -Ensino Fundamental
- EJA** -Educação de Jovens e Adultos
- EJORB** -Escola José Ribamar Batista
- EM** -Ensino Médio
- Enem** -Exame Nacional do Ensino Médio
- ES** -Ensino Superior
- Fa** -Frequência absoluta
- IE** -Instituição Escolar
- INEP** -Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio  
Teixeira
- MMEEF** Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino de Física
- MNPEF** -Mestrado Nacional Profissional do em Ensino de Física
- NIST** National Insitute of Standars and Techonology
- OA** -Objeto de Aprendizagem
- PCAF** -Processos Cognitivos e Aprendizagem em Física
- PCEAF** - Processo Cognitivos de Ensino e Aprendizagem em Física
- PCN** -Parâmetros Curriculares Nacionais
- PCN+** - Parâmetros Curriculares Nacionais +
- SEE** - Secretaria de Estado de Educação
- SBCC** -Santa Barbara City College
- SBF** -Sociedade Brasileira de Física

- SNEF** -Simpósio Nacional de Ensino de Física
- TAE** -Termo de Assentimento Esclarecido
- TCLE** -Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
- TIC** -Tecnologia da Informação e Comunicação
- TIC's** -Tecnologias da Informação e comunicação
- UFAC** -Universidade Federal do Acre
- UFRJ** -Universidade Federal do Rio de Janeiro
- UNESCO** -United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
- UPM** -Universidad Politécnica de Madrid
- USP** -Universidade de São Paulo
- ZDP** -Zona de Desenvolvimento Proximal

## LISTA DE ABREVIATURAS

- a.C.** -antes de Cristo
- cf.** -confira
- Dr.** -Doutor
- et al.*** -*et alii*
- etc.*** -*et cetera*
- Jr.** -Junior
- JR.** -Junior
- p.** -página

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2 MARCO TEÓRICO</b> .....	22
2.1 A ELETROSTÁTICA .....	22
<b>2.1.1 Tópicos históricos da eletrostática</b> .....	22
<b>2.1.2 As equações de Maxwell: uma nota explicativa da teoria eletromagnética para a eletrostática</b> .....	24
2.2 CONTEXTUALIZANDO A ELETROSTÁTICA E A LINGUAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO .....	26
2.3 PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM E TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA .....	28
<b>2.3.1 Ensino de física e aprendizagem</b> .....	28
2.3.1.1 <i>Ensino de Física</i> .....	28
2.3.1.2 <i>Aprendizagem</i> .....	30
2.3.1.3 <i>Aprendizagem significativa de Ausubel</i> .....	30
2.3.1.4 <i>Aprendizagem interacionista de Vygostsky</i> .....	31
<b>2.3.2 Tecnologia de Informação e comunicação (TIC) e ensino de Física</b> .....	33
2.3.2.1 <i>A Tecnologia de informação e comunicação (TIC)</i> .....	33
2.3.2.2 <i>O Brasil com produção de dados na internet: o docente de Física em face aos recursos tecnológicos</i> .....	33
2.3.2.3 <i>TIC's, Ciências e Física</i> .....	35
2.4 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CONTEXTO: A LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO, A FÍSICA COMPUTACIONAL, ANIMAÇÃO E A MODELAGEM COMPUTACIONAL .....	36
<b>2.4.1 Contextualizando a linguagem de programação</b> .....	37
2.4.1.1 <i>Tipologias</i> .....	37
<b>2.4.2 A linguagem ActionScript</b> .....	38
<b>2.4.3 A Física computacional e a linguagem de programação</b> .....	42
<b>2.4.4 Simulação computacional, animação e a modelagem computacional: aspectos explicativos</b> .....	43
<b>2.4.5 Simulação computacional em flash no ensino de Física</b> .....	46
2.5 ELETROSTÁTICA EM FOCO: UMA REVISÃO PARTICULAR DA LITERATURA DIVULGADA NO SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (SNEF) E DAS DISSERTAÇÕES DO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF) .....	47
<b>2.5.1 O ensino da eletrostática: o rastreamento das produções dos trabalhos do simpósio nacional do ensino de física (SNEF) do ano 2015 e 2017</b> .....	47
2.5.1.2 <i>A teoria de aprendizagem e conteúdo da eletrostática</i> .....	52
2.5.1.3 <i>A tecnologia da Informação e comunicação e os temas de ensino na eletrostática</i> .....	53
2.5.1.4 <i>Abordagem discursiva</i> .....	55
<b>2.5.2 Simulação computacional e temas de eletrostática em foco: análise das produções acadêmicas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física-MNPEF</b> .....	59
2.6 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL E O LIVRO DIDÁTICO DO ENSINO MÉDIO .....	62

<b>2.6.1 Análise de conteúdo de livros didáticos de Física: uma abordagem sobre simulação computacional, experimentação e leitura no ensino da eletrostática</b>	63
.....	63
2.6.1.1 <i>Resultado da análise dos livros didáticos</i> .....	63
2.6.1.2 <i>Tópicos de discussão</i> .....	67
2.6.1.3 <i>Considerações finais</i> .....	70
2.7 TEMAS DA ELETROSTÁTICA: CONTEXTO DE UMA MATRIZ DE REFERÊNCIA, PARÂMETRO E ORIENTAÇÃO NO CURRÍCULO .....	71
<b>3 OBJETIVOS DA PESQUISA</b> .....	74
3.1 OBJETIVO GERAL .....	74
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	74
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	75
4.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO.....	75
4.2 MATERIAL E METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DAS SIMULAÇÕES .....	76
4.2.1 Etapas da elaboração das simulações.....	76
4.3 METODOLOGIA DA INTERVENÇÃO NA INSTITUIÇÃO ESCOLAR .....	77
<b>4.3.1 Instituição da intervenção</b> .....	77
<b>4.3.2 População e amostragem</b> .....	78
4.3.2.1 <i>Instrumento de coleta de dados</i> .....	79
<b>4.3.3 Etapas da intervenção</b> .....	79
4.3.3.1 <i>Planejamento prévio na instituição escolar</i> .....	79
4.3.3.2 <i>A exposição da aula definitiva e a aplicação do questionário</i> .....	80
<b>4.3.4 Método de análise</b> .....	80
4.3.4.1 <i>Tabulação e formas de apresentação dos dados</i> .....	81
<b>4.3.5 Considerações éticas da pesquisa</b> .....	81
4.3.5.1 <i>Risco da pesquisa</i> .....	82
4.3.5.2 <i>Benefícios</i> .....	82
<b>5 RESULTADOS</b> .....	84
5.1 APRESENTAÇÃO DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS EM FLASH DE FENÔMENOS FÍSICOS DA ELETROSTÁTICA: ORIENTAÇÃO BÁSICA SOBRE O USO .....	84
<b>5.1.1 Caracterização geral e parâmetro básico das simulações</b> .....	84
<b>5.1.2 As simulações computacionais em flash e uma orientação didática sobre o uso</b> .....	86
5.2 A EXPOSIÇÃO DA AULA COM O USO DAS SIMULAÇÕES EM FLASH .....	102
<b>5.2.1 Identificação da sala e o grupo social dos alunos da EJORB</b> .....	102
<b>5.2.2 A sequência didática da aula</b> .....	103
5.3 CONHECIMENTO PRÉVIO DE CONCEITOS ESTUDADOS EM SÉRIES ANTERIORES.....	109
5.4 DISCURSO DO SUJEITO COLETIVO DOS ESTUDANTES ACERCA DA EXPOSIÇÃO DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS EM FLASH .....	110
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	117
6.1 AS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS EM FLASH E A EXPOSIÇÃO DAS SIMULAÇÕES.....	117
6.2 O DISCURSO DO SUJEITO COLETIVO: AS SIMULAÇÕES .....	124

6.3 O DISCURSO DO SUJEITO COLETIVO: AS SIMULAÇÕES EM FLASH E O LIVRO DIDÁTICO .....	125
6.4 O DISCURSO DO SUJEITO COLETIVO: A INTERAÇÃO SOCIAL .....	127
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>129</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>131</b>
<b>APÊNDICE A- INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS.....</b>	<b>157</b>
<b>APÊNDICE B- SEQUÊNCIA DIDÁTICA DA AULA EXPOSITIVA .....</b>	<b>159</b>
<b>APÊNDICE C-PRODUÇÕES DIVULGADAS .....</b>	<b>160</b>
<b>APÊNDICE D- PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>161</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente é perceptível o uso de recursos tecnológicos em vários setores sociais. Com a avanço da ciência da computação faz-se imperativo atualizar conhecimento e elaborar técnicas de ensino e utilizar ferramentas midiáticas para o ensino de Física. Os estudos de Ferreira Marinho (2015), Vaz (2015) e Bahé (2015) são algumas pesquisas ao nível de mestrado profissional em física que apresentaram produtos educacionais que possuem uma proximidade com recursos e tecnologia para o ensino.

O uso de tecnologias da informação é um dos desafios com os estudantes (PIRES; VEIT, 2006) e especialmente para o estudo dos fenômenos físicos em eletrostática. Uma vez que a eletrostática é uma área da Física que envolve muitas habilidades para interpretação e solução-problema de situações físicas, bem como a interpretação de campos elétricos, força elétrica resultante; potencial elétrico, entre outros. É notório que as descobertas físicas para o campo da eletrostática fizeram contexto com a história da eletricidade, conforme identifica-se em Boss e Caluzi (2007), Medeiros (2002), Boss e Caluzi (2010).

O ensino da eletrostática, assim como outras áreas do saber na Física, é passível aos procedimentos didáticos com inclusão de um recurso de tecnologia: a simulação computacional. Nesse aspecto, num estudo apresentado por Cardoso e Dickman (2012) destacou-se que o uso de simulações computacionais ligado a uma teoria de aprendizagem pode promover vantagem significativa na estrutura cognitiva do aluno.

Em outro estudo, Da Silva (2012) apresentou a implementação de uma atividade com simulação computacional e ressaltou que a proposta de realização de simulações surge de uma demanda específica na qual alcança pessoas que não tiveram oportunidade de participar de atividade em laboratório real.

Em Betz e Teixeira (2012), não somente apresentou-se recursos tecnológicos para prática de ensino de física, mas também material instrucional para motivar o professor afim de desenvolver o próprio material.

No entanto, as novas tecnologias de informação e comunicação são essenciais na educação, mas o uso delas necessita definir critérios e busca de competências técnicas para adequar as concepções de ensino e de aprendizagem frente as inovações tecnológicas (ANJOS, 2008).

Assim, considerando o contexto, a presente dissertação tem como problemática de estudo: “simulação computacional em *flash* para fenômenos da eletrostática: qual o discurso dos estudantes sobre esse recurso tecnológico usado em uma exposição de aula?”

A presente temática dessa pesquisa foi escolhida após muitas reflexões das notas de aulas na graduação (UFAC) no período de 2002 a 2003 sobre o conteúdo da eletrostática e também de atividades docentes realizadas em algumas escolas de Rio Branco durante o exercício profissional entre os anos de 2003 e 2010.

Por outro lado, há poucas indicações em livros didáticos e científicos sobre simulações computacionais em *flashes* acerca de fenômenos da eletrostática, tais como: força elétrica, eletrização, campo elétrico, etc. Muito embora, alguns livros como Yamamoto e Fuke (2013), bem como Ramalho Jr., Ferraro e Soares (2009) indicam simulações computacionais parciais de conteúdos de Física.

Sobretudo, é perceptível que se vive na sociedade com conhecimento mais a tecnologia e a escola proporciona um papel fundamental de ajudar a preparar alunos gerentes da informação (MORETTO,2003). Decerto, a tecnologia da informação se faz presente na sociedade e no contexto escolar de modo que o estudante tem, em muitos casos, o *tablet*, *smartphone*, etc. (FERRACIOLI; GOMES; CAMILETT,2012).

Nessa conjuntura, a dissertação apresenta as seguintes relevâncias:

- a) área profissional: as simulações em *flash* elaboradas servirão de complemento didático para o ensino da eletrostática no ensino médio.
- b) aprendizagem do aluno: o estudante familiarizar-se-á com recursos tecnológicos (simulações computacionais), dentro de um processo de ensino e aprendizagem, que permitirão uma outra abordagem de compreensão dos fenômenos físicos eletrostáticos além da aula expositiva.
- c) didática: o uso de simulação computacional em *flash* permitirá uma readequação de métodos de ensino na Física, em particular da eletrostática, em que o professor deve estar disposto a conhecer novos recursos materiais para que o processo de ensino-aprendizagem seja mais promissor. O uso das simulações na sala de aula contempla a “educação contínua”, pois, o docente deve estar atualizado com surgimento de novas metodologias de ensino.
- d) Tecnologia de informação e comunicação (TIC): os resultados do produto a ser apresentado será fruto de criação no contexto de simulação computacional para o

ensino de Física. O uso do produto complementa a técnica de ensino utilizada para as aulas de fenômenos físicos na eletrostática durante a prática pedagógica.

Assim, após as informações introdutórias e os elementos que justificam a pesquisa, a dissertação apresenta seções respectivamente: marco teórico, objetivos da pesquisa, material e métodos, resultados e discussão, bem como a conclusão. No apêndice apresenta o produto educacional sistematizado para o docente.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 A ELETROSTÁTICA

#### 2.1.1 Tópicos históricos da eletrostática

A eletrostática representa uma área da Física que explica e descreve as propriedades e ação mútua das cargas elétricas em repouso em relação a um sistema inercial de referência (RAMALHO JR.; FERRARO; SOARES, 2003, 2009).

Foi antes de Cristo, na Grécia, que o homem percebeu o fenômeno da atração elétrica. Esfregou-se um pedaço de “âmbar” e ao aproximar de pedaços de palha ocorreu uma atração elétrica entre o âmbar e as palhas. Desse contexto a palavra “elétron” surgiu e significa em grego “âmbar” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2003; BARRETO FILHO; SILVA, 2013).

Tales de Mileto (640-546 a. C.) é considerado o filósofo a dar as primeiras explicações sobre atração elétrica que os corpos exercem ao atritar o “âmbar” (resina fóssil) e aproximar de folhas (cf. ARAGÃO, 2006; SOROCABA, ANDRADE; CARRILHO, 2008). É com Tales de Mileto (640-546 a. C.) que se inicia a filosofia da *Physis*, isto é natureza, não no sentido moderno, mas no sentido originário de realidade primeira e fundamental (REALE; ANTISERI, 2003).

Mais adiante na história, Sorocaba, Andrade e Carrilho (2008, *passim*) apresentam que em 1600 o inglês Willian Gilbert (1544-1603) criou o termo eletricidade, ao descobrir outras substâncias além do âmbar se eletrizavam por atrito. Os mesmos autores citam que o inglês Stephen Gray (1666-1736) mostrou a possibilidade de eletrizar por contato outros corpos e os materiais que conduzem eletricidade são denominados de “condutores” e outros que não conduzem seria “isolantes”; em 1773 Charles François Du Fay (1698-1739) propôs a existência de eletricidade vítrea (adquirido pelo vidro atritado) e eletricidade resinosa (adquirida por materiais resinosos quando atritados por lã); por volta de 1750 o físico e político norte-americano Benjamin Franklin (1706-1790) anunciou a teoria do fluido único, e foi o primeiro a usar a nomenclatura “positivo e negativo” na eletricidade.

Utilizando o conceito de atmosferas elétricas, Franklin tentou explicar a atração e repulsão dos corpos carregados. Os conceitos de atmosfera e a abundância/deficiência de fluido elétrico permitiram explicar os fenômenos

eletrostáticos de uma forma qualitativa (SILVA; PIMENTEL, 2008). No entanto, os autores Silva e Pimentel (2008, p.148) destacam:

[...] o conceito de conservação do fluído elétrico não foi uma contribuição exclusiva de Franklin. Antes dele, Nollet, por exemplo, já afirmava que a quantidade de fluido elétrico se conservava, porém na forma de correntes afluentes e efluentes.

[...] estudos sobre a natureza elétrica dos raios e a invenção do pára-raios que tornaram Franklin famoso e reconhecido nos vários círculos científicos europeus da época.

Além disso, o surgimento da lei de Coulomb e o princípio da superposição constituem basicamente os fenômenos da eletrostática (GRIFTHS, 2011). Foi o físico francês Charles Coulomb (1736-1806) que investigou as forças elétricas usando a balança de torção, o qual permitiu medir forças elétricas (YOUNG; FREEDMAN, 2009). A abordagem matemática das leis de Coulomb foi desenvolvido posteriormente por Green, Gauss, Maxwell e outros.

Halliday, Resnick e Walker (2003) contextualizam que as ciências da eletricidade e do magnetismo se desenvolveram separadamente durante muito tempo ao longo da história. Os autores ressaltam que mais precisamente até o ano de 1820 com Hans Cristian Oersted em uma atividade prática com estudantes de Física, ele descobriu uma ligação entre fenômenos da eletricidade e magnético. Com essa descoberta, Halliday, Resnick e Walker (2003) apontam que a ciência do eletromagnetismo, elo entre fenômenos elétricos e magnéticos, passou a ser desenvolvida por vários países. Michael Faraday (1791-1867) foi considerado um experimentalista mais ativo no que se refere a intuição e visualização de fenômenos físicos e posteriormente, em meados do século XIX, James Clerk Maxwell (1831-1879) apresentou as ideias de Faraday em um formalismo matemático consolidado (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2013).

O eletromagnetismo faz parte do conjunto de interações fundamentais na natureza: nuclear, eletromagnética e gravitacional (NUSSENZVEIG, 1997; SALAM, 1993; GRIFTHS, 2011). Nussenzveig (1997) explica que o eletromagnetismo se trata de uma interação fundamental, uma vez que as forças que interagem na escala macroscópica, são responsáveis pela estrutura da matéria, totalidade dos fenômenos físicos e químicos que intervém na vida diária. Durante o desenvolvimento da Física, a teoria eletromagnética foi apresentada por Maxwell com um formalismo matemático unificando/combinado fenômenos físicos da eletricidade e magnetismo.

## 2.1.2 As equações de Maxwell: uma nota explicativa da teoria eletromagnética para a eletrostática

No que se refere a eletrostática, Santos e Nunes (2013, p.2401-1) fundamentam:

O problema fundamental da eletrostática é: dada uma distribuição de cargas no espaço, o que acontece com uma carga (carga de prova) em algum outro lugar no espaço? A solução clássica utiliza o conceito de campo, ou seja, afirmamos que o espaço ao redor de uma carga elétrica é permeado por um campo eletrostático- “o odor eletrostático”. A carga de prova, na presença deste campo, experimenta uma força; ou seja, o campo transmite influência de uma carga para outra, ele media a interação

Na história da eletricidade observa-se o início das descobertas para eletricidade e magnetismo separadas, mas com muitas descobertas experimentais e matemáticas, como ao de: Orsted. Faraday, Maxwell e Lorentz, foi possível uma unificação de ambas as áreas da Física no que hoje se conhece como “Teoria eletromagnética” (GRIFTHS, 2011). E os princípios básicos dessa teoria estão fundamentadas em quatro equações denominadas: equações de Maxwell (cf.Tabela 1).

**Tabela 1-Equações de Maxwell**

Equações		
N	Equações na forma diferencial <sup>a</sup>	Equações na forma integral <sup>b</sup>
i)	$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\oiint_s \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{env}}{\epsilon_0}$
ii)	$\nabla \cdot \vec{B} = 0$	$\oiint_s \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$
iii)	$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	$\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\frac{\partial}{\partial t} \iint_s \vec{B} \cdot d\vec{A}$
iv)	$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$	$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 I_c + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \iint_s \vec{E} \cdot d\vec{A}$

Fonte: <sup>a</sup>Nussenzveig (2015, 1997), <sup>b</sup>Dionisio (2010), adaptado dos autores.

Nota: Nomes das equações: (i) lei de Gauss para campos elétricos; (ii) lei de Gauss para campos magnéticos; (iii) lei de Faraday; (iv) lei de Ampère-Maxwell. Unidades das grandezas<sup>1</sup>:  $[E] = N \cdot C^{-1}$  ;  $[\rho] = C \cdot m^{-3}$  ;  $[\epsilon_0] = C^2 \cdot N^{-1} \cdot m^{-2}$  ;  $[dA] = m^2$  ;  $[I_c] = A$  ;  $[\Phi_E] = N \cdot C^{-1} \cdot m^2$  ;  $[\Phi_B] = T \cdot m^2$  ;  $[d\ell] = m$  ;  $[\mu_0] = T \cdot m \cdot A^{-1}$  ;  $[J] = A \cdot m^{-2}$ .

<sup>1</sup> A grandeza vetorial está expressa na forma modular.

As grandezas  $\Phi_E$  e  $\Phi_B$ , respectivamente são fluxos elétrico e magnético. O fluxo elétrico e magnético é notado do lado esquerdo das equações na forma integral, respectivamente a equação (i) e (ii) ( $\Phi_E = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A}$ ;  $\Phi_B = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$ ).

A Tabela 1 mostra as quatro equações de Maxwell, válidas no vácuo, escritas na forma diferencial e integral.

Sobre Maxwell, Nussenzveig (1997,2015) destaca que ele ficou impressionado com as atividades experimentais sobre eletricidade de Faraday e procurou a dar uma formulação matemática às ideias de Faraday e isso é observável nas equações com o uso de operadores vetoriais tais como a divergência e rotacional.

Respectivamente as equações da tabela acima têm um nome característico, as quais se identificam como: (i) lei de Gauss para campos elétricos; (ii) lei de Gauss para campos magnéticos; (iii) lei de Faraday; (iv) lei de Ampère-Maxwell.

Nas equações pode-se elencar algumas grandezas importantes: o campo elétrico ( $\vec{E}$ ), carga elétrica ( $q_{env}$ ), densidade de carga ( $\rho$ ), campo magnético ( $\vec{B}$ ), corrente elétrica ( $I_c$ ) e densidade de corrente ( $\vec{J}$ ). Além disso, nas equações (iii) e (iv) há duas grandezas que variam com o tempo: o campo elétrico e magnético ( $\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ ;  $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ ). O  $\mu_0$  e  $\epsilon_0$  são constantes, respectivamente, a permeabilidade<sup>2</sup> do vácuo e a permissividade<sup>3</sup> do vácuo.

Adaptado do autores cf. em Griffiths (2011), Nussenzveig (2015, 1997) e Young e Freedman (2009): a equação (i) nota-se que o fluxo elétrico é proporcional as cargas envolvidas (cf forma integral) ou a divergência do campo elétrico proporciona a densidade de carga (cf. forma diferencial); para a equação (ii) retoma a definição de fluxo, mas o fluxo magnético as cargas envolvidas é zero uma vez que não se conhece a existência de mono polos magnéticos; na equação (iii) nota-se que um campo magnético variável no tempo induz um campo elétrico, na eq. iv, um campo elétrico variável induz um campo magnético. Outro aspecto relevante para salientar é quando se admite no vácuo que  $\rho$  e  $\vec{J}$  como zero: as equações apresentam simetrias da equação (i) com a (ii) e a equação (iii) com a (iv).

Então, se pelas equações apresentadas na Tabela 1 é notado uma distinção entre uma abordagem do magnetismo e a eletricidade. De acordo com Salam (1993)

---

<sup>2</sup> A constante magnética.

<sup>3</sup> A constante elétrica.

a essência da união da ciência da eletricidade e do magnetismo está em saber se a carga elétrica está em movimento ou não.

No caso estático de cargas e derivadas temporais dos campos são iguais a zero (cf. FEYMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008), as equações de Maxwell proporcionam duas áreas distintas de estudo no eletromagnetismo: a eletrostática e a magnetostática. Para o caso da eletrostática as duas equações definidas são:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (1)$$

$$\nabla \times \vec{E} = 0 \quad (2)$$

A equação (2) expressa que o rotacional do campo elétrico é zero e implica que o campo é conservativo. A outra equação demonstra a divergência de um campo elétrico vetorial. As duas equações descrevem todos os fenômenos físicos da eletrostática.

## 2.2 CONTEXTUALIZANDO A ELETROSTÁTICA E A LINGUAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO

No ensino médio, considerando o contexto brasileiro, os métodos matemáticos que justificam as expressões físicas dos fenômenos da eletrostática são simplificadas sem a necessidade métodos de cálculo diferencial e integral.

Contextualizando a eletrostática apresentando fenômenos com linguagem matemática básica ao nível cognitivo de alunos do ensino médio, são destacados pelos autores Yamamoto e Fuke (2013), Barreto Filho e Silva (2013) e Gaspar (2013). Esses autores fazem parte de um conjunto de livros do “Guia do livro didático, do Programa Nacional do Livro Didático-PNLD, 2015” (Cf. BRASIL, 2014).

Para situar a linguagem matemática dos fenômenos físicos da Eletrostática, no estudo de Rego *et al.* (2017) analisou os conteúdos de ensino da eletrostática a partir de uma abordagem qualitativa e apresentou as habilidades necessárias para compreensão das expressões matemáticas.

O quadro abaixo mostra a síntese proposta pelos autores. O conteúdo apresentado sintetiza várias grandezas físicas e expressões que são abordadas no ensino médio e estão presentes nos livros didáticos de Física. As habilidades categorizadas pelos autores Rego *et al.* (2017) no que se refere a linguagem matemática dos fenômenos físicos da eletrostática mais relevantes foram: a

potenciação e propriedades; grandezas direta e inversamente proporcionais; média aritmética, bem como a álgebra vetorial.

**Quadro 1-**Fenômenos da eletrostática, expressão matemática e análise de conteúdo

Conteúdo	Expressão matemática	Análise de conteúdo sobre as habilidades (capacidades)
princípio da conservação das cargas	$Q_1 + Q_2 = Q'_1 + Q'_2$	potenciação e suas propriedades
eletrização por contato	$Q_f = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$	potenciação e propriedades; média aritmética
lei de Coulomb	$F_e = k_0 \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$	potenciação e suas propriedades; grandeza proporcional e inversa
força elétrica resultante	$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$	potenciação e propriedades; álgebra vetorial
vetor campo elétrico	$\vec{F}_e = q\vec{E}$	potenciação e suas propriedades; grandeza proporcional
campo elétrico de uma carga pontual	$E = k_0 \cdot \frac{Q}{r^2}$	potenciação e propriedades; grandeza proporcional e inversa
campo elétrico resultante de várias cargas pontuais	$\vec{E}_R = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$	potenciação e propriedades; álgebra vetorial
trabalho da força elétrica	$\tau = k \frac{Qq}{d}$	potenciação e suas propriedades; grandeza proporcional e inversa
energia potencial elétrica	$\varepsilon = k \cdot \frac{Qq}{r}$	potenciação e suas propriedades; grandeza proporcional e inversa
potencial elétrico	$V = \frac{\varepsilon}{q}$ e $V = k \frac{Q}{r}$	potenciação e suas propriedades; grandeza proporcional e inversa
potencial elétrico de várias cargas puntiformes	$V_R = V_1 + V_2 + \dots + V_n$	potenciação e suas propriedades
capacitância	$C = \frac{Q}{V}$	potenciação e suas propriedades; grandeza proporcional e inversa

Fonte: Rego *et al.* (2017)

As grandezas direta e inversamente proporcionais são bastante úteis no ensino ao relacionar com os fenômenos da eletrostática, para situar, conforme a subseção anterior, tem-se os conteúdos de ensino: a lei de Coulomb, campo elétrico, o trabalho da força elétrica, energia potencial elétrica, potencial elétrico e capacitância.

No entanto ao se referir a grandeza vetorial, no ensino da eletrostática, os livros didáticos apresentam problemas que envolvem a abordagem vetorial para força elétrica resultante e campo elétrico resultante, conforme apresentam as literaturas didáticas para o ensino médio Ramalho Jr., Ferraro e Soares (2009) e Gaspar (2013).

Em outro estudo, em Hadad *et al.* (2017), também apresentou análise de livros didáticos sobre a linguagem matemática, mas foi contextualizando o estudo do eletromagnetismo com ênfase sobre o ensino de ondas eletromagnéticas. Segundo os autores, as habilidades para os alunos do ensino médio para o estudo das ondas

eletromagnéticas foram: propriedades da potência, multiplicação e divisão de números reais, relações trigonométricas e grandezas direta e inversamente proporcionais.

Não somente a linguagem matemática, mas outras questões envolvidas no ensino da eletrostática, por exemplo, a história da eletricidade, fenômenos físicos eletrostáticos e leis necessitam de um cuidado na prática pedagógica para passar o conhecimento científico para o nível de ensino médio.

É nesse cuidado de passagem de conhecimento que Chevallard contextualizou e investigou: a Transposição Didática (TD) (CHEVALLARD *apud* CORDEIRO; PEDUZZI, 2013). Para Chevallard (1988) a transposição didática compreende à passagem do conhecimento como instrumento útil para o conhecimento a ser ensinado.

Sobre essa passagem de conhecimento, os autores Cordeiro e Peduzzi (2013) chamam a atenção que em alguns textos de livros de Ciências apresentam determinada sequência lógica de conteúdo, porém não há uma abordagem da origem histórica e filosófica do contexto do conhecimento.

Assim, percebe-se que a linguagem matemática dos conteúdos de temas da eletrostática, no ensino médio, é útil e básico para explicar fenômenos eletrostáticos (cf. Quadro 1). Entretanto, salienta-se que a linguagem matemática empregada é importante, mas não é a principal linguagem no processo de ensino e aprendizagem da Física.

## 2.3 PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM E TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

### 2.3.1 Ensino de física e aprendizagem

#### 2.3.1.1 Ensino de Física

A Física é uma ciência factual natural que faz parte de uma grande área de conhecimento: as ciências naturais (Cf. LAKATOS; MARCONI, 2004). Atualmente a ciência da Física encontra-se inserida na “Educação” e compõe o sistema de ensino de um país.

Não apenas a Educação e o currículo são consideradas práticas sociais e culturais sistematizada, mas como também o ensino (AGUIAR JR., 2002). O ensino

de Física faz parte de uma prática social que complementa o currículo, especialmente no ensino médio.

Gleiser (2000, *passim*) ressalta que ensinar Física não é uma tarefa fácil; o professor ao ensinar estabelece uma relação com o ouvinte e a parte mais difícil no ensino da Física pressupõe que a tradução do fenômeno observado em linguagem simbólica. O autor é enfático que o ensino da Física deve se conectar a visualização do fenômeno e sua expressão matemática.

O ensino e o conhecimento da área Física são merecedores em apresentar o mundo real descrevendo, explicitando e traduzindo fenômenos em uma linguagem matemática. Essas são algumas características da ciência da Física. No Brasil, Menezes (2000, p.7) destaca que

[...] do conhecimento em Física proposto para o novo ensino médio nos PCN estas características gerais estarão presentes. Por exemplo, tanto as linguagens específicas da Física, derivadas de modelagens do mundo macroscópico ou microscópico e instrumentais para certas representações abstratas de eventos e processos, como outras linguagens que a física faz uso, a exemplo da matemática, como as expressões algébricas, os gráficos cartesianos ou representações estatísticas, umas e outras passam a ser parte dos objetivos formativos do aprendizado da física, não simples pré-requisitos que o professor deve esperar que o aluno tenha adquirido em outra disciplina ou em outra circunstância.

Pietrocola (2001) deu ênfase que é necessário mostrar na escola as possibilidades oferecidas pela Física e a ciência como formas de construção de realidade sobre o mundo.

Em Menezes (2000) e Pietrocola (2001) observa-se um discurso de um ensino de Física em face a apresentação da realidade: apresentação de um mundo, seja ele microscópico ou macroscópico. O aluno deve aprender o real, o universo que o circula, o cotidiano e a natureza.

Nesse aspecto, ainda mais no ensino, Cardoso e Dickman (2012) complementam que se deve elaborar aulas interessantes com prevalência da metodologia e não apenas o conteúdo, mas também o raciocínio científico, o aluno pesquisador e o desenvolvimento da estrutura cognitiva.

Inclusive estudantes de ensino superior em Física estão inseridos numa construção e entendimento da realidade no meio em que vivem. Em um estudo de Manzini (2007) destacou que uma aplicação de um roteiro pedagógico pode promover uma ação pedagógica em face a necessidade do aluno o qual tem de obter explicações para o mundo que o cerca.

### 2.3.1.2 Aprendizagem

É perceptível no humano que a aprendizagem é contínua no meio social, pois a cada instante se aprende. Não só no espaço formal de educação, mas como também no meio informal (família, amigos, etc.). A aprendizagem faz indicar os níveis de saber nos variados tipos de aquisições, conforme Inacio (2007): o domínio cognitivo (saber-saber), domínio psico-motor (saber-fazer), domínio sócio-afetivo (saber-ser/saber-estar).

Esses níveis de saber foram ressaltados por Delors (1998) como os quatro pilares da educação. Segundo ele, a educação deve fundamentar-se de quatro aprendizagens fundamentais ao longo da vida.

[...] os pilares do conhecimento: aprender a conhecer, isto é adquirir os instrumentos da compreensão; aprender a fazer, para poder agir sobre o meio envolvente; aprender a viver juntos, a fim de participar e cooperar com os outros em todas as atividades humanas; finalmente aprender a ser, via essencial que integra as três precedentes. É claro que estas quatro vias do saber constituem apenas uma, dado que existem entre elas múltiplos pontos de contato, de relacionamento e de permuta (DELORS, 1998, p.90).

Delors (1998), fez um imperativo que os pilares do conhecimento citados são objetos de atenção igual por parte do ensino estruturado de maneira que educação apareça como experiência global. Werthein e Cunha (2000) explicam que os pilares propostos por Delors não podem ser pensados isoladamente, uma vez que na prática eles interagem, são interdependentes e possuem fundamento na dialética do sujeito.

### 2.3.1.3 Aprendizagem significativa de Ausubel

Uma teoria de aprendizagem, conforme Moreira (1999), trata-se de uma elaboração humana para interpretar de forma sistêmica uma área do conhecimento denominada aprendizagem e isso na prática, não se aplica com rigor. O mesmo autor explica que a teoria de Ausubel tem como elemento central a aprendizagem significativa e ela foi denominada como um processo em que uma nova informação se relaciona com um aspecto específico relevante da estrutura do conhecimento de uma pessoa e isso é definido como subsunção. Mais adiante, o autor, exemplifica que em Física o conceito de força e campo já fazem parte da estrutura cognitiva do aluno

e eles servirão de subsunçores para as novas informações, tais como: força elétrica, campo elétrico, campo magnético, etc.

Então um conceito, ideia ou uma proposição existente na estrutura cognitiva de quem aprende é um subsunçor que serve de ancoradouro, ressalta Moreira (2009a). O mesmo autor ainda explica que é nesse momento que ocorre a aprendizagem significativa, isto é, a nova informação (conceito, ideia, conteúdo) liga-se com conceitos potencialmente relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva do aluno.

Nesse contexto, na prática pedagógica o docente de física, da terceira série do ensino médio, aplica procedimentos didáticos para alcançar os objetivos da aula. E durante as aulas em algum momento o professor pode usar recursos tecnológicos, objetos de aprendizagem. Esses objetos de aprendizagem são apresentados como exemplo por Monteiro *et al.* (2006), tais como: animações interativas, textos eletrônicos e mapa conceituais. Segundo esses autores o uso objetos digitais de aprendizagem são ferramentas pedagógicas valiosas e há conceitos da teoria ausubeliana da aprendizagem que permitem a idealização destas ferramentas (cf. MONTEIRO *et al.*, 2006).

#### 2.3.1.4 Aprendizagem interacionista de Vygostsky

O homem é um ser social por excelência e com interação com a sociedade se desenvolve (BRUSCATO; MORS, 2014). A interação com outro pela linguagem se permite a criação do mundo e o meio social (MORETTO, 2003).

As representações, assim como o comércio intelectual dos homens são pontos de partida do comportamento material de maneira que as representações e ideias são produzidas pelo homem (MARX; ENGELS, 1998). Nesse contexto, durante uma exposição de aula, no processo de ensino-aprendizagem em física, o aluno precisa interagir seja com o colega ou o professor. Os subsunçores do aluno, muitas vezes, são compartilhados com o outro na sala de aula e o ponto importante é a comunicação, a fala, a linguagem.

Para Atkinson *et al.* (2002) o pensamento tem como meio de comunicação a linguagem, pois ela é universal e todo ser humano com inteligência normal adquire seu idioma nativo, uma vez que o uso da linguagem apresenta dois aspectos: a produção e a compreensão.

A compreensão de um conceito, por parte do aluno, envolve conhecimento sistemático e Vygotsky (2008, p.103) ressalta que “Para se criar métodos eficientes para a instrução das crianças em idade escolar no conhecimento sistemático, é necessário entender o desenvolvimento dos conceitos científicos na mente da criança”.

É na aprendizagem, especialmente no desenvolvimento cognitivo, que Vigotsky (1896-1934) declarou que esse desenvolvimento não pode ser compreendido sem a menção do contexto social e cultural onde é ocorrido (MOREIRA, 1999, 2009b). Mais adiante Moreira (1999, 2009b) ressalta que é com instrumentação e sistemas de signos (indicadores, icônicos e simbólicos) que ocorre o desenvolvimento cognitivo; bem como a aquisição de significados ligados diretamente com a interação social.

Uma implicação da abordagem vygotskiana para o ensino de Física é a afirmação de que a introdução de um novo signo na atividade psicológica causa uma transformação fundamental das funções mentais superiores. Um novo texto de apoio, um experimento didático, uma simulação computacional, entre outras inovações, têm o potencial de causar mudanças significativas no modo como os estudantes realizam determinadas atividades mentais, ou, ainda, propiciar aos estudantes uma forma de realizar certas atividades mentais que não poderiam ser realizadas sem o auxílio do signo em questão (PEREIRA; LIMA JUNIOR, 2014, p.531).

Só para situar, Moreira (2009b) explica que a linguagem, no pensamento Vygotskyano, representa o mais importante sistema de signo para o desenvolvimento cognitivo e o desenvolvimento da linguagem; inicia-se de uma fala social (comunicação) para a fala egocêntrica (linguagem como mediadora) e a partir dessa, para a fala interna.

A aprendizagem é resultado de pluralidade de linguagens com suas diversas formas de representações e isso representa um mecanismo pedagógico essencial (LABURU; ZOMPERO; BARROS, 2013), uma vez que na teoria vygotskyana o aprendizado ocorre inicialmente no nível interpessoal e posteriormente no nível intrapessoal (WERLANG *et al.*, 2012).

Para explicar esse mecanismo, Vygotsky apresenta em sua teoria a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) que é definida como uma diferença em que a pessoa faz sozinha e aquilo que consegue fazer com a mediação social (BRUSCATO; MORS, 2014). É nesse contexto que Vygotsky incorpora dialética de um desenvolvimento real e desenvolvimento potencial (ELHAMMOUMI, 2010). Ou seja, a ZDP é na perspectiva de Vygotsky como a distância entre o nível de desenvolvimento

cognitivo real da pessoa, esse medido pela sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido através da solução de problemas sob a orientação por alguém ou em colaboração com companheiros mais capazes (VYGOTSKY, 1988 *apud* MOREIRA, 2009b).

## **2.3.2 Tecnologia de Informação e comunicação (TIC) e ensino de Física**

### *2.3.2.1 A Tecnologia de informação e comunicação (TIC)*

A UNESCO (2008) destaca que as TIC's estão presentes na maioria das atividades realizadas na sociedade. Atualmente no mundo globalizado, será mais competitivo aquele que saiba onde o conhecimento está e pôr-se destaque na história, e não como mero consumidor de informações repassadas por outros. Muitas regiões metropolitanas da América Latina (Brasil, Argentina, Chile, Colômbia e México) possuem juntas 42 milhões de pessoas que acessam a internet de casa, pelo menos uma vez por mês.

A inclusão de sala de informática em uma escola não é algo fácil. Isso é um desafio para todos os que compõem uma unidade escolar. A UNESCO (2016) esclarece que o desafio é equipar as tecnologias de modo que possa atender interesse dos alunos e a comunidade de ensino e aprendizagem. As TIC's podem contribuir com acesso universal a educação; a equidade na educação; desenvolvimento profissional de professores, qualidade de ensino e aprendizagem, entre outros.

### *2.3.2.2 O Brasil com produção de dados na internet: o docente de Física em face aos recursos tecnológicos*

A figura 18 abaixo mostra dados adaptados do Comitê Gestor da *Internet* no Brasil-CGI (2016) de “*Ten years producing data on the internet in Brasil*”<sup>4</sup>. Conforme os dados da CGI (2016), observa-se que a proporção de famílias com computadores e acesso à *internet* tiveram um crescimento relevante entre 2005 e 2014 (cf. figura 1A).

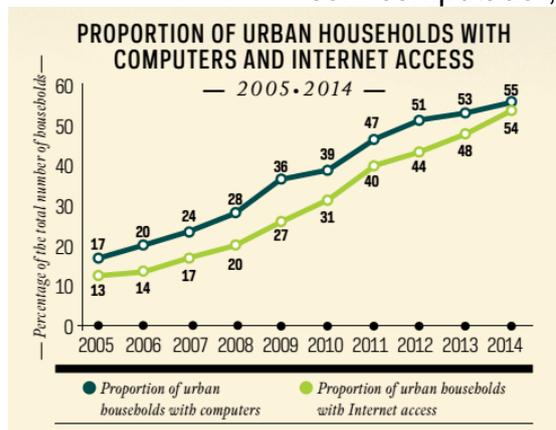
---

<sup>4</sup> Tradução: “Dez anos produzindo dados na internet no Brasil”.

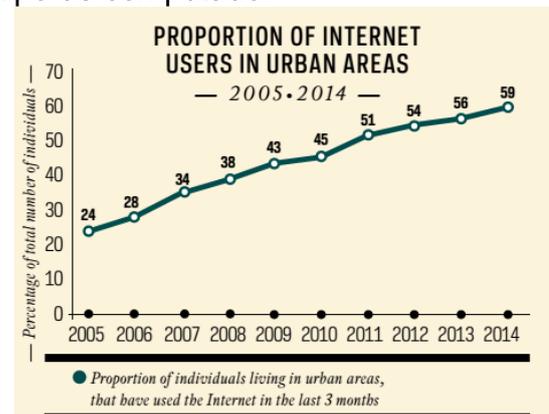
No mesmo período, aumentou a proporção de usuários de *internet* em áreas urbanas (cf. Figura 1B), e ao mesmo tempo entre 2008 a 2014 houve uma amplitude percentual de 10 para 60 de famílias com “*Portabel Computer*” (cf. Figura 1D). Na figura 1C, os resultados indicam que empresas com acesso à *internet*, *websites* mantem-se presente entre os anos de 2005 a 2014. No período entre os anos de 2012 a 2014 há uma tendência crescente de empresas com presenças em redes sociais (CGI, 2016).

Os dados na Figura 1, refletem nas habilidades das pessoas para o conhecimento de forma geral.

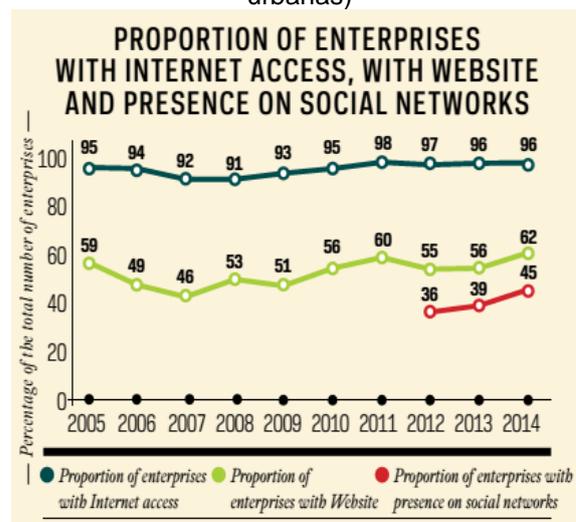
**Figura 1**-Proporção de famílias com computador e acesso à *internet*; proporção de usuários de *internet* em áreas urbanas; proporção de empresas/empreendimentos com acesso à *internet*, *website* e presença em rede social; proporção de famílias com computador, por tipo de computador



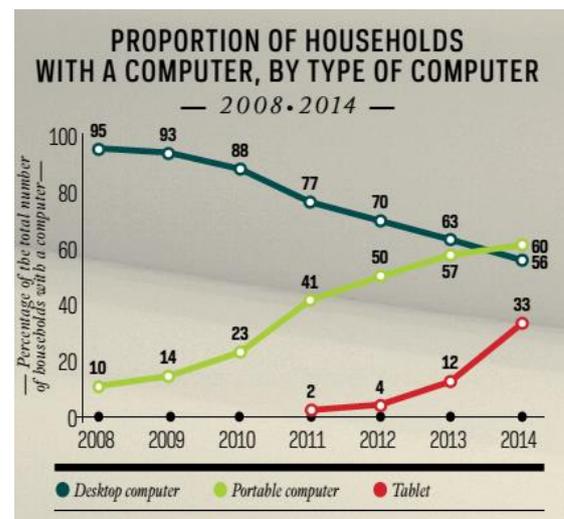
(Figura 1A-proporção de famílias com computador e acesso a *internet* em áreas urbanas)



(Figura 1B-proporção de usuários com *internet* em áreas urbanas)



(Figura 1C-proporção de empresas/empreendimentos com acesso a *internet*, *websites* e rede sociais)



(Figura 1D-proporção de residências com computador e tipo de computador)

Somente para situar, o estudante do ensino médio há curiosidade do uso de rede social, acessar sites, usar ambientes virtuais e jogos virtuais, entre outros. Isso permite um nova realidade e comunicação com as outras pessoas.

Dentro desse contexto, é importante que o docente da disciplina de física faça uso de recursos tecnológicos para que possa haver uma proximidade da realidade do cotidiano do aluno. O planejamento da aula para utilização de TIC's para determinados conteúdos de ensino pode ser útil e vantajoso, especialmente, para assunto do ensino da eletrostática. Essa apresenta muitos fenômenos físicos que são abstratos para a compreensão do mundo físico.

### 2.3.2.3 TIC's , Ciências e Física

A utilização de TIC's no ensino de ciências no aspecto geral, e no ensino de Física especialmente tem se expandindo nos últimos anos, conforme Paula e Talim (2012). Esses mesmos autores, apresentaram as tecnologias mais utilizadas no ensino de ciências no Brasil, tais como: animações; simulações; laboratórios virtuais; laboratórios com uso de sensores e aquisição automática de dados; os *softwares* para tratamento de dados e medidas de atividades de laboratório; software para modelagem de fenômenos a partir de análise de vídeos.

Como resultado da expansão dessas tecnologias, é notório a presença de muitas pesquisas na área da TIC. Silva e Mercado (2015) apresentou um estudo em que com 1269 unidades de periódicos e a partir de sua análise foi possível levantar 824 artigos relacionados às áreas de Educação a distância (EAD) ou TIC, dados de frequência temporal entre 1994 e 2013.

Na Física, há um destaque em ambiente eletrônico do uso de simulações e animações virtuais das mais variadas áreas da Física e níveis de ensino: fundamental, médio e superior. Muitos sítios (*sites*) possuem ambientes de aprendizagem que simulam e/ou descrevem certos fenômenos físicos.

O quadro abaixo apresenta alguns sítios e indicações de simulações computacionais em Física com variados temas e fenômenos.

**Quadro 2-Ambiente de simulação computacional, sítio e descrição**

Ambiente	Sítio	Descrição
Laboratório Didático Virtual	<a href="http://www.labvirt.fe.usp.br/index.asp">http://www.labvirt.fe.usp.br/index.asp</a>	Trata-se de um ambiente didático virtual de aprendizagem da Universidade de São Paulo (cf. USP, 2016)
<i>Phet Interactive simulations</i>	<a href="http://phet.colorado.edu/">http://phet.colorado.edu/</a>	Ambiente com a presença de simulações em Matemática e Ciências Interativa (cf. UC, 2016).
<i>Flash Physics animations</i> (ION, 2016)	<a href="http://science.sbccc.edu/physics/flash/index.html">http://science.sbccc.edu/physics/flash/index.html</a>	Em Santa Barbara City College (SBCC) (2016) apresenta o sítio com animações em <i>flash</i> para área da física.
<i>Flash animations for Physics</i>	<a href="http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/">http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/</a>	Animações em <i>flash</i> por Harrison (2016) do departamento de Física, Universidade de Toronto.

Fonte: elaboração própria.

## 2.4 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CONTEXTO: A LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO, A FÍSICA COMPUTACIONAL, ANIMAÇÃO E A MODELAGEM COMPUTACIONAL

A presente subseção textual tem por objetivo apresentar uma contextualização sobre a simulação computacional retomando para o enfoque do ensino de Física. Inicialmente é apresentada uma breve descrição acerca da linguagem de programação; uma abordagem sobre a linguagem *ActionScript*, uma explicação acerca de simulação computacional, animação e modelagem computacional.

Além disso, foi feita uma produção textual contextualizando o ensino de Física. E ao final apresenta-se algumas contribuições de desenvolvimentos de trabalhos sobre simulação computacional em *flash* para o ensino de Física.

## **2.4.1 Contextualizando a linguagem de programação**

### *2.4.1.1 Tipologias*

A linguagem de programação, segundo Paulo Filho (2013), apresenta várias aplicabilidades que podem ser construídos e modificados através de um programa de modo que a maioria das aplicações são procedimentais ou algorítmicas. Nesse ponto de vista, embora exista linguagens não procedimentais, o mesmo autor ainda explica que “[...] os programas são escritos na forma de receitas que descrevem passo a passo a realização de procedimentos ou algoritmos.” (PAULA FILHO, 2013, p.32). Sobre esse aspecto, Forbellone e Eberspächer (2005) definem o algoritmo como uma sequência de passos afim de alcançar um determinado objetivo.

Sebesta (2000) destaca que a linguagem de programação apresenta critério de avaliação e características que as afetam. Segundo o autor os critérios de avaliação da linguagem podem ser: legibilidade, capacidade de escrita e confiabilidade; enquanto que as características são: simplicidade/ortogonalidade, estrutura de controles, tipos de dados e estrutura, projeto de sintaxe, entre outros.

Existem várias linguagens de programação tais como: *Fortran*, *ALGOL*, *BASIC*, *SIMULA*, *Cobol*, *Java*, *C*, *Pascal* entre outros (cf. SEBESTA, 2011, 2000, PAULA FILHO, 2013). Entre várias aplicações, a linguagem *FORTTRAN* se destaca como a pioneira em aplicações científicas e posteriormente a *ALGOL 60* e suas descendentes (SEBESTA, 2000).

Sebesta (2011, passim) destaca ainda que as linguagens de programação possuem classificações tais como: a) imperativa : possui a linguagem visual (LV) como subcategoria de modo que a LV permite uma forma simples para gerar interfaces

gráficas de usuários para programas; em particular a linguagem por *scripting* é imperativa, por exemplo a *JavaScript*, *Ruby* e *Perl*; b) funcional (apresenta suporte para programação orientada a objetos); c) lógica (baseada em regras que são úteis para produção de resultados determinados) ; d) orientadas aos objetos.

Sobre Programação Orientada a objetos (POO), Santos (2003), na literatura dele, esclarece que o POO é denominado um paradigma de programação de computadores de modo que se faz uso de classe e objetos produzidos a partir de modelos para representar e processar dados utilizado programas de computadores.

#### 2.4.2 A linguagem *ActionScript* (AS)

É notório ao longo da história da ciência da computação que há uma diversidade de linguagens de programação e que apresenta uma genealogia (cf. SEBESTA, 2000, 2011) sendo que cada um tipo de linguagem tem suas funções, aplicabilidades em diversos setores sociais e em especial as ciências. No entanto há um tipo de linguagem que no contexto histórico atual da computação assumiu um papel importante para a animação de movimento: o *ActionScript*.

Barbatana (2003) esclarece que o AS aliada ao *Flash* e com avanços proporcionou o *Flash* como uma ferramenta relevante e poderosa para desenvolver mídias interativas.

A versões do *Adobe Flash* foram várias, recentemente a ADOBE (2017a) apresentou a evolução das versões do *Adobe Flash Professional*, entre a versão CS3 para a versão atual, *Animated CC* (antigo *Flash Professional*) comparando os principais recursos das versões. Nessa mesma literatura, destaca-se nessa evolução muitos recursos e possibilidades sobre a linguagem AS, tais como: versão *ActionScript* 3.0, conversões de animações em *ActionScript*, editor de *ActionScript*, animação baseada em objetos, animação 3D, entre outros.

Além disso, a versão *ActionScript* 3.0 apresenta muitas classes similarmente as das versões anteriores (AS 1.0 e AS.2.0) mas com diferenças e conceitos de arquitetura, facilita a criação de aplicativos com maiores complexidades, bases de códigos que podem ser reutilizados orientados a objetos (ADOBE, 2017b).

Para ilustrar, a Figura 2 abaixo mostra a tela da cena de uma simulação computacional no *Adobe Flash Professional* CS6. O item (c) indica alguns objetos no

palco, são eles: o botão (B\_A); uma esfera de cor vermelha que na simulação representa um corpo eletrizado; texto “ $-q_0$ ” e “carga de prova”.

No palco observa-se linhas em cor azul na horizontal e vertical que podem ser utilizadas com orientação da régua (cf nas bordas próxima ao palco).

Em (d) tem-se os *menus* para controle e observação do “*Timeline*”, isto é a linha de tempo da animação controlada e utilizada para manipulação dela (cf. Figura 3). Na *Timeline* tem-se os *frames* na linha de tempo.

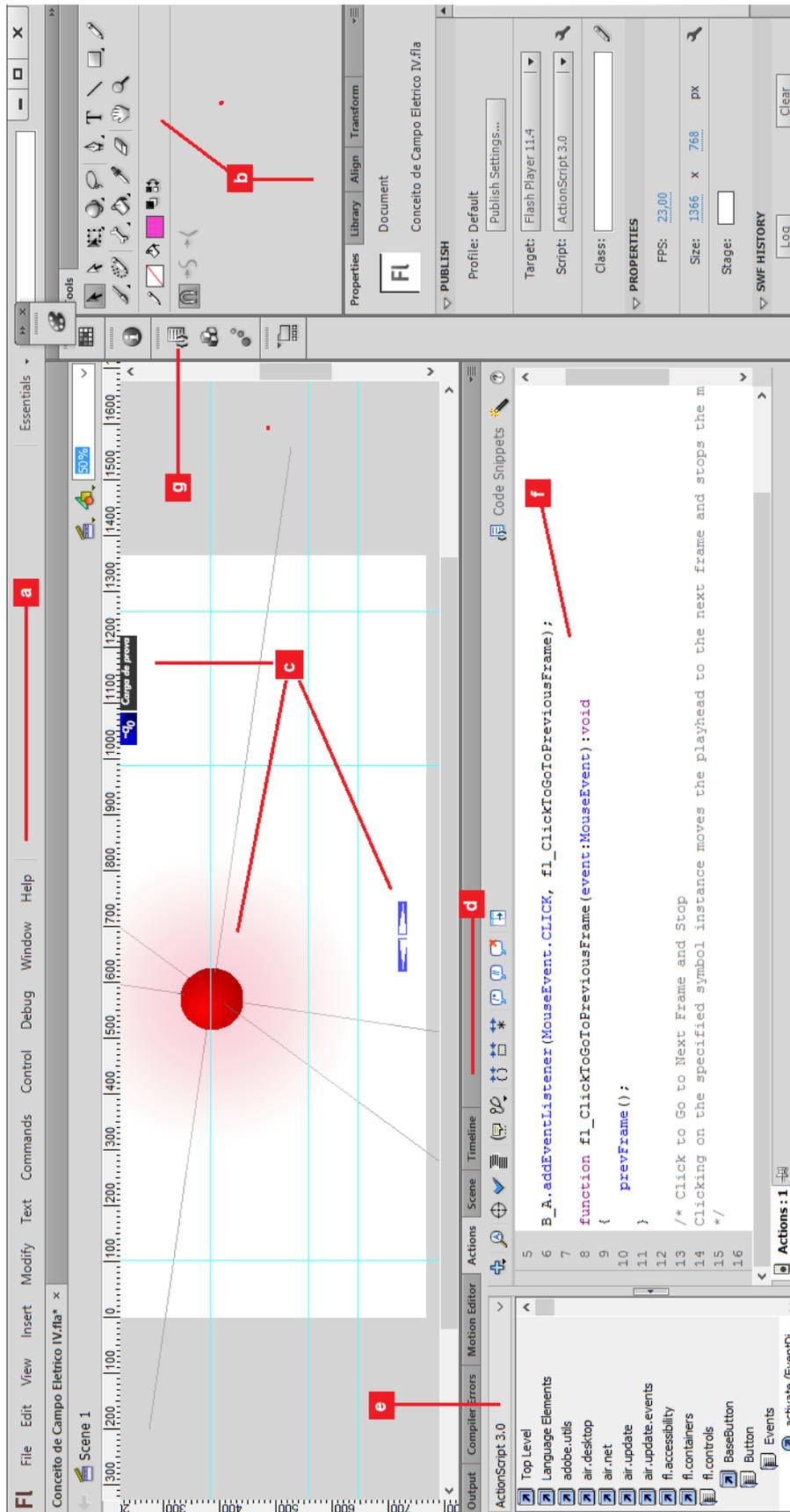
Na Figura 3 (item (d)) um *frame* preenchido com ponto negrito representa um objeto; de um *frame* para outro com uma seta representa que a ação *classic tween* foi aplicada no objeto para realização de alguma animação. Nos *frames* pode-se atribuir a aplicação de um AS no objeto.

O ambiente da escolha da versão do AS é indicado em (e), na Figura 2. O item (f) representa o painel para inclusão da sintaxe do AS para o objeto. Para ilustrar, os objetos necessitam ser instanciados (nomeados) para inclusão de alguma AS. Por exemplo, um botão para passar a tela (cf. indicação em (c), Figura 2) foi instanciado como: *B\_A*, e no painel de *Actions* observa-se a utilização da linguagem de programação *ActionScript* orientada ao objeto da animação.

Na figura 2, mostra a tela de uma simulação computacional elaborada no programa *Adobe Flash Professional CS6*, em:

- (a) diz respeito aos menus básicos do programa: arquivo, editar, modificar, comandos, controles, etc.;
- (b) ambiente de ferramentas para criação de objetos/desenhos, edição, formatação. Logo a abaixo os menus para estrutura e aplicações nos objetos/desenhos alinhamento (*Align*), propriedades (*Properties*) e transformações (*Transform*). Também está incluso uma biblioteca (*Library*) de objetos, ícones e outros que podem ser utilizados pelo usuário para uma animação. Nessa biblioteca pode-se monitorar a entrada e saída de objetos;
- (c) apresentação gráfica de um objeto no palco e um botão;
- (d) menus para visualizar a linha do tempo (*timeline*), ações (*actions*) e cenas (*scene*);
- (e) visualização da lista de códigos de programação ao clicar no menu “*actions*”; (f) ambiente para inclusão da sintaxe e códigos da linguagem de programação.

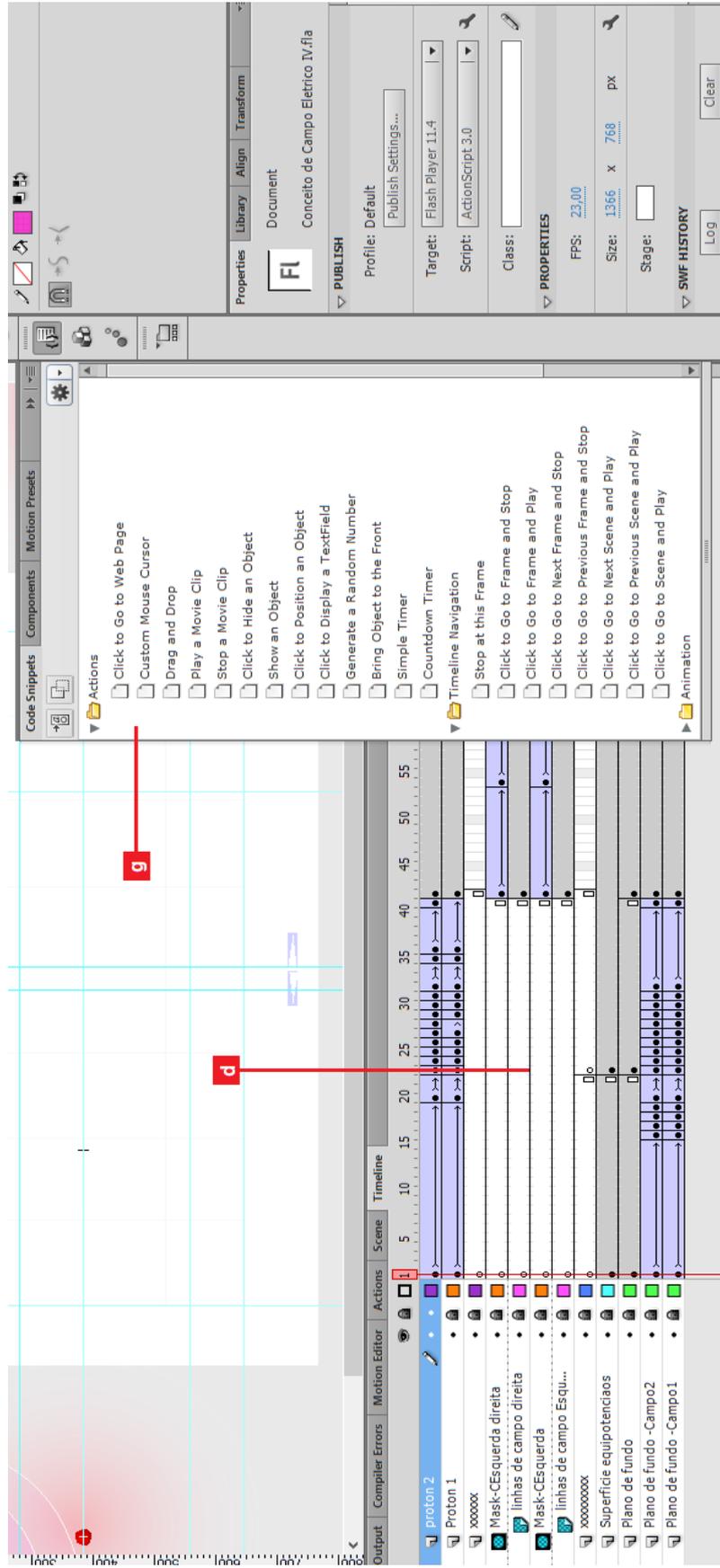
Figura 2-Print Screen de uma simulação computacional de um conteúdo da eletrostática



Fonte: Arquivo pessoal, elaboração própria para pesquisa.

Figura 3-Demonstração de uma cena da simulação computacional em Flash de um tema da eletrostática

com indicação do *Timeline* e *Code Snippets*



Fonte: Arquivo pessoal, elaboração própria para a pesquisa.

Nota: (g) Indicação do *Code Snippets* com um conjunto de opções para controle de *Actions*, *Timeline Navigation*, *Animation* e outros. Nesse ambiente o usuário encontra *ActionScript* elaboradoras para aplicar em orientação a objeto. (d) apresenta a indicação da *Timeline* em que o usuário pode controlar, editar e realizar a animação. Muito útil para aplicação de um *ActionScript* e/ou uso da ferramenta *create motion tween*.

### 2.4.3 A Física computacional e a linguagem de programação

A Física computacional trata-se de uma área de interesse científico relevante em virtude do grande desenvolvimento da computação, esclarece Bustos (2005). O mesmo autor ainda ressalta que a Física computacional complementa em boa parte áreas de conhecimento da Física e com a ajuda dela amplia-se o saber.

A produção textual de Silva (2005) contextualiza a Física computacional com simulação computacional. Segundo o autor:

Como as situações físicas de interesse são na maior parte das vezes extremamente complexas, resultados analíticos são obtidos em geral para condições altamente simplificadas. Apesar disso, essas soluções são bastante úteis para entendermos os possíveis comportamentos qualitativos de um sistema.

Quando soluções mais próximas da realidade são necessárias, a utilização do computador faz-se imprescindível. Isso levou ao que é hoje em dia considerada por muitos como uma nova especialidade, a da Física computacional. Simulações computacionais tem sido utilizada nas mais variadas áreas do conhecimento [...] (SILVA, 2005, p. 91).

Está claro nos dois autores citados que a evolução da computação proporcionou uma nova área do saber da Física. A respeito da computação, Pang (2006) ressalta que ela tem se tornado uma maneira essencial para o estudo científico.

Nesse conjunto de conteúdos matemáticos, a utilização de uma linguagem de programação para análise de resultados é essencial. Em outra literatura, Pereira (2015) apresenta recursos numéricos e computacionais disponíveis para a solução de problemas científicos de interesse prático. A literatura aborda a diferença de programação algébrica e numérica; a linguagem algorítmica, introdução a programação *Fortran*; introdução ao *MatLab*, comandos de entrada/saída *arrays-Fortran*/tópicos de cálculo em *Maple*; programação no *MatLab*; funções *Fortran*; cálculo simbólico em *MatLab*, interpolação e *fitting* de curvas; introdução aos métodos numéricos com programação; métodos numéricos com programação; métodos numéricos com programação-integração; processamento digital de imagens usando o *MatLab*.

Diante dessas mais variadas aplicações de linguagem de programação, observa-se a amplitude de relação delas para interesse físico com ênfase nos métodos matemáticos.

#### **2.4.4 Simulação computacional, animação e a modelagem computacional: aspectos explicativos**

Há uma relação muito próxima e complementar ao se referir os termos: simulação computacional, animação e modelagem computacional.

Não apenas à simulação computacional como também as animações podem ser usadas para representação de um fenômeno físico. Sob o ponto de vista de interesse físico, elas estão próximas. Nesse aspecto há uma explicação para isso e Macedo (2009) destaca que a simulação pode abranger uma animação, no entanto a simulação é extensiva pois pode ser viável a modificação de parâmetro, evento ou de grandezas físicas envolvidas nela.

A respeito de animação, Paula Filho (2013) explica que, na atualidade, a elaboração dela por computador corresponde uma área de alto avanço da computação gráfica de interesse de uso na indústria cinematográfica, visualização técnica e científica.

Por outro lado, a modelagem computacional aplicada à Física tem enfoques específicos. Veit e Araújo (2005, p.5) destacaram que:

A modelagem computacional aplicada a problemas de Física transfere para os computadores a tarefa de realizar os cálculos-numéricos e/ou algébricos-deixando o físico ou o estudante de Física com maior tempo para pensar nas hipóteses assumidas, na interpretação das soluções, no contexto de validade dos modelos e nas possíveis generalizações/expansões do modelo que possam ser realizadas.

Para simular é necessário um modelo. Sobre simulação, Gavira (2003), em sua dissertação, versa sobre o assunto e destaca que ela vem sendo muito empregada em diversas áreas do conhecimento. O mesmo autor ainda destaca que a existência de variados recursos computacionais e o aumento de problemas são fatores que justificam a empregabilidade da simulação.

Afim de obter um simulador ideal Heckler (2004) ressalta que o desenvolvimento dele exige um amplo conhecimento técnico da informática, linguagem de programação, bem como o domínio e controle de abordagem matemática em relação ao fenômeno simulado. Heckler (2004), ainda destaca que a simulação produz estados de fenômenos. Ela pode ser classificada, conforme Coelho (2002): em estática (apresenta pouco ou nenhum parâmetro de interação com a

simulação) ou dinâmica (envolve interação com modificação de parâmetro da simulação).

Assim, baseado na literatura citada é consistente a relação entre animação com simulação computacional e a aplicabilidade da modelagem computacional. É possível ampliar o desenvolvimento delas em virtude de recursos computacionais acessíveis e variadas linguagens de programação.

Com finalidade na aprendizagem elas são umas das formas de recursos didáticos para o ensino da Física. Um estudo de revisão da literatura de Araújo e Veit (2004) sobre TIC's no ensino de Física no nível médio e superior mostrou uma grande amplitude de trabalhos com ênfase em simulações computacionais.

Como forma de recurso didático, Silva, Germano e Mariano (2011) apresentou o *SimQuest* como uma ferramenta de modelagem computacional (FMC) útil para o ensino da Física. Os autores explicam que o *SimQuest* na versão 5.3 (desenvolvido em linguagem C) e a versão 6.3 (desenvolvido em *Java*) permite a construção de objeto de aprendizagem e que proporciona a criação de modelo matemático, aquisição e análise de resultados (SILVA; GERMANO; MARIANO, 2011, passim). A FMC *SimQuest* foi desenvolvida pela *University of Twente* e atualmente está na versão 6.4 (cf. SIMQUEST, 2017, UNIVERSITY TWENTE, 2017).

Outro recurso didático de utilidade em ensino de Física é a ferramenta para análise e modelagem de vídeo: o *Tracker* (cf. TRACKER, 2017). Com uso dessa ferramenta alguns trabalhos em física foram desenvolvidos, tais como: o de Jesus e Sasaki (2014), Jesus e Barros (2014) e o de Bonventi e Aranha (2015).

Para situar, Andrade (2016) apresentou algumas práticas para o ensino da Física com ênfase em simulação e modelagem computacional com o *software Modellus*. A literatura de Andrade (2016) assinala que a modelagem, no âmbito científico, procura por respostas que ajudam a compreensão do mundo, enquanto que a simulação e modelagem aumentam estratégias para o aluno promover uma construção do conhecimento mais abundante.

Macedo (2009), em sua dissertação, destaca que simulações no ensino tem sido usadas em práticas frequentes e permite ao aluno focar na problemática do estudo proporcionando uma assimilação mais significativa.

No que se refere a aprendizagem, no estudo de caso de Souza e Dandolini (2009) apresentou resultados parciais que promoveram aprendizagem significativa de conceitos nos alunos. Os autores realizaram como estratégia de ensino e

aprendizagem uma atividade de simulação computacional com o software *SCILAB* e *MATLAB*.

Outro estudo posterior, executado por Rodrigues (2016) na temática do eletromagnetismo aliada a atividade experimental e a simulação computacional, em uma instituição de ensino na cidade de Palmas, destacou que os alunos participantes do estudo apresentaram mais interesse, interação, discussão e questionamentos. Na pesquisa do autor a atividade computacional aplicada foi a *PhET Interactive Simulations*.

O *PhET Interactive Simulations* trata-se de um projeto de simulações interativas da *University of Colorado Boulder-UCB* (2017a). As simulações computacionais apresentam diversas temáticas no campo da Física, Matemática, Química e outras áreas da ciência (cf. UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER, 2017b). Além desse, outro projeto, *Open Source Physics-OSP* (2017) fornece recursos de simulações e modelagens computacionais em física.

Em outra instituição nos Estado Unidos, o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), destacou o projeto *MIT TEAL<sup>5</sup>/Studio Physics*, pelo departamento de Física, em que desenvolveu-se *software* para simulação e animações, além de outras ações no projeto (MIT, 2017a). Nesse projeto, as seções para o *Physics 8.02: electricity and Magnetism* incluem os temas: campos vetoriais, eletrostática, magnetostática, lei de Faraday, luz, notas do curso e recursos (cf. MIT, 2017a). No tema da eletrostática várias simulações e/ou animações foram desenvolvidas, tais como: o campo elétrico de uma carga pontual positiva e negativa, campo elétrico de um dipolo, integração em torno de um anel carregado, etc.(cf MIT, 2017b).

No contexto brasileiro, o Ministério da Educação/Secretaria de Educação a distância-SEED, promoveram o programa Rede Interativa Virtual de Educação (RIVED) para produção de objetos digitais úteis para aprendizagem (BRASIL, 2017a). As produções interativas compreendem várias áreas do conhecimento especificamente: Física, Química, Matemática, Português, Ciências e outras (cf. BRASIL, 2017b). Tendo como aspecto a sequência interativa, a aplicação de simulação e a animação proporcionam atividades interativas acompanhadas de guias ao professor (XAVIER; NEIVA; GONÇALVES JUNIOR, 2017).

---

<sup>5</sup> *Technology Enabled Active Learning*.

Nesse contexto, evidencia-se que as simulações computacionais, animações assim com ferramentas de modelagem computacionais na física podem ser atribuídas para objetos de aprendizagem (OA). Na perspectiva de Wiley (2000) o OA é interpretado como um tipo de recurso, seja digital ou não, em que pode ser utilizado e reutilizado no decorrer da aprendizagem com suporte tecnológico.

#### **2.4.5 Simulação computacional em *flash* no ensino de Física**

De fato, com a diversidade de linguagens de programação se potencializa as aplicações de interesse no ensino de Física. Com ênfase em desenvolvimento de produtos em *flash* destaco alguns trabalhos a seguir.

Na *Universidad Politécnica de Madrid-UPM* (2017) fortaleceu os recursos digitais no ensino e dentro deles há aplicações de animações em *flash*. Foi no curso de Física Básica por Blas e Fernández (2017a), disponível on-line, que se complementou o curso. Nesse curso, as animações em *flash* compreendem várias áreas da Física (Mecânica, Termodinâmica, Eletromagnetismo, etc.) distribuídas em subtemas, sendo que em eletrostática tem-se: por exemplo: linhas de campo elétrico, campos elétricos, carga elétricas etc. (cf. BLAS; FERNÁNDEZ, 2017b).

No Brasil, a Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ teve a iniciativa de incluir no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Ensino de Física e Ciências os “aplicativos computacionais” destinado para o ensino de Física em que possuem objetos de aprendizagem em *flash* que foram desenvolvidos por diversos autores com ênfase nos temas: óptica geométrica, movimentos, forças, oscilações e ondas, etc. (BARROSO, 2017).

Neumann e Barroso (2005) apresentaram simulações e animações em *flash* do assunto sobre oscilações. Sobre a linguagem do *flash*, os autores concluíram que ela permite múltiplos recursos visuais possibilitando interação de gráficos, imagens, medidas, etc.

Posterior a esse trabalho Pádua e Germano (2006) apresentaram o desenvolvimento de objetos de aprendizagem (OA) a partir do uso do *software Macromedia Flash*. Os autores consideraram o tema da Teoria do Caos e aplicaram a linguagem *ActionScript* no desenvolvimento do OA

Mais adiante, por Souza Filho (2010), na dissertação dele, apresentou vários aplicativos computacionais e que foram elaborados com a linguagem *ActionScript 2.0*

(*Flash CS3*) e outras versões anteriores. Segunda a autora os aplicativos podem ser usados em sala de aula e com intenção de serem aplicados potencialmente significativos em base na teoria de aprendizagem ausubeliana.

Dessa forma, baseado na literatura citada, foi possível identificar que as simulações computacionais em *flash* foram variadas em relação aos temas da Física, não somente em instituições no exterior como também no Brasil confirmou-se desenvolvimentos de trabalhos em *flash*. Além disso, animações e aplicativos computacionais em *ActionScript* como objetos de desenvolvimento.

## 2.5 ELETROSTÁTICA EM FOCO: UMA REVISÃO PARTICULAR DA LITERATURA DIVULGADA NO SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (SNEF) E DAS DISSERTAÇÕES DO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)

O texto que segue representa uma análise da produção de literatura divulgada sobre o tema da eletrostática com ênfase na teoria de aprendizagem de Vygotsky e Ausubel, assim como TIC, simulações computacionais e produtos educacionais. Optou-se pelos trabalhos divulgados nos SNEF do ano de 2015 e 2017, bem como as dissertações disponíveis do MNPEF/polos. Os critérios de seleção para literatura são apresentados no início de cada subseção.

### 2.5.1 O ensino da eletrostática: o rastreamento das produções dos trabalhos do simpósio nacional do ensino de física (SNEF) do ano 2015 e 2017

O texto dessa seção diz respeito as análises das produções dos trabalhos apresentados no Simpósio Nacional do ensino de Física (SNEF) do ano de 2015 e 2017 com produções disponíveis pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) (2017a).

O rastreamento das produções foi baseado nos seguintes critérios de inclusão: as produções que foram submetidos em trabalho completo no formato pôster; fazer parte das áreas temáticas: processos cognitivos e aprendizagem em física<sup>6</sup> (PCAF)/ensino e aprendizagem em física<sup>2</sup> (EAF); materiais, métodos e estratégias de ensino de física(MMEEF); tecnologia da informação e comunicação (TIC). Essas áreas temáticas, bem como outras, foram apresentadas no XXI SNEF (cf. SBF,2017b)

---

<sup>6</sup> Categoria de temas no XXI SNEF, ano de 2015; <sup>2</sup>Categoria de temas no XXII SNEF, ano de 2017.

e no XXII SNEF (cf. SBF, 2017c). Para a realização do rastreamento dos trabalhos seguiu-se o seguinte fluxograma abaixo, a partir do sítio da SBF (2017a), seção de “eventos realizados”:

**Fluxograma 1-** Percurso do rastreamento para os trabalhos do SNEF

**Evento/Evento realizado** → Ano-versão do Simpósio → **Programas** → Painéis → **temas**

O procedimento de seleção dos trabalhos pautou-se a partir de leitura prévia de cada título que apareceram nas áreas temáticas; foram incluídos títulos de trabalhos com palavras-chave com ênfase em temas do ensino da eletrostática e/ou relacionados; simulação; aplicativos, *software*, plataforma; TIC; aprendizagem.

Exclui-se títulos de trabalhos que não versaram sobre temas do eletromagnetismo. Das áreas temáticas PCAF/EAF, MMEEF e TIC foram encontrados 348 trabalhos e incluídos 14 sobre os temas de ensino da eletrostática.

A tabela 2 abaixo mostra os resultados dos artigos rastreados e os relacionados aos temas de ensino da eletrostática.

**Tabela 2-**Distribuição dos artigos apresentados no Simpósio Nacional do Ensino de Física (SNEF) dos anos de 2015 e 2017, conforme áreas temáticas: PCAF/EAF, MMEEF e TIC

Áreas temáticas de alguns trabalhos do Simpósio Nacional do Ensino de Física (SNEF)	SNEF-2015		SNEF-2017		Total acumulado	Varição (V) 2017-2015
	Fa	F%	Fa	F%	Fa	A
Processos cognitivos de ensino e aprendizagem em física (PCEAF) <sup>(a)</sup> /ensino e aprendizagem em física <sup>(b)</sup>	12	8,9	93	43,7	105	81
Materiais, métodos e estratégias de ensino de física (MMEF)	105	77,8	110	51,6	215	5
Tecnologia da informação e comunicação (TIC)	18	13,3	10	4,7	28	-8
Total	135	100,0	213	100,0	348	78
Áreas temáticas do SNEF relacionadas aos temas da eletrostática	SNEF-2015 <sup>a</sup>		SNEF-2017 <sup>b</sup>		Total acumulado	Amplitude (V) 2017-2015
	Fa	F%	Fa	F%	Fa	A
Processos cognitivos de ensino e aprendizagem em física (PCEAF) <sup>a</sup> /ensino e aprendizagem em física	0	0	4	50	4	4
Materiais, métodos e estratégias de ensino de física (MMEF)	6	100	3	37,5	9	-3

**Tabela 2-**Distribuição dos artigos apresentados no Simpósio Nacional do Ensino de Física (SNEF) dos anos de 2015 e 2017, conforme áreas temáticas: PCAF/EAF, MMEEF e TIC (continuação)

Áreas temáticas do SNEF relacionadas aos temas da eletrostática	SNEF-2015 <sup>a</sup>		SNEF-2017 <sup>b</sup>		Total acumulado	Varição (V) 2017-2015
	Fa	F%	Fa	F%	Fa	A
Tecnologia da informação e comunicação (TIC)	0	0	1	12,5	1	1
Total	6	100	8	100	14	2
Teorias de aprendizagem associadas aos temas da eletrostática	SNEF-2015		SNEF-2017		Total acumulado	Varição (V) 2017-2015
	Fa	F%	Fa	F%	Fa	A
Vygotsky	2	33,3	1	12,5	3	-1
Ausubel	2	33,3	1	12,5	3	-1
Vygotsky e Ausubel	0	0,0	1	12,5	1	1
Não se aplica	2	33,3	5	62,5	7	3
Total	6	100,0	8	100	14	2
Temas da eletrostática associadas as categorias de ensino	SNEF-2015		SNEF-2017		Total acumulado	Varição (V) 2017-2015
	Fa	F%	Fa	F%	Fa	A
Ensino fundamental (EF)	0	0,0	0	0,0	0	0
Ensino médio (EM)	5	83,3	7	87,5	12	-2
Educação de jovens e adultos (EJA)	0	0,0		0,0	0	0
Ensino superior (ES)	1	16,7	1	12,5	2	0
Total	6	100,0	8	100,0	14	-2
Temas de eletrostática com ênfase em algum procedimento/menção sobre TIC, Experimentação e outros	SNEF-2015		SNEF-2017		Total acumulado	Varição (V) 2017-2015
	Fa	F%	Fa	F%	Fa	A
TIC's	3	50,0	2	25,0	5	-1
Experimentação	3	50,0	4	50,0	7	1
Outro	0	0,0	2	25,0	2	2
Total	6	100,0	8	10,0	14	2

Fonte: elaborado pelo autor.

A tabela 2 fornece os resultados de trabalhos apresentados no XXI SNEF-2015 e XXII SNEF-2017 segundo a inclusão dos três temas (PCAF/EAF, MMEEF e TIC). Os dados indicam que o total acumulado de trabalhos apresentados sobre TIC nos dois eventos foram 28 e isso é muito inferior as demais categorias. A amplitude

negativa sobre essa temática indica que houve uma redução de divulgação de trabalhos no ano de 2017. Houve mais divulgação de trabalhos sobre MMEEF nos últimos dois eventos com um total acumulado de 215.

Os resultados obtidos das áreas temáticas do SNEF (PCAF/EAF, MMEEF e TIC) relacionados à temática da eletrostática mostram que foram mais divulgadas pesquisa no tema Materiais, métodos e estratégias de ensino de física (MMEF) com 9 publicações nos últimos dois eventos do SNEF (XXI, XXII). Apenas 1 artigo divulgado no SNEF do ano de 2017 sobre TIC.

Dos 14 artigos encontrados relacionados à temática da eletrostática, categorizou-se em: temas de eletrostática associadas as teorias de aprendizagem; temas da eletrostática associadas as categorias de ensino; temas de eletrostática com ênfase em algum procedimento/menção sobre TIC, experimentação e outros.

A teoria de aprendizagem Vygotskyana e Ausubeliana foram mencionados em temas relacionados à eletrostática num total de 7 artigos. A maioria das publicações apresentaram resultados da pesquisa que envolveram alunos do ensino médio, cerca de 12 publicações. Não houve divulgação de estudos para o Ensino Fundamental e EJA. 50% (7) de estudos sobre a eletrostática versaram com ênfase em atividade experimental e 25% (5) destinados a TIC.

O quadro abaixo mostra a autoria das pesquisas, área temática de submissão (ATS) de trabalhos do SNEF com inclusão de temas da eletrostática associada a elas e/ou que algum momento os autores apresentaram uma produção textual sobre o assunto da eletrostática. Além disso há identificação da teoria de aprendizagem associada que foi mencionada no estudo.

**Quadro 3**-distribuição das pesquisas segundo edição do evento, autoria, área temática do SNEF e título do trabalho

n	SNEF- Ano	Autor (ano)	ATS	Área da eletrostática	TA	Título do artigo
1	SNEF- 2015	Moura et al. (2015)	Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino de Física	Estrutura* atômica	Vygotsky	Quarks, elétrons, fótons e glúons... Bem-vindas: as partículas elementares no ensino médio
2	SNEF- 2015	Cruz et al. (2015)	Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino de Física	História da eletricidade		Pibid/UFRJ da física em sala de aula: atividade de história do eletromagnetismo

3	SNEF-2015	Branco e Moutinho (2015)	Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino de Física	Conceitos de eletricidade, campo elétrico	Vygotsky	O lúdico no ensino de física: o uso de gincana envolvendo experimentos físicos como método de ensino
4	SNEF-2015	Andrade et al. (2015)	Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino de Física	Raio, pára-raios, processos de eletrização	Ausubel	Práticas docentes motivadoras no ensino de física
5	SNEF-2015	Bezerra, Rocha e Artiman (2015)	Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino de Física	Condutores e isolantes	***	Experimentos de física com materiais de baixo custo: a fonte de HERON, condutores e isolantes
6	SNEF-2015	Machado et al. (2015)	Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino de Física	Carga elétrica, lei de Coulomb, Campo elétrico	Ausubel	Utilização de simulações computacionais no ensino de eletrostática para alunos de ensino médio
7	SNEF-2017	Melo Junior et al. (2017)	Ensino e Aprendizagem em física	Processos de eletrização, série de triboelétrica, campo elétrico	Vygotsky	A relevância de atividades experimentais colaborativas no 3º ano do ensino médio
8	SNEF-2017	Sparvoli, M. Jorge e M. Jorge (2017)	TIC	Lei de Coulomb	**	Desenvolvimento de objeto aprendizagem para analogia entre a lei de coulomb e gravitação
9	SNEF-2017	Schmidt e Araújo (2017)	Ensino e Aprendizagem em física	Interação elétrica	**	O ensino participativo e a eletrostática versus magnetismo: uma proposta para alunos com deficiências do EJA
10	SNEF-2017	Silva, Furtado e Oliveira (2017)	Ensino e Aprendizagem em física	Conteúdos iniciais da eletricidade: lei de coulomb, Campo elétrico, trabalho, força etc.	**	As habilidades e competências da matemática no ensino aprendizagem de física

11	SNEF-2017	Rego <i>et al.</i> (2017)	Ensino e Aprendizagem em física	Processos de eletrização, lei de coulomb, campo elétrico, potencial elétrico, etc.	Vygotsky, Ausubel	A linguagem matemática utilizada nos fenômenos físicos da eletrostática: uma análise de conteúdo
12	SNEF-2017	Ortiz e Studart Filho (2017)	Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino de Física	Campo elétrico	Ausubel	Ensinando o conceito de campo elétrico a partir do fenômeno do raio
13	SNEF-2017	Cavalcante, Rocha e Fernandes (2017)	Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino de Física	Capacitores e Garrafa de Leiden	**	Alternativa para necessidades existentes: materiais de baixo custo utilizados na construção de instrumentos para o laboratório de física
14	SNEF-2017	Paulino e Melo (2017)	Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino de Física	Experimento Oliver Lodger- Equações de Maxwell	**	O experimento demonstrativo de Oliver Lodger no ensino do eletromagnetismo no ensino médio

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: TA- Teoria de aprendizagem; ATS-Área temática de submissão.

\* É descrito uma breve introdução sobre a história do átomo e em algum momento apresenta informações sobre as partículas que compõe o átomo. E isso reflete na parte de partículas elétricas.

\*\* Não apresenta menção clara da teoria de aprendizagem, mas o trabalho pode ser adaptado para aplicação de uma teoria de aprendizagem.

No quadro são apresentados 14 trabalhos que contemplam vários temas de ensino da eletrostática tais como: processos de eletrização, história da eletricidade, lei de Coulomb, Campo elétrico, etc. A área temática para submissão de trabalhos no SNEF sobre “Materiais, métodos e Estratégias de ensino de Física” com ênfase relacionado à eletrostática foi o que mais prevaleceu.

### 2.5.1.2 A teoria de aprendizagem e conteúdo da eletrostática

Dos 14 trabalhos divulgados, sobre os conteúdos de ensino da eletrostática básica, sete (7) deles deram ênfase a teoria de aprendizagem. Com ênfase na teoria de aprendizagem Vygotskiana destaca-se os autores: Moura *et al.* (2015), Branco e Moutinho (2015) e Melo Junior *et al.* (2017).

Na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel destaca-se os autores: Andrade *et al.* (2015), Machado *et al.* (2015) e Ortiz e Studart Filho (2017). Além desses, Rego *et al.* (2017) menciona as duas teorias de aprendizagem: a de Vygotsky e Ausubel.

Considerando os trabalhos dos autores mencionados, os temas de ensino da eletrostática identificados foram: estrutura atômica, partículas, conceitos de eletricidade, processos de eletrização, série triboelétrica, campo elétrico, lei de Coulomb, potencial elétrico. Os temas: “estrutura atômica e partículas” refletem a parte inicial de tópicos de história da eletricidade e identificação de partículas que contem carga elétrica (próton e elétron).

### *2.5.1.3 A tecnologia da Informação e comunicação e os temas de ensino na eletrostática*

O Quadro 4 abaixo mostra a relação de pesquisas do SNEF (XXI, XXII) relacionados a TIC com ênfase aos temas de ensino da eletrostática.

O quadro fornece a identificação da publicação de um trabalho no tema de submissão do SNEF sobre “Tecnologia de Informação e Comunicação”, bem como quatro no tema de submissão “Materiais, métodos e estratégias de ensino de Física”.

No quadro “TT-Tipologia da tecnologia” e a menção dos “ TEE-Temas de ensino na eletrostática-TEE” dizem respeito a uma categoria atribuída nessa revisão baseada no discurso textual do resumo dos autores e/ou em relação a aplicação da estratégia de ensino discutida.

Sparvoli, M. Jorge e M. Jorge (2017) discorreram sobre o desenvolvimento de um objeto de aprendizagem (OA) do tipo animação que permitiu a analogia entre a lei de Coulomb com a gravitação. Os autores esperam que o OA contribua no aprendizado dos alunos considerando a analogia dos dois fenômenos físicos.

Sobre MMEEF, os autores Cruz *et al.* (2015) e Ortiz e Studart Filho (2017) usaram como recurso didático, entre outros, uso de vídeos nas atividades executadas com alunos do ensino médio.

Em Cruz *et al.* (2015) descreveram a atividade realizada com alunos do ensino médio. A atividade aplicada sobre a “História do eletromagnetismo” permitiu usar recursos didáticos tais como: vídeos instrucionais, textos e questionários de apoio.

No trabalho de Ortiz e Studart Filho (2017) apresentou um desenvolvimento de uma Unidade Potencialmente Significativa em que as situações de aprendizagem envolveram: elaboração de mapas conceituais do fenômeno do raio, assistir vídeo de raio capturado; atividade no laboratório de informática com uso de simulações computacionais dando ênfase na tema de campo elétrico e a influência do campo elétrico por outra carga elétrica; atividade de pesquisa sobre a construção de para-raios e outra elaboração de mapa conceitual.

**Quadro 4-**Autoria dos artigos, área de submissão do SNEF, tipologia da tecnologia (TT), temas de ensino na eletrostática (TEE)

n	SNEF- Ano	Autor (ano)	ATM <sup>a</sup>	TT	TEE	Título do artigo
1	SNEF- 2015	Moura et al. (2015)	MMEEF	Slide	Estrutura atômica, partículas	Quarks, elétrons, fótons e glúons... Bem-vindas: as partículas elementares no ensino médio
2	SNEF- 2015	Cruz et al. (2015)	MMEEF	Vídeo	História da eletricidade	Pibid/UFRJ da física em sala de aula: atividade de história do eletromagnetismo
3	SNEF- 2015	Machado et al. (2015)	MMEEF	Simulação	Carga elétrica, lei de Coulomb, Campo elétrico	Utilização de simulações computacionais no ensino de eletrostática para alunos de ensino médio
4	SNEF- 2017	Sparvoli, M. Jorge e M. Jorge (2017)	TIC	Animação	Lei de Coulomb	Desenvolvimento de objeto aprendizagem para analogia entre a lei de coulomb e gravitação
5	SNEF- 2017	Ortiz e Studart Filho (2017)	MMEEF	Simulação, vídeo	Campo elétrico	Ensinando o conceito de campo elétrico a partir do fenômeno do raio

Nota: ATM- Área temática de submissão no SNEF (XXI, XXII); MMEEF- Materiais, métodos e estratégias de Ensino de Física; TT- Tipologia da tecnologia, TIC-Tecnologia da Informação e Comunicação; TEE-temas de ensino na eletrostática

Em outro artigo de Machado *et al.* (2015), as temáticas sobre a Lei de Coulomb e Campo elétrico foram passadas didaticamente através da aplicação de um seminário e o uso de um simulador para os alunos de ensino médio. No entanto, houve outros temas afim de chegar no tema principal e na apresentação do seminário

destacou-se: história da eletricidade, estudo da carga elétrica, lei de Coulomb e campo elétrico, vetor e linhas de campo elétrico. Os autores usaram à aprendizagem significativa de Ausubel no assunto sobre a história da física.

Em outros trabalhos com alunos de ensino médio, Moura *et al.* (2015) basearam na abordagem Vygotskiana para o procedimento didático com eles tendo como base de investigação conceitos sobre átomos, teoria atômica e partículas elementares. Os autores explicam que a aula com os alunos foi usando os recursos: material apostilado e slides.

#### 2.5.1.4 Abordagem discursiva

Foi rastreado nessa revisão as produções de trabalhos divulgados no SNEF (XXI, XXII) com ênfase da literatura submetida em três categorias do evento: PCAF/EAF, MMEEF e TIC<sup>7</sup>. Outras produções com categorias do evento foram sugeridas para submissão conforme apresentam a SBF(2017b) e SBF(2017c). Não apenas em SBF(2017d), mas como também SBF(2017e) disponibilizam produções de categorias<sup>8</sup> que envolvem: a formação de professores e prática docentes; divulgação científica e educação não formal; ciência, cultura e Arte; seleção, organização do conhecimento e currículo; o ensino de física para graduação, etc.

Outros estudos apresentaram análise de produções do SNEF, tais como o de Bragagnolo e Pessanha (2017), Silva e Bozelli(2017) e Ribeiro et al. (2017). Com ênfase no levantamento em trabalhos apresentados no SNEF sobre TIC's entre os anos de 2009 a 2015, os autores Bragagnolo e Pessanha (2017) identificaram que houve uma valorização de recursos computacionais e destaque para as simulações computacionais e modelagem. Além disso, os resultados da pesquisa deles apresentaram fluxo de pesquisas em TIC no SNEF do ano de 2009, 2011, 2013 e 2015 superiores aos dos achados neste estudo.

Diferentemente da temática sobre TIC, o estudo de Silva e Bozelli (2017), na temática de linguagem no SNEF sobre as publicações, foram encontrados resultados com uso de palavras-chaves sobre: modelagem, simulações computacionais, vídeos, simulações e etc.

---

<sup>7</sup> Há interseção entre a categoria MMEEF com TIC.

<sup>8</sup> Confira o link na seção de “painéis” para verificar e acessar as produções de outras categorias temáticas.

Os resultados obtidos nesse estudo sobre publicações em TIC estão de acordo com dados obtidos de Ribeiro et al. (2017). Segundo esses autores, ao abordarem a tendências das pesquisas apresentadas no “Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)” entre o ano de 2006 a 2014, produções sobre TIC’s e o ensino de Física representaram cerca de 8,6% das publicações sendo que teve 14 relatos de pesquisa no ano de 2012 e 19 no ano de 2014. Isso é um resultado aproximadamente similar ao encontrado nesse estudo de revisão.

Em relação as pesquisas com referências de temas na eletrostática foram obtidas 14 publicações e surpreendentemente apenas uma pesquisa submetida na temática do SNEF (XXI, XXII) sobre TIC foi encontrado. Entretanto 4 publicações submetidas ao MMEEF apresentaram atividades didáticas de recursos de tecnologia.

Na pesquisa dos trabalhos apresentados no SNEFF, permitiu identificar produções tendo o uso de vídeo como recurso na categoria MMEEF<sup>9</sup>. Esse resultado indica que o uso do vídeo é um dos recursos didáticos que complementam a aula no ensino da eletrostática. Outro estudo anterior com ênfase nos temas de eletrostática e recursos com vídeos foi apresentado por Franco *et al.* (2013).

O uso de vídeo na prática de ensino pode ajudar a melhorar o ensino de física da eletrostática. O uso dele em áreas da Física pode ser empregado em associação com outras tecnologias, tais como o *Tracker* (cf. BEZERRA JR. et al., 2013, MEUCCI et al., 2013) e *google form* (GOOGLE, 2017a, GOOGLE, 2017b).

Não apenas usa-se o vídeo em práticas de ensino, como também o uso de simulações computacionais. As simulações complementam a aula sobre determinados fenômenos conforme apresentou Machado *et al.* (2015).

Este resultado corresponde aos apresentados em estudos anteriores com ênfase na temática de eletromagnetismo, tais como: o de Franco *et al.* (2013) e Cabral *et al.* (2013) com proposta de minicurso de duração de 3 horas com os alunos do ensino médio.

Em outras áreas do conhecimento da Física, outras publicações também indicam o uso de simulações computacionais conforme Dias, Soares e Bilhalba (2013), Mesquita *et al.* (2013), Mariano *et al.* (2013), Marteli e Bozelli (2017), Silva Jr., Paiva e Andrade (2017), Moro, Neide e Vettori (2015). O quadro 5 mostra a

---

<sup>9</sup> MMEEF-Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino de Física.

distribuição dos autores segundo título do artigo e a edição do SNEF. As áreas relacionadas a Física do trabalho apresentado são destacadas no quadro.

**Quadro 5-**Distribuição de publicações segundo autoria, edição do SNEF, área da Física e título da publicação

n	Autoria	Edição do SNEF	Área da Física relacionada	Título do artigo
1	Dias, Soares e Bilhalba (2013)	XX	Mecânica	Simulações computacionais no ensino de física: potencialidade para uma aprendizagem significativa
2	Mesquita <i>et al.</i> (2013)	XX	Mecânica	Avaliação da percepção dos alunos na utilização de softwares educativos no ensino de física
3	Mariano <i>et al.</i> (2013)	XX	Mecânica	Utilização do <i>software</i> PHUN para a criação de simulações de física
4	Moro, Neide e Vettori (2015)	XXI	Termodinâmica	Atividades experimentais e simulações computacionais: alicerces dos processos de ensino e de aprendizagem da física no ensino médio
5	Silva Junior, Paiva e Andrade (2017)	XXII	Mecânica	A modelagem computacional de problemas de física como estratégia complementar de Ensino
6	Marteli e Bozelli (2017)	XXII	Física Moderna	Ensino da teoria da relatividade no ensino médio por meio de tecnologias da informação e comunicação (TICS): desenvolvimento de um software e análise dos sentidos produzidos pelos alunos

Fonte: elaboração própria.

A presente revisão permitiu apresentar estudos com temas da eletrostática relacionados as teorias de aprendizagem tais como a de Vygotsky e Ausubel. Baseado nas publicações relacionadas ao tema de TIC e teoria de aprendizagem sócio-interacionista de Vygotsky, Mello e Gobara (2013) concluíram que muitas aplicações foram encontradas, tais como: simulações, animações, vídeos, ambientes virtuais de aprendizagem, entre outros.

Em outro estudo particular de Ortiz, Azevedo e Studart Filho (2015), relacionou a temática TIC com a teoria de aprendizagem de Vigotsky. Segundo os autores a aquisição do conhecimento científico ocorre mediante a assimilação de conceitos aceitos através da interação social do indivíduo com outras pessoas socialmente e cultural. Posteriormente os autores ainda explicam que houve um predomínio relevante em várias publicações sobre nova tecnologia da informação e comunicação (NTIC) e trabalhos que versaram sobre utilidade no ensino de física sobre simulação, modelagem, animação e *software*.

Entretanto, por outro aspecto, a aprendizagem significativa de Ausubel no ensino de alguns temas do eletromagnetismo foram divulgadas, tais como: Araújo, Gonçalves e Menezes (2017) e Santo e Pires (2017). Baseado na aprendizagem significativa, a criação de modelos físicos é fundamental no ensino de física, uma vez que alunos também elaboram modelos mentais que auxiliam na compreensão do fenômeno estudado (KNEUBIL, 2013).

Assim, com essa revisão apresentada foi possível realizar o rastreamento das publicações nos dois últimos SNEF's (XXI,XXII) considerando três áreas temáticas de submissão (PCAF/EAF, MMEEF, TIC).

Os resultados de publicações relacionados aos temas de eletrostática foram básicas e nesse sentido levanta a possibilidade de que outros rastreamentos sejam necessários levando em conta outros temas de submissão de trabalhos do SNEF.

Uma questão que implica no quantitativo de publicações na eletrostática, no limite do estudo, diz respeito ao ensino de Física pois apresenta muitas áreas de conhecimento que são passíveis para investigação.

Por outro aspecto, sobre a teoria de aprendizagem aplicada no ensino da eletrostática, houve um equilíbrio das publicações com menção de referencial teórico que contemplam as teorias de Vygotsky e de Ausubel.

Sobre TIC, foi notável a utilização de algum tipo de recurso no ensino da Física. Não somente o uso de simulações computacionais auxiliam o ensino, como também

outros recursos tecnológicos tais como: vídeos, *softwares*, ambientes virtuais, formulários eletrônicos. Entretanto, faz-se necessário do professor ter um conhecimento básico da tecnologia e relacionar a estratégia de ensino com teoria de aprendizagem seja a Vygotskiana ou a Ausubeliana.

### **2.5.2 Simulação computacional e temas de eletrostática em foco: análise das produções acadêmicas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física-MNPEF**

O presente seção teve como objetivo realizar uma análise de temas na eletrostática associadas as simulações computacionais a partir das produções acadêmicas do MNPEF.

A natureza da produção acadêmica foi a dissertação de mestrado dos polos do programa do MNPEF. O ambiente eletrônico de busca delas foi no sítio eletrônico da SBF (2017f) e nos sítios dos polos da Instituição proponente do programa do mestrado.

Foi realizado um rastreio das publicações entre os polos 1 ao 22 considerando o limite cronológico entre o ano de 2014 a 2017. Os critérios para seleção das dissertações foram pautados nas palavras temáticas: simulação, eletrostática, eletrodinâmica, eletromagnetismo.

Foi incluída para a análise dissertações que tiveram associados com a palavra-chave: eletrostática e simulação bem como outra palavra temática com ênfase na aplicação do produto educacional tendo como atividade de simulação computacional relacionado com algum tema da eletrostática.

Foram excluídas dissertações sem o acesso na íntegra. Considerando os critérios de seleção foram encontradas 16 dissertações. Dessas apenas 5 delas satisfizeram os critérios de seleção para análise.

O quadro 6 abaixo mostra as produções das publicações segundo autoria, instituição do polo e título da dissertação.

A produção acadêmica na temática Simulação computacional relacionado aos temas da Eletrostática compreenderam entre os anos de 2015 a 2016. Considerado os títulos das dissertações, destacam-se as produções 3 e 5 com realce a conteúdo específico: conceito de campo no eletromagnetismo e o conceito de campo elétrico.

**Quadro 6-**Produção acadêmica dos polos MNPEF/instituição proponente

<b>n</b>	<b>Autoria</b>	<b>Instituição/ Polo</b>	<b>Título da dissertação</b>
1	Vaz (2015)	Unb/1	Propondo material de apoio à prática com simuladores no Ensino/Aprendizagem de Eletrostática em EJA
2	Duncke (2016)	UFMT/3	Animações computacionais como recursos para o ensino de Física
3	Rocha (2015)	UFES/12	O conceito de campo no eletromagnetismo: uma Unidade Potencialmente Significativa
4	Mota (2016)	UFES/12	O ensino de eletrostática em uma perspectiva investigativa: analisando o processo de construção de conhecimento científico de estudantes do ensino médio do IFES Campus Linhares
5	Ortiz (2016)	UFSCAR/18	Ensinando o conceito de campo elétrico a partir do fenômeno do raio

Fonte: Elaboração própria.

Nota: UnB-Universidade de Brasília; UFMT-Universidade Federal de Mato Grosso, UFES-Universidade Federal do Espírito Santo, UFS-Universidade Federal de Sergipe, UFSCAR-Universidade Federal de São Carlos

Especificamente, o quadro 7 mostra conteúdos sobre fenômenos físicos da eletrostática e a teoria de aprendizagem proposta pelo os autores.

As dissertações apresentaram uma abordagem do conhecimento nos fenômenos físicos da eletrostática, outras específicas e aliada ao magnetismo. Entretanto foi em Vaz (2015) e Mota (2016) que conteúdos de ensino da eletrostática tomaram uma amplitude de conhecimento mais diversa, pois trata-se de um produto educacional direcionado em especial para área da eletrostática com muitos conteúdos de ensino.

Considerando os conteúdos de ensino categorizados a partir dos cinco autores observa-se que o conteúdo sobre campo elétrico foi objeto para aplicação no desenvolvimento do produto educacional. Além desse, conteúdos como: processos de eletrização e lei de Coulomb foram evidenciados em quatro trabalhos (cf. produções 1-4).

**Quadro 7-**Distribuição das produções acadêmica segundo autoria, conteúdos de ensino na eletrostática e a teoria de aprendizagem proposta

N	Autoria	Conteúdos de ensino	Teria de aprendizagem proposta
1	Vaz (2015)	conceitos iniciais da eletrostática: carga elétrica, carga elementar, processos de eletrização; (canudo gruda na parede), campo elétrico; potencial elétrico; [...]	Ausubel, Novak, Modelo de Bob Gowin
2	Duncke (2016)	Lei de Coulomb	Ausubel
3	Rocha (2015)	campos elétricos, representação vetorial das linhas de força, fontes de campo elétrico (cargas) [...]	Ausubel
4	Mota (2016)	Eletrização (atrito, indução), materiais isolantes, condutores, lei de Coulomb, campo elétrico, blindagem eletrostática, eletroscópio de folha	Vygotsky e outros
5	Ortiz (2016)	Campo elétrico	Ausubel

Fonte: Elaboração própria.

Nesse contexto ainda foi rastreado a presença de referencial teórico na teoria de aprendizagem significativa em Ausubel na literatura dos autores: Vaz (2015), Duncke (2016), Rocha (2015) e Ortiz (2016). Esses autores em certas situações didáticas usaram atividades com uso de simulação computacional.

Sobre esse recurso didático:

- a) Vaz (2015): além de ter feito realização de aulas com uso de simulações com alunos do EJA, ele elaborou texto de apoio e roteiro para prática com o simulador. Os simuladores indicados para prática foram para temas: processos de eletrização, linhas de campo elétrico, superfície equipotenciais etc.
- b) Duncke (2016): desenvolveu animações computacionais para temas de Mecânica e Eletrostática usando linguagem de programação em *Visual Python* (Vpython) e *JavaScript*. As animações foram simuladas na eletrostática para o tema da lei de Coulomb desenvolvendo simulação para: duas cargas pontuais, interação de duas cargas com um clique do *mouse*, sistema de múltiplas cargas.
- c) Rocha (2015): partindo de um conceito de campo no eletromagnetismo foi enfático na elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)<sup>10</sup> sendo que em algumas aulas do cronograma das UEPS propostas tem-se como um

<sup>10</sup> UEPS baseado em Moreira (2011).

dos recursos: o uso de simulações. Na área da eletrostática, foi usada uma simulação como proposta de aprofundar o conceito de campo elétrico.

d) Ortiz (2016): com ênfase em um conteúdo de ensino sobre o campo elétrico considerando o fenômeno do raio, o autor desenvolveu e aplicou uma UEPS em que utilizou a “simulação *lightning*”<sup>11</sup>. Esta é uma simulação sobre o comportamento do raio. Além disso, o autor em uma atividade de aprofundamento de conteúdo, os alunos foram conduzidos para a sala de informática e usaram simulações computacionais, desenharam linhas de força de carga elétrica, fizeram relatórios no *Microsoft Word* e os resultados das atividades foram sugeridas para enviar por e-mail, rede social ou passar para através de um *pendrive*.

Em síntese, a produção acadêmica do MNPEF para a temática da eletrostática associada a simulação computacional apresentou pouco quantitativo de dissertações com base no referencial teórico na aprendizagem significativa de Ausubel, apesar de ter encontrado uma dissertação com ênfase na teoria de aprendizagem interacionista em Vygotsky. Além disso, as análises das produções revelam uma dissertação que teve o desenvolvimento de animações computacionais (cf. DUCKE, 2016). Outro aspecto a salientar, diz respeito a produção acadêmica com amplitude em vários temas da eletrostática nos que foram aplicados e elaborados produtos educacionais, conforme apresentou Vaz (2015) e Mota (2016).

De certa forma, em geral o quantitativo das produções foi pouco, mas são representativas considerando que as produções científicas são recentes no MNPEF baseado no ano limite cronológico de rastreio das publicações (ano de 2014 a 2017), bem como a diversidade de outras áreas da física e/ou temas que proporcionam outros estudos e elaboração de produto educacionais por pesquisadores.

## 2.6 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL E O LIVRO DIDÁTICO DO ENSINO MÉDIO

O texto que segue, apresenta uma análise de conteúdos de livros didáticos no ensino da eletrostática considerando a temática envolvida: simulação computacional. Além disso, na análise discorre sobre atividades experimentais propostas e indicativos de leituras no ensino da eletrostática.

---

<sup>11</sup> Cf. WOLFRAM DEMONSTRATIONS PROJECT. **Lightning**. Disponível em: <<http://demonstrations.wolfram.com/Lightning/>> Acesso em: 04, ago., 2017.

### **2.6.1 Análise de conteúdo de livros didáticos de Física: uma abordagem sobre simulação computacional, experimentação e leitura no ensino da eletrostática**

A análise foi baseada no enfoque de uma abordagem qualitativa e descritiva, cujo o método pautou-se na análise de conteúdo de quatro livros didáticos em física do ensino médio, terceira série. Demo (2001) explica que a informação qualitativa permite uma argumentação consensual crítica.

A análise do conteúdo diz respeito a uma técnica que considera as significações (conteúdo), forma e a distribuição dos conteúdos (BARDIN, 2011). Com essa técnica há a presença de categorização de palavras-chaves do objeto a ser investigado.

A análise do livro didático envolveu a classificação das unidades de ensino do livro, capítulos do livro, capítulos do livro da unidade de ensino da eletrostática. Além disso a categorização do conteúdo pautou-se nas palavras chaves: simulação/animação; experimentação e leitura. O rastreio de informações sobre essas palavras-chaves seguiu as seguintes etapas, conforme Bardin (2011): pré-análise, exploração do material, tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

#### *2.6.1.1 Resultado da análise dos livros didáticos*

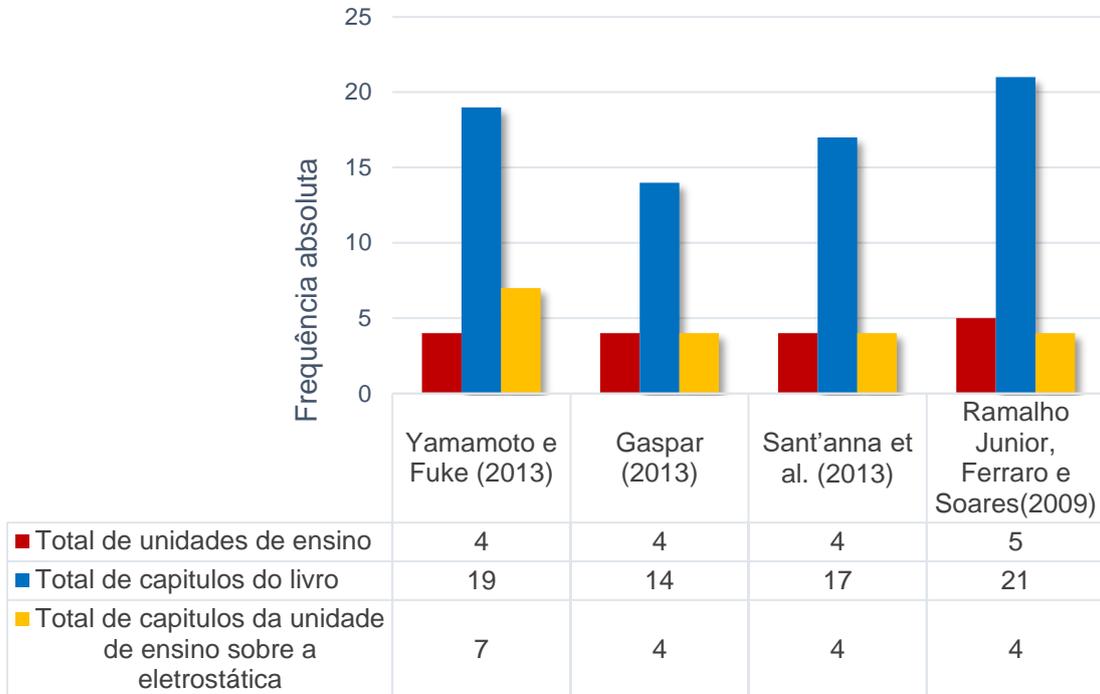
A figura 4 apresenta quatro obras didáticas do ensino de Física para a terceira série do ensino médio. As obras didáticas são Yamamoto e Fuke (2013), Gaspar (2013), Sant'anna *et al.* (2013) e Ramalho Junior, Ferraro e Soares (2009).

A análise de conteúdo das obras didáticas (cf. Quadro 9) indicam uma breve descrição das unidades de ensino e capítulos dos livros; conteúdos elencados nos capítulos. Além disso, no quadro 9, se caracteriza a presença de proposta de atividade experimental, leituras e simulações em física. Na Figura 4 há uma apresentação da distribuição dos capítulos apresentados no livro didático, bem como os capítulos de ensino apresentados na unidade sobre o ensino da eletrostática.

Identifica-se que o total de capítulos de ensino da obra de cada autor são diferentes, mas no que se refere ao total de capítulos de ensino da eletrostática são iguais nas obras de Gaspar (2013), Sant'anna *et al.* (2013) e Ramalho Junior, Ferraro e soares (2009).

Dessas quatro obras didáticas, apenas a obra de Ramalho Junior, Ferraro e Soares (2009) não apresentam quatro unidades de ensino no livro didático.

**Figura 4-**Distribuição das unidades de ensino e capítulos das obras didáticas



Fonte: elaborado pelo autor.

As temáticas de ensino por capítulos são similares das quatro obras didáticas. No entanto na obra Sant'anna *et al.* (2013), o conteúdo sobre capacitores é apresentado em outra unidade de ensino. Os autores apresentaram o conteúdo na unidade de ensino de circuitos elétricos.

No Quadro 8 está incluído a três primeiras obras didáticas (A, B e C) que fazem parte do Guia do Livro Didático (GLD): Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015, ensino médio (cf. BRASIL, 2014).

No livro didático de Ramalho Júnior, Ferraro e Soares (2009) tem-se indicações que contemplam simulações e animações em Física no ensino da eletrostática, bem como outros materiais adicionais. No livro há uma nota indicativa para acesso à rede e/ou conteúdo digital. Por outro lado, os autores deixam claro tópicos de leitura que envolve relatos históricos, aplicações e desenvolvimento tecnológico. As atividades experimentais são indicadas em ambiente eletrônico.

Na obra de Sant'anna *et al.* (2013), embora apresente seção sugestivas de leitura de livros, revistas, sites, entre outros, há ênfase nas seções de conteúdos elaboração de experimentos. Esses contemplam aplicações dos conceitos de física

para enriquecer a aprendizagem. Considerando que o professor pode adotar diferentes formas de estratégias de leitura, no livro de Sant'anna *et al.* (2013) no final de cada unidade de ensino destaca-se seções que envolvem questões de interpretação e aplicação, atividade experimental, atividade para pesquisa em grupo e indicações de leituras e sites.

**Quadro 8-Autoria, título do livro didático e unidades de ensino**

N	Autoria	Livro didático	Unidades de ensino	Temas da eletrostática dos capítulos
A	Yamamoto e Fuke (2013)	Física para ensino médio 3: eletricidade, física moderna	Unidade 1-Eletrostática; Unidade 2-Eletrodinâmica; Unidade 3-Eletromagnetismo; Unidade 4-Física Moderna	C1- Eletrizção; C2-Força elétrica; C3-Campo elétrico; C4-Potencial elétrico; C5-Trabalho da força elétrica; C6-Condutores em equilíbrio eletrostático; C7-Capacitor
B	Gaspar (2013)	Compreendendo a física: eletromagnetismo e física moderna	Unidade 1-Eletrostática; Unidade 2-Eletrodinâmica; Unidade 3-Eletromagnetismo; Unidade 4-Física Moderna	C1-Introdução à eletricidade; C2-Campo elétrico: descrição vetorial; C3-Campo elétrico: descrição escalar; C4-Capacidade, capacitores e dielétricos
C	Sant'anna et al. (2013)	Conexões com a Física	Unidade 1-Eletrizção, força e campo elétrico, trabalho e potencial elétrico; Unidade 2-Circuitos elétricos; Unidade 3-eletromagnetismo e ondas eletromagnéticas; Unidade 4- questões da Física do século XXI	C1-Processos de eletrizção; C2-força entre cargas elétricas: lei de coulomb; C3- campo elétrico; C4-Potencial elétrico
D	Ramalho Junior, Ferraro e Soares (2009)	Física 3: os fundamentos da física	Unidade A- Cargas elétricas em repouso; Unidade B-Cargas elétricas em movimento; Unidade C-eletromagnetismo; Unidade D- Introdução à Física Moderna; Unidade E- Análise Dimensional	C1-Eletrizção, força elétrica; C2-Campo elétrico; C3-Trabalho e potencial elétrico; C4-condutores em equilíbrio eletrostático, capacitância eletrostática.

Fonte: elaboração própria

No livro de didático de Gaspar (2013) destaca-se proposta de atividade experimental no livro didático ao final dos capítulos de ensino. Além disso, o autor

destaca uma seção de conexão que envolve texto interdisciplinar em relação a um conteúdo proposto. No livro há uma ênfase da indicação do “conteúdo digital” o qual indica Objeto Educacional Digital (OED) relacionado ao conteúdo de ensino.

Em Yamamoto e Fuke (2013), o livro didático também apresenta proposta de atividade experimental intitulada “atividade prática”. Trata-se uma proposta experimental com orientação para construção dele e presença de tópicos para discussão. Além disso, o livro indica simulações virtuais em sites; enriquece leitura com seção “Física na história”, “outras palavras” e “Física no cotidiano”.

No que se refere aos temas da eletrostática o quadro 9 abaixo mostra algumas considerações acerca do ensino da eletrostática com ênfase a simulação computacional, animação, atividade experimental e leitura.

**Quadro 9-**Obras didáticas e síntese da categorização: simulação/animação, experimentação e leitura

O.d	Descrição da categorização: simulação/animação; experimentação e leitura
Obra A- Cf. Yamamoto e Fuke (2013)	<b>(a) Atividade de experimentação:</b> construindo um eletróforo, estimando a carga eletrizada pela força elétrica; mapeando o campo elétrico. <b>(b) Leitura:</b> seções sobre “Física na história: evolução dos modelos atômicos, fogo de Santelmo, garrafa de Leyden, texto dos “Os Luziadas (Luiz de Camões)”; “Outras palavras: o versorium de Gilbert, Gerador de Vande Graaf, Experimento de Millikan, de autodidata a cientista (Michael Faraday), capacitores”; “Física no cotidiano: outros tipos de condutores de eletricidade; precipitador eletrostático; a pilha elétrica; aterramento de instalações- Por que se atribui potencial zero ao potencial da Terra?; Para-raios; algumas aplicações dos capacitores; Para saber mais (textos, indicativos de livros, sites e outros de aprofundamento): O campo elétrico como uma função vetorial de um ponto; indicação do livro “Os dez mais belos experimentos científicos”(Robert P. Crease. Jorge Zahar). <b>(c) Simulações:</b> indica sites sobre: capacitores e diversos tipos de circuito; força de interação; potencial elétrico; gerador de Van de Graaf.
Obra B- Cf. Gaspar (2013)	<b>(a) Atividade de experimentação:</b> 1- Fenômenos da eletrostática: eletroscópio, pendulo; 2-Linhas de força de campo elétrico; 3-Distribuição de cargas na superfície; 4-O poder das pontas. <b>(b) Leitura:</b> a abertura dos capítulos, e os boxes de conexões, e as orientações de atividades práticas são elementos que podem ser utilizados para estratégias de leitura. <b>(c) Simulação/Animação: (*)</b>
Obra C- Cf. Sant'anna et al. (2013)	<b>(a) Atividade experimental:</b> cabo de guerra elétrico (eletrização entre os corpos). <b>(b) Animação:</b> cargas elétricas no plano; <b>(b) Simulação:</b> cargas elétricas. <b>(c) Leitura:</b> textos da abertura da unidade; texto “Demonstrar e discutir”(Fio terra, Gerador de Van de Graaf; seção: Para saber mais: Os opostos se atraem; A experiência de Milikan e as cargas do elétron; Raios e relâmpagos; tensão; Gaiola de Faraday; Rigidez dielétrica do ar e os raios do dr. Frankenstein.

<p>Obra D- Cf. Ramalho Junior, Ferraro e Soares(2009).</p>	<p>Atividades de experimentação, simulação e animação estão disponíveis no portal específico da editora (conteúdo digital Moderna Plus) são eles: <b>1-Atividade experimental:</b> Eletroscópio de folhas; pendulo elétrico, eletrização por atrito e indução eletrostática; <b>2- animação:</b> experimento de Coulomb. Outras animações são indicadas pela “rede”**: indução eletrostática e eletroscópio; linhas de campo elétrico, campo elétrico, simulação do movimento de uma carga elétrica ao atravessar o campo elétrico; gaiola de Faraday. Leitura***: A série triboelétrica, Gerador eletrostático de Van de Graaf, eletroscópios, a experiência de Coulomb, a xerografia, as fotos das linhas de força, dispositivos eletrostáticos, a gaiola de Faraday.</p>
--	---

\* Simulação computacional- Embora não apareça notas indicativas sobre simulações e animações em física, mas o livro apresenta em alguns momentos conteúdo digital. Brasil (2015) ressalta que a coleção dos três volumes de Gaspar (2013) possui o livro digital com 35 Objetos Educacionais Digitais (OED). Desses contempla cinco simulações e uma animação.

\*\*São feitas várias indicações de sites especializados com várias simulações para ser visualizadas.

\*\*\*Seção específica do livro destacada no livro, mas há ainda outras indicações de leitura no “conteúdo digital Moderna Plus”.

No Quadro 9, observa-se atividades experimentais que retomam fenômenos de eletrização, tais como: eletrização, pêndulo eletrostático. Para indicações de simulações há um indicativo para os conteúdos de campo elétrico, linhas de campo elétrico e eletroscópio que são citados em atividades experimentais. As atividades de leitura, no geral, apresentam tópicos para parte histórica da eletricidade.

#### 2.6.1.2 Tópicos de discussão

No aspecto geral, as quatro obras didáticas destacam-se pela presença de atividade experimental, no entanto apenas as obras didáticas A, B e C apresentam propostas experimentais no livro. O leitor não necessita acessar um ambiente eletrônico para ter acesso e/ou os procedimentos para a realização da atividade experimental. Além disso, nas obras didáticas todas possuem partes que o docente possa utilizar para estratégia de leitura e enriquecimento das temáticas de estudo. As simulações em Física são indicadas ao leitor em algumas partes dos conteúdos de ensino nas obras de Yamamoto e Fuke (2013), Sant’anna *et al.* (2013) e Ramalho Junior, Ferraro e Soares (2009).

No entanto, no que se refere ao ensino da eletrostática, observando as informações obtidas pelo o livro, as quatro obras didáticas contemplam parcialmente a categorização de Simulação/Animação, experimentação e leitura.

No ensino da eletrostática, a obra de Gaspar (2013) não fez indicativo de simulação/animação. Nesse aspecto, assim como a categorização leitura a obra de

Ramalho Junior, Ferraro e Soares (2009) destacam-se, pois possuem várias opções para o professor no ensino da eletrostática, uma vez que a livro possui um portal destinado para isso.

O enriquecimento de indicativo de leitura, também é destaque para o livro de Yamamoto e Fuke (2013). Na obra faz-se um indicativo de sites do uso de simulação. Em relação a atividade experimental proposta no livro, considera-se relevante a obra de Gaspar (2013) para o uso diário no processo de ensino e aprendizagem pois apresenta muitas atividades experimentais.

a) Simulações em Física:

as quatro obras apresentadas permitem o leitor, além do livro, fazer uso de tecnologia, ferramenta de conteúdo digital. Yamamoto e Barbeta (2001) esclarecem que simulações permite realizar fenômenos que na prática seria difíceis e o programa de simulação permite uma melhor compreensão dos fenômenos físicos.

Em outro estudo, Cardoso e Dickman (2012) enfatizaram a importância do professor no processo de aquisição de conhecimento na escolha de material adequado e também essencial que se faça uso de simulação computacional desde que seja coeso com os conteúdos de ensino.

Para situar, o quadro 12 apresenta estudos acerca de simulações computacionais no ensino de física de duas revistas: Caderno Brasileiro de Ensino de Física e Revista Brasileira de Ensino de Física.

Os estudos apresentados no quadro 12 indicam ferramentas que complementam os procedimentos didáticos do ensino da eletrostática em cruzamentos com os recursos didáticos oferecidos pelas obras didáticas (A, B, C, D).

**Quadro 10-**Distribuição dos estudos segundo autoria, revista/periódico, *qualis* e título do artigo

<b>Autoria</b>	<b>Revista/Periódico</b>	<b>Qualis - Capes*</b>	<b>Título do artigo</b>
Betz e Teixeira (2012)	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	B1 (Ensino)	Material Instrucional apresentando conteúdos de métodos computacionais para o ensino de física

\*Cf. Plataforma Sucupira. Disponível em:<  
<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>> Acesso em 30, jun.,2016.

**Quadro 10-**Distribuição dos estudos segundo autoria, revista/periódico, *qualis* e título do artigo (continuação)

<b>Autoria</b>	<b>Revista/Periódico</b>	<b>Qualis - Capes*</b>	<b>Título do artigo</b>
Silva, Germano e Mariano(2011)	Revista Brasileira de Ensino de Física	A1 (Ensino)	<i>SimQuest</i> - ferramenta de modelagem computacional para o ensino de física
Figueira (2005)	Revista Brasileira de Ensino de Física	A1 (Ensino)	<i>Easy Java simulations</i> – Modelagem computacional para o ensino de Física
Anjos (2008)	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	B1 (Ensino)	As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: a simulação computacional na educação em Física
Ferracioli, Gomes e Camiletti (2012)	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	B1 (Ensino)	Ambientes de modelagem computacional no aprendizado exploratório de Física

\*Cf. Plataforma Sucupira. Disponível em:<  
[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaG](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf)  
 eralPeriodicos.jsf> Acesso em 30, jun.,2016.

## b) Experimentação

Não apenas a obra didática de Gaspar (2013), mas como também a de Yamamoto e Fuke (2013) e Sant'anna *et al.* (2013) apresentaram atividades práticas experimentais de baixo custo como complemento no processo de ensino e aprendizagem em Física.

Estudos tem divulgados atividades práticas no ensino da eletrostática de baixo custo. No estudo de Ganci e Ganci (2012), por exemplo, mostrou experimentos de baixo custo no ensino da eletrostática. Dos experimentos em destaque em contexto foram: experimentos de cargas elétricas, demonstração da lei de Coulomb, introdução ao conceito de capacitância, dielétricos e capacitores, entre outros.

Laburu, Silva e Barros (2008) propõe um experimento simples e de baixo custo no ensino da eletrostática. O experimento é baseado no eletroscópio de papelão e apresenta o poder das pontas para aplica-lo ao funcionamento de um pára-raios.

## c) A leitura:

O ensino de Física não representa apenas abordagem quantitativa e experimental, há também aplicação a tecnologias e contextos com outras áreas de conhecimento. E isso é evidenciado pelas obras didáticas A,B,C e D (cf. Quadro 1).

Zanotello e Almeida (2007) ressalta que para fazer uma ampliação da abordagem da física, uma alternativa é a leitura de textos e livros de divulgação científica para serem trabalhados na escola. No entanto, Silva (2007), conclui no seu estudo que os professores de física devem estar atentos ao surgimento de novos trabalhos sobre a história da ciência pois desfazem versões tradicionais aceitas, e nesse sentido é importante ler a obra original dos autores.

Em Francisco Junior, Andrade e Mesquita (2015), considera-se que o homem mesmo sem aprender ciências já vive em contexto cotidiano com a ciência, e a associação entre leitura e educação científica permite elaborar um diálogo que permita uma capacidade críticas do ser humano.

Além disso, situando a leitura, com uso de histórias em quadrinhos (HQ) e tirinhas, Souza e Vianna (2014) defendem que elas estimulam o desenvolvimento do hábito da leitura e enriquece o vocabulário do aluno. Sobre essa questão, os autores Ramalho Junior, Ferraro e Soares (2009) e Yamamoto e Fuke (2013) colocaram algumas tirinhas nas obras didáticas. No estudo de Santos e Ganzarolli (2011) confirmou a hipótese de que a HQ diz respeito a um recurso que serve de incentivo à leitura, auxílio no ensino e contribui para formação de leitores,

### *2.6.1.3 Considerações finais*

Assim, dentro dos resultados apresentados, as obras didáticas analisadas apresentaram características similares dos conteúdos de ensino da eletrostática sobre as indicações: simulação computacional/animação, atividade experimental e leitura. Esses foram os descritores da análise de conteúdo nas obras didáticas A, B, C e D. De fato, uma dessas indicações se destacam mais de um autor para o outro. No entanto faz-se necessário o docente buscar conhecimento técnico científico para ter familiaridade com procedimentos didáticos para produzir sequência didática com alguma indicação.

As obras didáticas evidenciam atividades experimentais que fazem um imperativo para fenômenos da eletrização, tais como: eletrização, pêndulo eletrostático. Para indicações de simulações há um indicativo para os conteúdos de

campo elétrico, linhas de campo elétrico e eletroscópio que são citados em atividades experimentais. As atividades de leitura, no geral, apresentam tópicos para parte histórica da eletricidade.

É importante salientar que todas as obras possuem um potencial para explorar a leitura com o aluno, desde que o professor tenha estratégias específicas durante o ensino da eletrostática. A própria indicação de atividade experimental permite um enfoque para leitura, pois é necessário o aluno ter um conhecimento prévio do assunto para discutir os fenômenos que serão observados no experimento.

## 2.7 TEMAS DA ELETROSTÁTICA: CONTEXTO DE UMA MATRIZ DE REFERÊNCIA, PARÂMETRO E ORIENTAÇÃO NO CURRÍCULO

No aspecto geral da Física, a literatura de Rego (2010) discorreu que a Física apresenta uma linguagem coesa pela experimentação, matemática e teórica. Partido desses três contextos do autor, atualmente, alia-se uma outra forma de linguagem de interesse físico: a Física Computacional. Então, a simulação computacional aliada à experimentação, a leitura de texto, bem como a linguagem matemática podem estar ligadas no processo de ensino de Física no geral e/ou alguma área específica dela.

A saber, no contexto brasileiro, a inclusão de uma matriz de referência para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) destaca alguns eixos cognitivos comuns a todas as áreas de conhecimento, são elas: dominar linguagens, compreender fenômenos, enfrentar situações-problemas; construir argumentação e elaborar propostas (BRASIL, 2016a).

Essa matriz de referência, confira em Brasil (2017c), apresenta objetos de conhecimento do ensino da Física em diversas áreas. No entanto, para o ensino da eletrostática, destaca-se os objetos de conhecimento: a lei de Coulomb, a carga elétrica, campo elétrico, potencial elétrico, linhas de campo, capacitores e outros. Esses são conteúdos de ensino da eletrostática, mas não se referem aos conteúdos de um ensino isolados das demais ciências. Eles, assim como outros conteúdos, podem permitir uma aliança com Ciências da Natureza e suas tecnologias.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) destacam a Física aliada a uma linguagem Matemática, mas que proporciona instrumentos e linguagens agregados por outras ciências (BRASIL, 2017d). Mais adiante, no PCN faz um imperativo aos objetivos do ensino médio no Brasil, onde a área do conhecimento “Ciências da

Natureza e Matemática”, assim como as outras duas áreas<sup>12</sup>, vem acompanhado de suas tecnologias.

E no contexto das disciplinas de Física, Química, Biologia, assim como a Matemática, nos PCN+ destaca que os temas de ensino de cada uma não se restringem aos tópicos disciplinares, mas que estabelecem síntese de intenções formativas (BRASIL,2017e). Mais adiante, nos PCN+, apresentaram seis temas estruturadores do ensino da Física, mas que não há a palavra-chave eletrostática, pois não se trata de uma releitura dos conteúdos da Física, mas um possível caminho para o desenvolvimento de competências e habilidades no aprendiz. O estudo da eletrostática nos PCN+, é destacado quando se enfatiza o estudo da eletricidade em situações reais/concretas, tais como: para-raios, choques elétricos, o papel dos condensadores e etc.

Em outra literatura do Ministério da Educação, sobre Orientações curriculares para o Ensino Médio (OCEM), esclarece as propostas de temas de ensino na Física sobre os PCN e PCN+, mas ao se referir ao eletromagnetismo converge para o estudo do campo elétrico, campo magnético, circuitos elétricos, viabilidade de introdução de conceitos de eletrônica, aplicação a tecnologias, e temas de Física Moderna (BRASIL, 2006).

Semelhantemente, pela Secretaria de Estado de Educação (SEE)/Acre, pelo caderno de orientação curricular do ensino de Física, não apenas contempla temas da eletrostática, mas como também de outras áreas da física (cf. ACRE, 2010). Esse caderno de orientação curricular (COC) apresenta uma matriz de referencia curricular distribuindo-a em objetivos, conteúdos, propostas de atividade e formas de avaliação. Nesse mesmo caderno de orientação curricular é apresentado proposta como atividades situações de ensino que permita o uso de simulação computacional, realização de atividade experimental, leitura de texto e outros, considerando a capacidade/objetivo de ensino: situação problema que envolva o eletromagnetismo (cf. ACRE, 2010).

Dado o exposto, não somente a matriz de referência do ENEM, mas como também, o PCN e PCN+ convergem em algum momento para temas da eletrostática. Da mesma maneira, o caderno de orientação curricular da SEE/Ac. Nesse sentido, há

---

<sup>12</sup> Linguagens e Códigos; Ciências Humanas.

o imperativo da linguagem nas Ciências da natureza e a Matemática para a compreensão do fenômeno físico aliado ao contexto tecnológico.

O ensino da eletrostática na Física permite um papel fundamental no processo da aprendizagem de um aluno, seja por proposta ensino com experimentação, leituras, abordagens teóricas, representações matemáticas, bem como simulações computacionais.

### 3 OBJETIVOS DA PESQUISA

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Produzir e avaliar a simulação computacional em *flash* de fenômenos físicos da eletrostática.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) produzir simulação em *flash* para os fenômenos: da eletrização, força elétrica, campos elétricos, potencial elétrico e aplicações;
- b) apresentar algumas simulações em *flash* de aplicações de fenômenos da eletrostática com dinâmica;
- c) ministrar aula expositiva com simulações em *flash* para alunos da terceira série do ensino médio;
- d) identificar um discurso do sujeito coletivo dos estudantes acerca da exposição das simulações computacionais em *flash* da eletrostática;
- e) produzir uma orientação didática para o docente sobre uso da simulação em *flash* dos fenômenos da eletrostática.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO

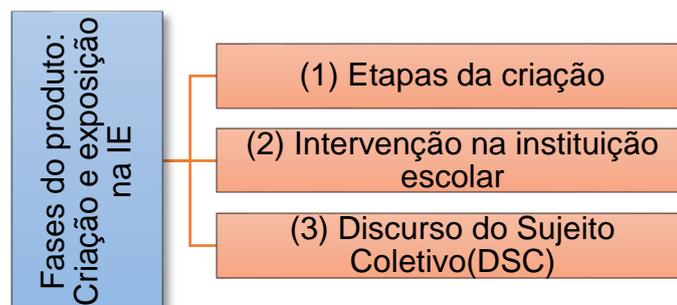
A presente pesquisa diz respeito a um estudo de natureza aplicada em que foi elaborado um produto final de simulação computacional em *flash* na área da eletrostática.

Para Silva e Menezes (2001) a pesquisa aplicada envolve a geração de conhecimento para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos.

Além disso o estudo se caracteriza como explicativo, pois apresenta uma orientação didática ao docente das simulações computacionais em *flash*, bem como tratamento de dado qualitativo do discurso dos participantes da pesquisa (aluno) acerca de uma exposição de aula. Além disso, apresenta dados descritivos quantitativos do grupo social participantes da pesquisa. Sampieri, Collado e Lucio (2010) apontam que um enfoque de investigação qualitativa explora em profundidade fenômenos de modo que os significados se extraem dos dados (discursos). Enquanto que os dados quantitativos apresentam tradução em número de informações (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009).

Após a elaboração prévia das simulações foi realizada uma intervenção em uma instituição escolar para ministrar duas horas/aulas com alunos do ensino médio da 3 série, utilizando as simulações elaboradas. O fluxograma abaixo apresenta a sequência das fases da elaboração do produto à apresentação na instituição escolar.

#### Fluxograma 1-elaboração do produto: criação e exposição na instituição escolar (IE)



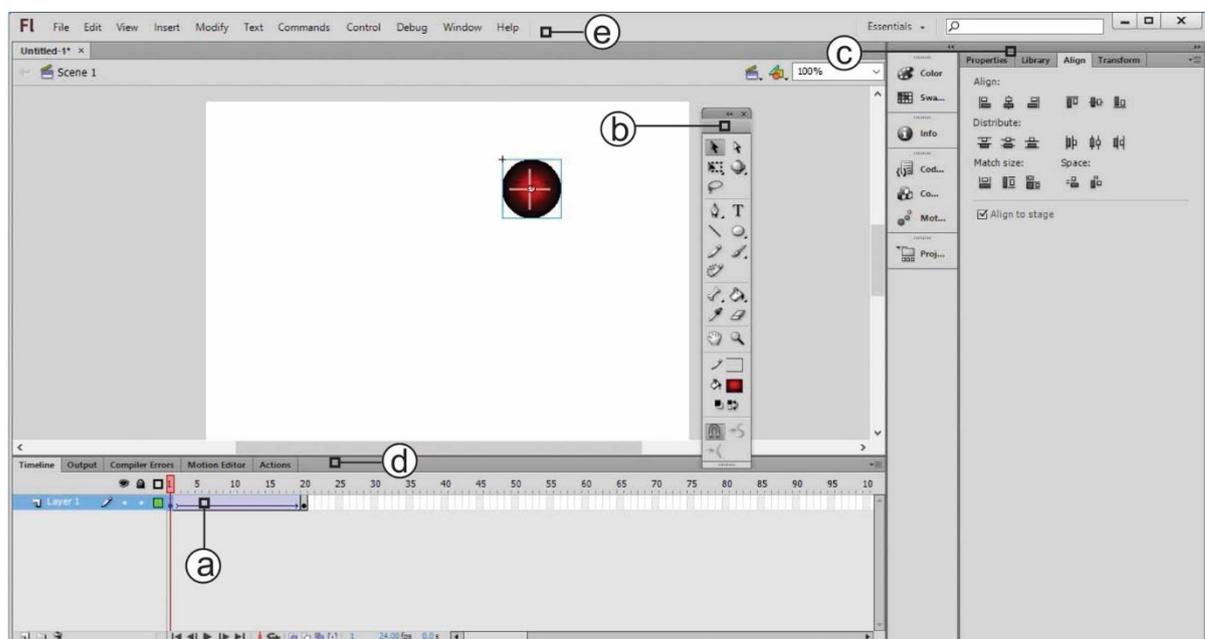
Nota: (1) refere-se as etapas de criação das simulações computacionais na área da eletrostática; (2) Apresentação das aulas de eletrostática no local de Intervenção e aplicação do questionário; (3) Análise e tabulação de dados do questionário.

## 4.2 MATERIAL E METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DAS SIMULAÇÕES

Para elaboração das simulações computacionais foi utilizado o programa *Adobe Flash professional CS6 (AFP)*, conhecido atualmente como *Animate CC*. Esse é um editor gráfico e permite a realização de simulação vetorial de animação baseado em uma linha de tempo (*timeline-based*) (ADOBE, 2016).

O método de criação das simulações utilizou os recursos do programa usando a linha do tempo, programação *Action Script* (2.0 e 3.0) e a ferramenta de criação “*motion tween*”. As simulações dos fenômenos físicos foram desenhadas em *frames* na linha do tempo, em seguida será aplicado a animação básica.

**Figura 5**-Ferramentas e área de trabalho do *Flash Professional CS6*



Nota: A figura é uma ilustração da área de trabalho retirada do *Flash Professional CS6*. (a) indica a linha do tempo e os *frames*; (b) ferramentas básicas para elaboração e interação nas imagens; (c) Aba com janelas que possuem outras ferramentas/funções que permitem a aplicar algumas propriedades, transformações, alinhamento e biblioteca; (d) indicação do “*time line*” e “*Actions*”; (e) *menu de file, edit, view, insert, modify, text, commands, control, debug, Windows e help*.

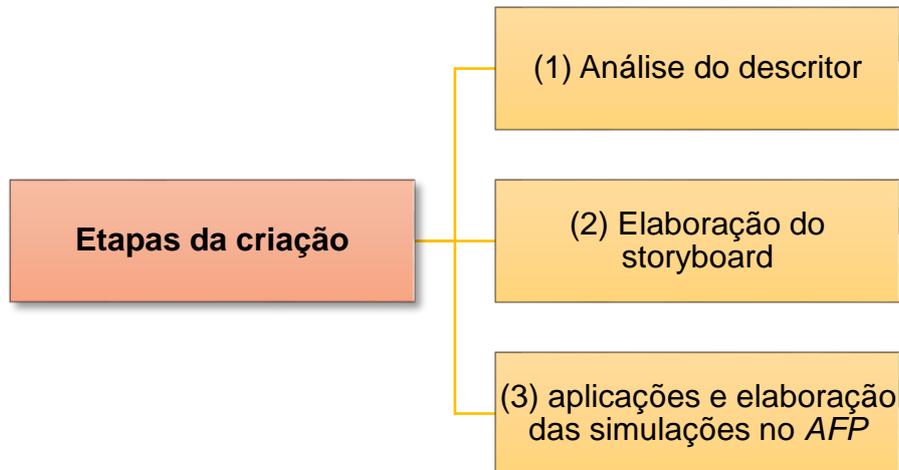
Fonte: elaborado pelo autor.

### 4.2.1 Etapas da elaboração das simulações

O fluxograma 2 abaixo mostra as etapas das elaborações das simulações dos fenômenos físicos da eletrostática.

As etapas para criação de uma simulação computacional no *AFP* foram: análise do descritor em física, elaboração do *storyboard* e aplicações/elaboração das simulações no *AFP*.

## Fluxograma 2- Etapas da criação de uma animação/simulação computacional em *flash*



Para elaboração das simulações dos fenômenos da eletrostática foram adotados os descritores para criação: atração e repulsão de cargas elétricas; lei de coulomb; gráfico da lei de coulomb; campo elétrico de cargas elétricas (positivas e negativas) e interações; linhas de campo elétrico; campo elétrico resultante; potencial elétrico; superfície equipotenciais; capacitância elétrica; aplicações: pêndulo eletrostático, eletroscópio de folhas, lançamento de partícula entre duas placas paralelas, máquina de xerox, tubo de raios catódicos.

Posteriormente foi elaborado o *storyboard* de algumas simulações dos descritores. O *storyboard* foram desenhados em papel com uso de lápis de cor com as respectivas indicações básicas das animações do fenômeno físico.

As simulações foram elaboradas usando as ferramentas e recursos disponíveis no *AFP*. Alguns movimentos de gráficos/desenhos/figuras foram acionados com a ação “*classic tween*”, *frame por frame*; bem como uso de alguns *actions scripts* (cf. item (d) na figura 5).

### 4.3 METODOLOGIA DA INTERVENÇÃO NA INSTITUIÇÃO ESCOLAR

#### 4.3.1 Instituição da intervenção

A instituição de intervenção foi a “Escola José Ribamar Batista” (EJORB) para ministrar duas horas/aulas de Física sobre fenômenos físicos da eletrostática e ao término da aula foi aplicado um questionário para os participantes da pesquisa para



participante (aluno) deve estar matriculado regularmente na escola; ter frequência regular nas aulas e ter idade entre 15 anos a 21 anos; foram excluídos do estudo, aluno cursista da terceira série que estuda pela segunda vez ou superior; estudante que trabalha ou estagia em alguma atividade laboral na área da eletricidade.

#### *4.3.2.1 Instrumento de coleta de dados*

O instrumento de coleta de dados foi um questionário semiestruturado para os participantes (alunos) contendo campos (variáveis) de perguntas fechadas e abertas.

No estudo, o uso do questionário com pergunta aberta permite o sujeito da pesquisa dar resposta livre e com maior teor de detalhes o que permitirá mais profundidade no estudo (SANTOS, 2015).

No instrumento, há campos para preenchimento sobre: a idade, turma e sexo. Para perguntas abertas estão dispostas apenas 3 perguntas para serem respondidas em contexto com uma identificação de um discurso do sujeito coletivo (cf. Apêndice A) sobre as simulações apresentadas na aula expositiva.

#### **4.3.3 Etapas da intervenção**

A intervenção ocorreu considerando o cronograma da pesquisa mediante a aprovação do projeto no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) local. O projeto seguiu as recomendações na Resolução 466/12 (cf. BRASIL, 2016) e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa/UFAC com o número do parecer: 1.918.913.

E posteriormente a aprovação, as seguintes etapas ocorridas foram: o planejamento prévio na instituição, exposição da aula definitiva (uso do produto educacional) e a aplicação do questionário.

##### *4.3.3.1 Planejamento prévio na instituição escolar*

O planejamento prévio constituiu em uma visita na escola para estabelecer a comunicação entre a direção-coordenação e professor da disciplina para planejamento e esclarecimentos acerca da execução da pesquisa, bem como conhecimento da rotina da escola.

Ao aluno maior de idade que desejou voluntariamente ser participante da pesquisa foi passado as considerações éticas do estudo, bem como os riscos e benefícios. Eles foram esclarecidos acerca do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Para os alunos menores de idade para a participação do estudo foi esclarecido a eles o Termo de Assentimento (TA) levando em consideração a autorização do pai e/ou responsável mediante a assinatura do TCLE. Os riscos e benefícios da pesquisa também foram apresentados.

Após a identificação dos possíveis participantes do estudo foi agendada a exposição da aula com os participantes do estudo na IE. Eles participaram na exposição da aula agendada e ao final responderam o questionário semiestruturado.

#### *4.3.3.2 A exposição da aula definitiva e a aplicação do questionário*

A exposição da aula foi confirmada com o professor da disciplina da EJORB e a Direção para quatro turmas da terceira série. A ministração da aula ocorreu na segunda quinzena de maio/2017. A aula expositiva teve uma duração de 90 minutos (2 horas/aula). Essa exposição obedeceu aos procedimentos didáticos conforme a sequência didática pré-estabelecida (cf. sequência didática da aula em apêndice).

Ao final da exposição da aula foi aplicado o questionário semiestruturado para aos participantes. Alguns alunos optaram para responder o questionário ao final da aula e outros em casa.

#### **4.3.4 Método de análise**

Para análise do questionário adotou-se o método do “discurso do sujeito coletivo” (DSC) (LEFÈVRE; LEFÈVRE, 2005), com adaptações. Segundo esses autores explicam que a ideia do pensamento em escala coletiva pode produzir uma forma de soma de discursos; o sujeito coletivo apresenta-se através de um discurso emitido em primeira pessoa (coletiva) no singular. Notadamente no DSC há a presença de figuras metodológicas tais como: expressões chave, ideias centrais e ancoragem (DUARTE; MAMEDE; ANDRADE, 2009; LEFÈVRE; LEFÈVRE, 2005, 2016).

É importante salientar ainda, conforme Sales, Souza e John (2007), que o DSC articula conceito da teoria de representações coletivas formulada por Emile Durkheim e da teoria de representações sociais formulada por Moscovici.

Ademais o DSC considera a aspecto qualitativo e quantitativo, pois o pensamento coletivo, expressa em discurso, configura também como uma variável quantitativa (LEFEVRE; LEFEVRE, 2006) e nesse contexto o discurso do sujeito coletivo resgata representações sociais. E essas são práticas discursivas (LEFEVRE; LEFEVRE, 2014).

Duarte, Mamede e Andrade (2009, *passim*) explicam que o DSC se caracteriza por uma técnica de organização do material resultante do trabalho de campo e que seu marco inicial foi da década de 1990 em uma pesquisa realizada pelos autores Lefèvre e Lefèvre com servidores públicos da cidade de São Paulo/Brasil.

De fato, a ideia de um pensamento pode ser expressa numa forma de linguagem oral ou escrita. Nessa óptica, Orlandi (2009) denomina signos os sinais que o sujeito (Homem) produz na medida que fala ou escreve. Para Chomsky (1998) a faculdade da linguagem aparece em contextos nos aspectos da vida, do pensamento e interação entre os humanos.

#### 4.3.4.1 *Tabulação e formas de apresentação dos dados*

Os dados dos questionários foram tabulados pelo *Google Sheets*<sup>13</sup>, bem como no programa *Origin Pro 8.0*<sup>14</sup>. O DSC foi analisado e elaborado através do *Google Sheets*. As respostas dos alunos (expressões-chaves) foram tabulados na íntegra, em seguida foram identificadas ideias centrais das expressões-chaves; as ideias centrais identificadas foram categorizadas e ao final elaborou-se o DSC. Os resultados foram apresentados em tabelas, gráficos e quadros com a apresentação do Discurso do Sujeito Coletivo e dados quantitativos.

#### 4.3.5 **Considerações éticas da pesquisa**

---

<sup>13</sup> Cf. Planilhas eletrônicas do Google/Google docs. Disponível em:< <https://www.google.com/sheets/about/>> Acesso: 15, mai., 2017.

<sup>14</sup> Cf. OriginLab. Disponível em:< <https://www.originlab.com/>> Acesso em 20, fev., 2018.

A presente pesquisa foi de natureza aplicada pois envolveu uma elaboração de um produto educacional. Mas possuiu uma etapa de intervenção em uma IE e por envolver aplicação de questionário com participantes da pesquisa, necessitou encaminhar ao Comitê de Ética Local e seguiu as recomendações da resolução 466/12 (BRASIL, 2016).

Para manter o anonimato, os participantes da pesquisa não foram identificados por nome próprio e/ou local de residência. Por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Termo de Assentimento, os participantes foram informados acerca da pesquisa e também da aceitação ou não na pesquisa. Além disso os riscos e benefícios foram apresentados a eles.

#### *4.3.5.1 Risco da pesquisa*

Os riscos da pesquisa foram mínimos, pois o envolvimento do participante da pesquisa compreendeu em assistir uma exposição de aula e logo após foi dado o questionário da pesquisa para responder. No entanto, para minimizar ou excluir o risco, na possibilidade de algum participante sentir-se em desconforto em responder alguma questão do questionário por se tratar de pergunta não comum aos exercícios da disciplina de física na escola, o questionário da pesquisa foi proposto para ser respondido em casa e sem a necessidade de identificação no questionário.

Além disso foi esclarecido ao participante, a garantia do absoluto e irrestrito sigilo profissional sobre sua identidade durante e após o término da pesquisa. Desse modo, a identidade pessoal e/ou profissional do participante foi excluída de todos e quaisquer produtos da pesquisa para fins de publicação científica.

#### *4.3.5.2 Benefícios*

Tendo em vista que a pesquisa como um todo tem uma relevância na área profissional, aprendizagem, didática e em TIC, o envolvimento dos participantes da pesquisa contribuirá na pesquisa com discurso acerca da exposição da aula com o uso das simulações computacionais. Nesse sentido, os participantes (alunos) diretamente se beneficiaram com a obtenção de uma aula expositiva que envolveu recurso de tecnologia de ensino de física na escola; uma aula com uso de simulações

de fenômenos físicos, bem como um complemento adicional de informação acerca do tema da eletrostática nas simulações apresentadas na aula expositiva.

A escola se beneficiou com a promoção da aula do produto educacional (simulações computacionais de fenômenos da eletrostática-SCFE), durante a execução da pesquisa e posteriormente a apresentação dos resultados da pesquisa o CD com as SCFE's apresentadas. O docente tem como benefício: a aquisição do produto educacional (SCFE) aplicado a física e os procedimentos didáticos para o uso das simulações disponíveis pela SBF<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Produto educacional estará disponível após a publicação dos resultados pela instituição do polo (UFAC) no ambiente do sítio do MNPEF. Cf. MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-MNPEF. **Produtos educacionais.** Disponíveis em: < <http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=defesas/produtos>> Acesso em 20, ago., 2017.

## 5 RESULTADOS

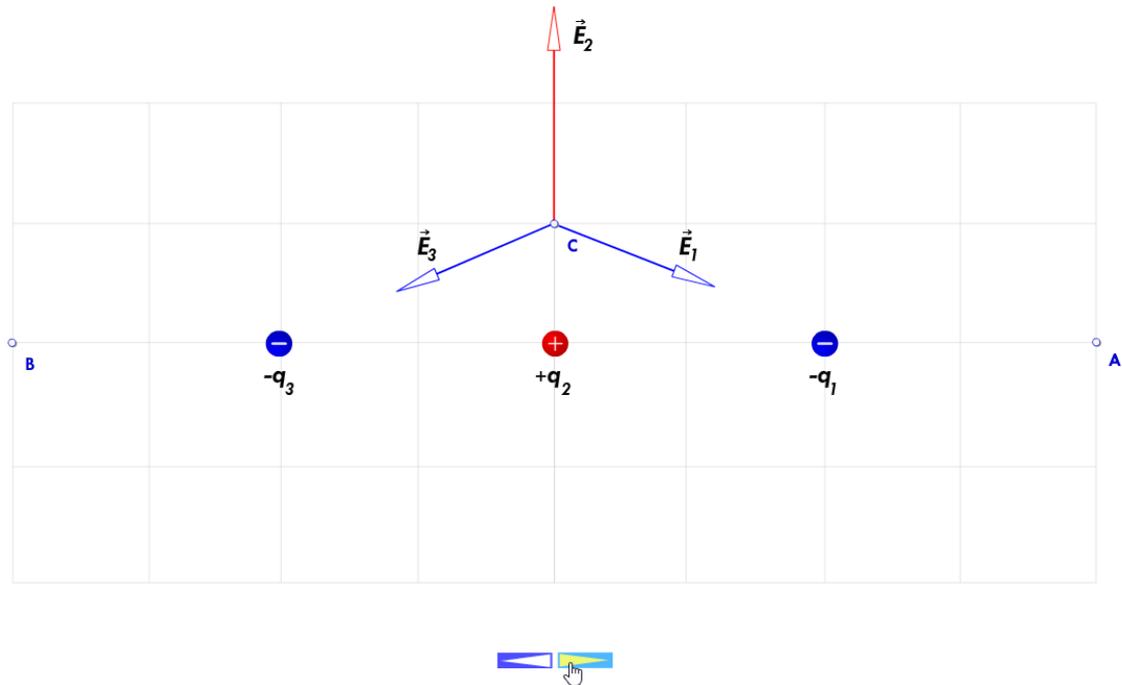
### 5.1 APRESENTAÇÃO DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS EM FLASH DE FENÔMENOS FÍSICOS DA ELETROSTÁTICA: ORIENTAÇÃO BÁSICA SOBRE O USO

#### 5.1.1 Caracterização geral e parâmetro básico das simulações

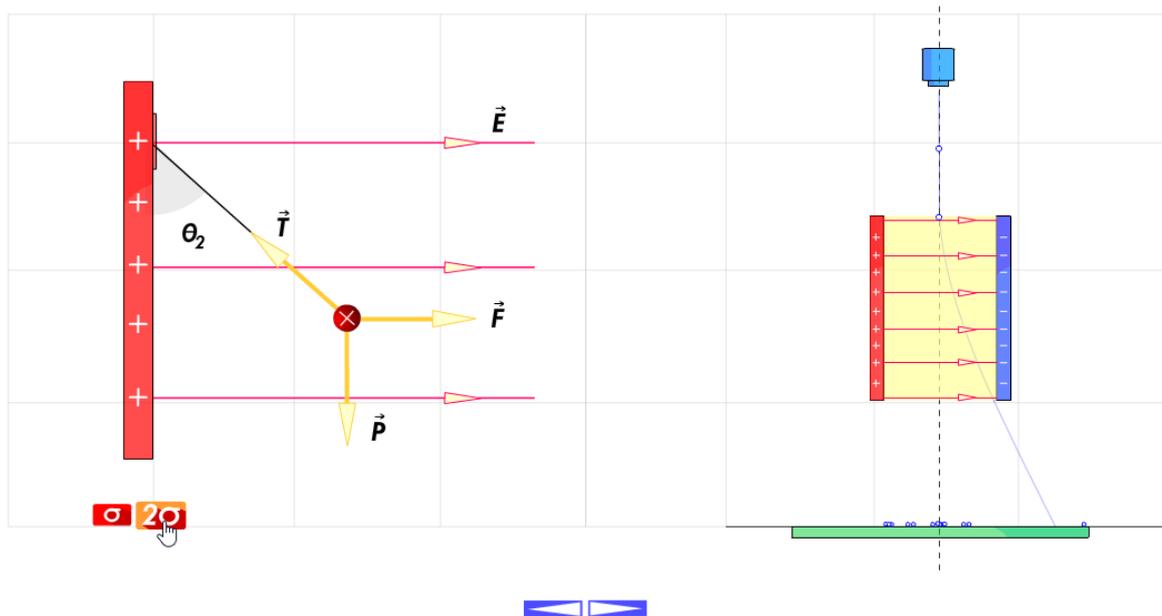
As simulações computacionais em *flash* foram desenvolvidas de forma geral com a seguinte caracterização:

- I. parâmetro de controle e interação: apresentam um botão de passador da animação/*slide* (confira Figura 7A); em algumas animações é possível interagir em alguns botões (região) em que o cursor do mouse se altera para a forma de uma “mão”, conforme ilustra a Figura 7B. Em algumas situações é possível verificar um fenômeno físico adicional e/ou iniciar uma animação, conforme ilustra a Figura 7B;
- II. *design* gráficos básicos: em algumas simulações a carga elétrica positiva foi representada por cor vermelha com sinal positivo no centro enquanto que carga negativa foi de cor azul e sinal negativo no centro da ilustração; algumas simulações apresentam representações gráficas de vetores (força elétrica, campo elétrico, força peso, tração); muitas simulações apresentam uma palco na forma retangular de plano de fundo. Essas caracterizações podem ser visualizadas como exemplo nas Figura 7A e 7B. As cargas elétricas desenhadas estão sem escala. Outras representações gráficas do *design* de um elemento na simulação podem aparecer tais como: sombreamento do vetor, representação de campo elétrico com gradiente de cor, trajetória de uma partícula, placas paralelas de capacitor com ilustração em cor vermelha carregado positivamente e em cor azul placa carregada negativamente (cf. Figura 7B).

**Figura 7-**Cena de simulações com representação interativa do botão (passador de slide), interação para animação e elementos gráficos



**Figura 7A-**representação gráfica do botão e da forma como aparece ao inserir o cursor do mouse sobre ele. O botão está no centro do simulador, posição inferior.



**Figura 7B-**representação gráfica de uma interação na simulação em que aparece a representação do cursor do mouse na forma de uma mão, conforme ilustra em baixo da placa carregada positivamente, botão  $2\sigma$ .

Fonte: elaboração própria.

O quadro abaixo ilustra a distribuição de 16 simulações segundo a categoria simulador, slides, painéis e o contexto de fenômenos físicos da eletrostática.

**Quadro 11-**Distribuição das simulações computacionais em flash para fenômenos físicos da eletrostática

Simulador	Slides	Painel	Simulação	Contexto de fenômenos físicos da eletrostática
Simulador I	1	Painel 1	A	Pêndulo eletrostático
	2		B	Eletroscópio de folhas
Simulador II	1	Painel 2	C	Lei de Coulomb, gráfico da lei de Coulomb
	2	Painel 3	D	Projeção vetorial da força elétrica entre cargas elétricas
	3	Painel 4	E	Força elétrica de atração e repulsão
	4	Painel 5	F	Força elétrica resultante
	5	Painel 6	G	Linhas de força de um campo elétrico, contextualização e aplicações
Simulador III	1	Painel 7	H	O campo elétrico
	2	Painel 8	I	Linhas de força de campos elétricos
	3		J	
	4		K	
	5	Painel 9	L	Gráfico do módulo do campo elétrico em função da distância
	6	Painel 10	M	Campo elétrico de várias cargas puntiformes
	7		N	
7	O			
Simulador IV	1	Painel 11	P	Simulador de um precipitador eletrostático

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

As simulações foram categorizadas para quatro simuladores: no simulador I apresenta duas simulações; o simulador II possui um conjunto de cinco simulações; o simulador III contempla um quantitativo de oito simulações. Apenas o simulador IV apresenta apenas uma simulação. Os simuladores possuem *slides* contendo as simulações.

### 5.1.2 As simulações computacionais em *flash* e uma orientação didática sobre o uso

O texto dessa seção apresenta uma descrição básica das simulações, indicação de parâmetros de controle e interação (quando houver).

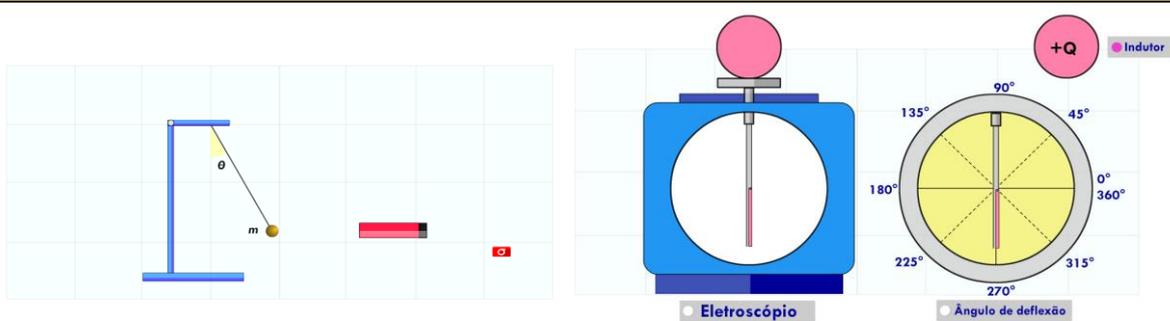
Além disso apresenta uma orientação didática sobre o uso contemplando descritores para o ensino de física e alguns procedimentos didáticos. Ressalta-se que a utilização das simulações faz-se necessário ter os recursos tecnológicos básicos para a utilização na sala de aula, tais como: computador/*notebook*, projetor multimídia e/ou TV. Outros recursos adicionais serão necessários: livro didático e papel.

**Painel 1-Simulação A e B: pêndulo eletrostático e eletroscópio de folhas**

**Simulação A e B: pêndulo eletrostático e eletroscópio de folhas**

**Descrição da simulação:** o primeiro *slide* apresenta o simulador do pêndulo eletrostático simples de um corpo de massa “m” e um indutor (objeto carregado). O segundo *slide* apresenta um simulador do eletroscópio de folhas contendo um indutor carregado positivamente e uma imagem ilustrativa ampliada do ângulo de deflexão da lâmina no eletroscópio.

**Interação:** no pêndulo eletrostático simulado ocorre ao clicar sobre o botão  $\sigma$ . Isso permite aproximar o indutor (objeto de cor vermelho e preto) e após deixar o pêndulo em uma determinada posição foi incluída uma informação gráfica do ângulo do pêndulo em relação a vertical, assim como uma interação oculta ao posicionar a seta do *mouse* sobre o pêndulo. Isso inclui as forças que atuam sobre o corpo de massa “m”. A interação no eletroscópio ocorre ao clicar no botão intitulado “indutor”. Isso permite o indutor se aproximar do eletroscópio até o contato.



Cena do slide 1-pêndulo eletrostático

Cena do slide 2- eletroscópio de folhas

<p>Descritores para o ensino</p>	<p>Pêndulo eletrostático, eletrização por indução, indutor, forças (peso, força elétrica, força de tração), eletroscópio de folhas, eletrização por contato</p>
----------------------------------	---

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

As duas simulações apresentadas no Painel 1 podem ser utilizadas preferencialmente ao abordar o conteúdo de ensino sobre “Processos de eletrização”. Para esse conteúdo de ensino alguns procedimentos são recomendados:

- a) apresentar o tema da aula; escrever no quadro o assunto a ser estudado; organizar a sala de aula para que os alunos fiquem em dupla;
- b) contextualizar os alunos sobre a eletricidade estática;
- c) mencionar a estrutura elétrica da matéria explicar quando um corpo está eletrizado e a forma simbólica/gráfica apresentada nos livros quando um corpo está eletrizado;
- d) explicar o processo de eletrização e realizar uma demonstração experimental de baixo custo. Essa demonstração pode ser realizada tendo posse de uma caneta, em seguida esfrega-se o papel nela e em seguida aproxima de alguns pedacinhos de papel picado e/ou fios de cabelo.
- e) após a realização experimental, permitir que o aluno faça o mesmo procedimento, mas em dupla com o colega da sala. Reserve cinco minutos para esse procedimento didático;
- f) após isso, explique o fenômeno da indução usando o simulador pêndulo eletrostático. Descreva o pêndulo; clique no botão  $\sigma$  do simulador para realizar a animação. Faça explicações básicas referente a teoria. Elabore perguntas tais como: Quais as forças que atuam na esfera? O que ocorre com as cargas elétricas da esfera se o indutor for carregado positivamente?
- h) posterior a essa etapa, use o simulador do eletroscópio de folhas. Descreva o eletroscópio; ressalte aos alunos a imagem ao lado direito do eletroscópio é uma imagem ampliada do ângulo de deflexão da lâmina. Ligue o simulador e após isso explique os fenômenos elétricos.
- i) ao final, resolva dois exercícios do livro didático contemplando os conteúdos de processos de eletrização. Selecione um exercício para que os alunos respondam em sala de aula em dupla.

O simulador II apresenta cinco *slides* contemplando várias simulações em contexto com a Lei de Coulomb, gráfico da lei de Coulomb, projeto vetorial da força elétrica; força elétrica de atração e repulsão, entre outros.

A orientação didática sobre o uso da simulação no Painel 2 é recomendada para explicar como a força elétrica diminui com o quadrado da distância. Segue as recomendações didáticas para o uso:

- a) apresente o tema aos alunos; escreva a lei de Coulomb no quadro; identifique cada grandeza física com as respectivas unidades;
- b) usando a imagem gráfica no simulador, explique quando ocorre a interação entre as cargas elétricas; descreva o gráfico da lei de Coulomb no simulador; em seguida

questione aos alunos o que ocorre com a força elétrica quando a distância entre as partículas aumenta; peça para os alunos observarem o preenchimento do gráfico no simulador. Em seguida demonstre matematicamente a intensidade da força para a distância  $d$  e  $2d$ .

**Painel 2-Simulação C sobre a Lei de Coulomb e gráfico da lei de Coulomb**

Simulação C- Lei de Coulomb, gráfico da lei de Coulomb	
<p><b>Descrição da simulação:</b> contextualiza a lei de Coulomb e apresenta um gráfico em que há um preenchimento com animação no gráfico da força elétrica em relação à distância.</p> <p><b>Interação:</b> há um destaque interativo sobre a distância “<math>d, 2d, 3d</math> e <math>4d</math> ,” no gráfico de modo que identifica o módulo da força e uma indicação sombreada da projeção da força entre duas partículas de sinais opostos.</p>	
<p style="text-align: center;">Cena da simulação no instante em que se posiciona a seta do <i>mouse</i> sobre a distância <math>2d</math>.</p>	
<p><b>Descritores para o ensino</b></p>	<p>Lei de Coulomb, intensidade da força elétrica, força de interação</p>

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

c) contextualize a força elétrica com aplicações; na hipótese da existência de informação histórica da balança de torção no livro didático, peça para o aluno abrir o livro didático e observar a figura da balança de torção. Em seguida comente o experimento de Coulomb.

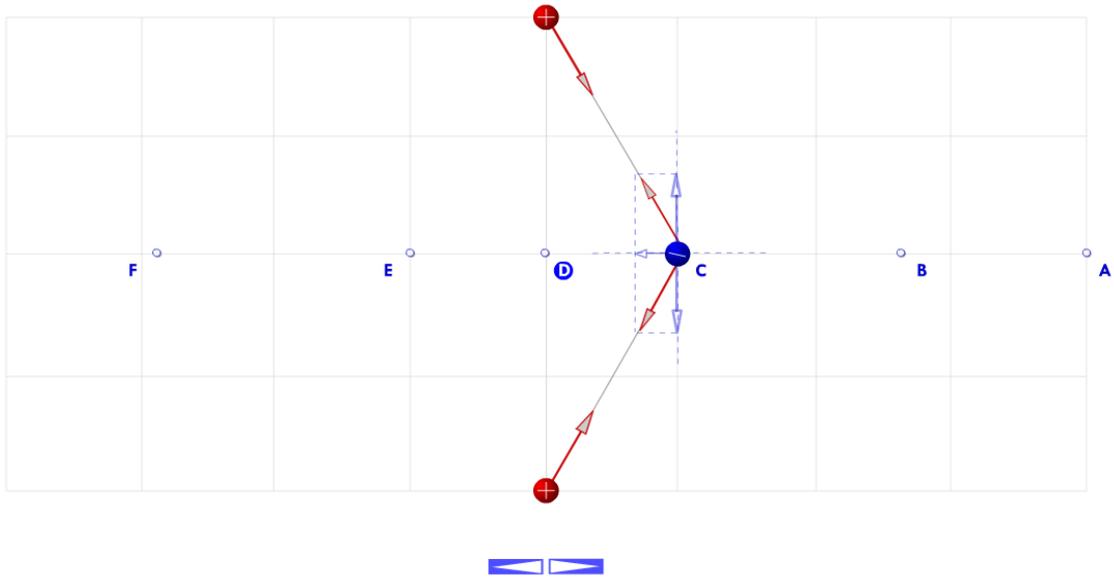
Os painéis 3, 4 e 5 que seguem apresentam simulações relacionadas no geral sobre o vetor força elétrica.

### Painel 3-Simulação D- Projeção vetorial da força elétrica entre cargas elétricas

#### Simulação D- Projeção vetorial da força elétrica entre cargas elétricas

**Descrição da simulação:** trata-se de uma simulação orientada da projeção do vetor da força elétrica de atração entre cargas elétricas de sinais contrários.

**Interação:** há um destaque interativo em que é possível ver a representação vetorial clicando nos pontos (A,B,C,D,E,F) sobre o eixo horizontal.



Cena da simulação que se clicou sobre o ponto C e forma como interativa como fica o ponto D ao posicionar o a seta do mouse sobre o ele.

<p>Descritores para o ensino</p>	<p>Força elétrica de atração e vetor força.</p>
----------------------------------	---

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

O painel 4 permite uma contextualização sobre a força elétrica de atração e repulsão projeção vetorial da força, a força elétrica resultante e o princípio da superposição.

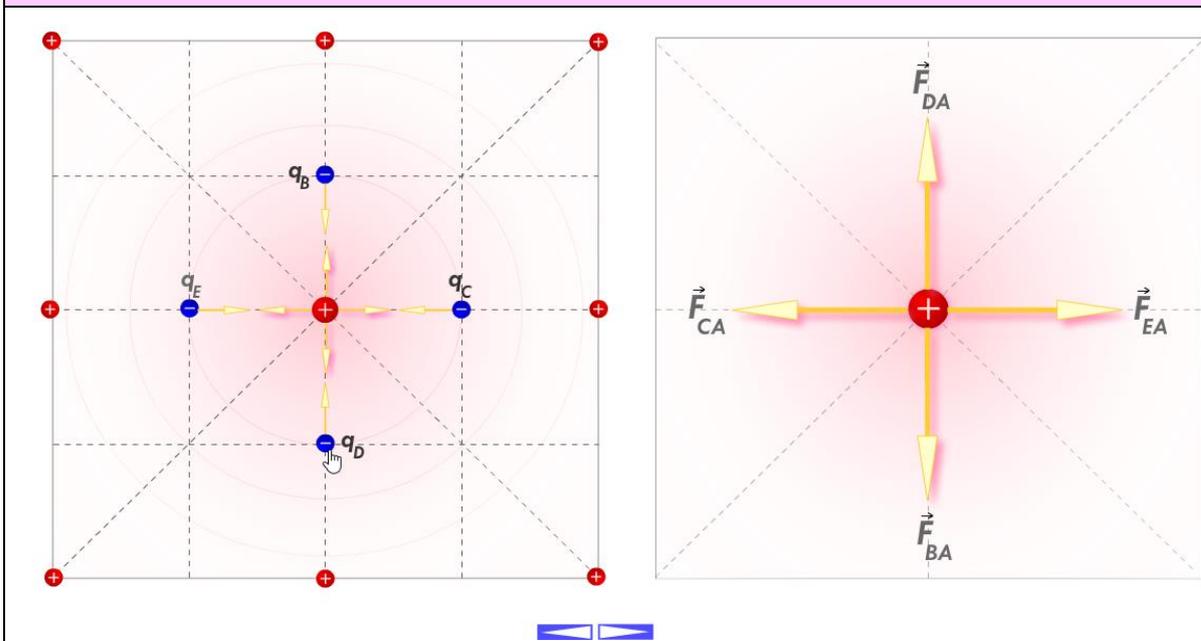
O painel 5 apresenta dois arranjos de partículas contextualizando a força elétrica resultante sobre a carga elétrica  $q_3$  (arranjo da esquerda) e a  $q_5$  (arranjo da direita).

### Painel 4-Simulação E- Força elétrica de atração e repulsão

#### Simulação E- Força elétrica de atração e repulsão

**Descrição:** trata-se de uma simulação orientada da projeção vetorial instantânea das forças que várias cargas elétricas exercem sobre uma carga elétrica central e positiva. As cargas elétricas estão posicionadas sobre um quadrado e outras cargas elétricas sobre um círculo no interior do quadrado.

**Interação:** apresenta interação para representação vetorial da força elétrica. Posiciona-se a seta do mouse sobre qualquer lado do quadrado ou sobre algum círculo. Além disso, apresenta uma imagem ampliada da projeção vetorial da partícula central



Nota: cena da simulação no instante em que se posiciona a seta do mouse um ponto do círculo e aparece imediatamente o vetor da força elétrica sobre a partícula no centro.

Descritores para o ensino

Força elétrica de atração e repulsão, força elétrica resultante, princípio da superposição

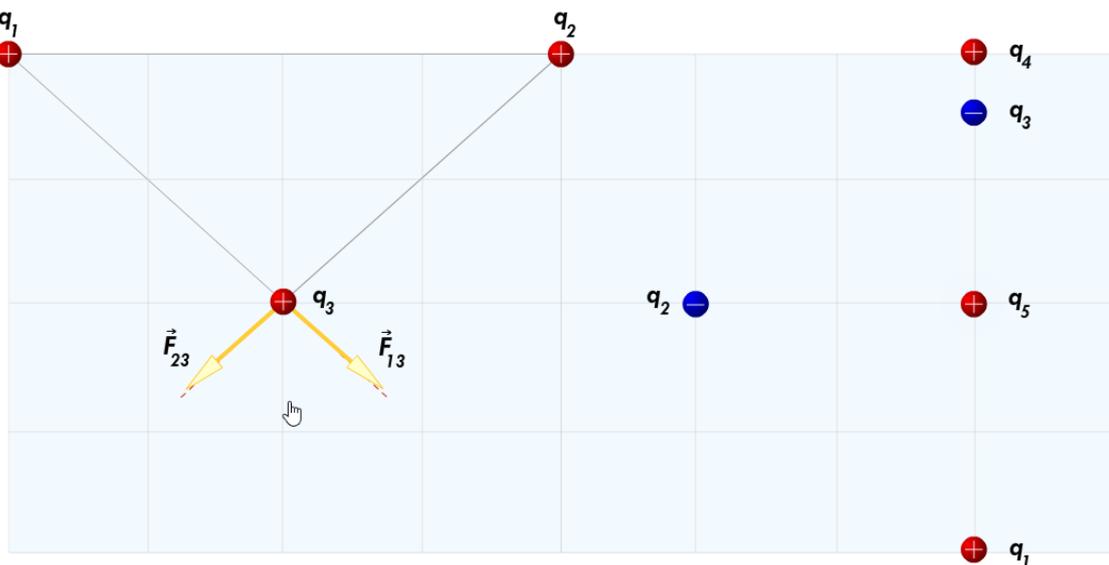
Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

### Painel 5-Simulação F- Força elétrica resultante

#### Simulação F- Força elétrica resultante

**Descrição:** simulação orientada da representação vetorial da força elétrica resultante sobre uma partícula. A simulação apresenta dois arranjos diferentes: uma com três partículas positivas e iguais e a outra com cinco partículas (duas cargas elétricas negativas e três com cargas elétricas positivas).

**Interação:** a projeção vetorial da força elétrica ocorre clicando-se sobre as partículas. A simulação da força elétrica resultante ocorre ao clicar sobre a partícula de carga elétrica  $+q_3$  e  $+q_5$ . Ou ao posicionar a seta do mouse sobre a direção e o sentido da força elétrica resultante



Nota: cena da simulação no momento em que posiciona a seta do *mouse* para incluir o vetor da força elétrica resultante. Ao direto da tela tem-se a segunda situação para caracterizar as forças elétricas que as partículas exercem sobre a carga  $-q_2$ .

Descritores de ensino	Força elétrica de atração e repulsão, vetor força, força elétrica resultante.
-----------------------	---

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

Os procedimentos didáticos para o uso dos painéis 3,4 e 5 são recomendados ao apresentar o conteúdo de ensino sobre “Força elétrica resultante” ou ainda em contexto sobre projeção vetorial da força elétrica entre carga elétricas, força elétrica de atração e repulsão, princípio da superposição.

Os procedimentos didáticos são:

- a) apresente o tema no quadro; organize a sala de modo que os alunos fiquem em dupla;
- b) ressaltar aos alunos a existência da força elétrica de atração e repulsão entre cargas elétricas. Esclareça em que situação isso acontece. Use o simulador do Painel 3 (simulação D) para apresentar uma interação entre cargas elétricas de sinais contrários. Contextualize para os alunos que são cargas elétricas pontuais no vácuo e que os pontos (A, B, C, D) que aparecem no simulador são para verificar possíveis posições e comportamento vetorial da interação entre a carga elétrica positiva e negativa; clique em alguns pontos e explique a representação vetorial;
- c) após clicar em alguns pontos pergunte para os alunos em qual ponto apresenta a força elétrica resultante nula. Após isso passe para o próximo *slide*.
- d) usando a simulação E (cf. Painel 4), apresente a situação problema: “uma partícula A positiva, está localizada no centro de um quadrado cercado por várias cargas conforme ilustra o simulador. Como se apresenta o vetor da força elétrica que as demais cargas exercem sobre a partícula central?”
- e) passe o cursor do mouse sobre um lado do quadrado e veja os resultados. Explique/indique alguns vetores que uma carga elétrica exerce sobre a carga central. Em seguida, passe o cursor do *mouse* sobre o círculo em que estão posicionadas as cargas elétricas negativas e explique os resultados. Considere a representação vetorial simulada em que aparece a imagem ampliada na carga elétrica central. Após isso passe para o próximo slide.
- f) usando o *slide* da simulação F (cf. Painel 5), apresente o arranjo de partículas da esquerda, clique sobre as partículas  $q_1$  e  $q_2$  para projetar a representação vetorial simulada que essas cargas elétricas exercem sobre a partícula  $q_3$ . Após projetar dois vetores, pergunte aos alunos qual a direção do vetor resultante da força elétrica. Após os alunos responderem, apresente a resposta clicando sobre a partícula  $q_3$  ou sobre a direção da força resultante (cf. o exemplo na tela, Painel 5);
- g) mencione a expressão matemática para o cálculo da força elétrica resultante. No entanto, faz-se necessário representar a expressão matemática no quadro da força elétrica resultante, em seguida explique. Para ampliar os conceitos da projeção vetorial. Use a simulação do arranjo da esquerda. Represente os vetores clicando sobre as partículas, e após representá-los pergunte aos alunos quais projeções dos vetores se anulam.

h) após isso, resolva exercícios contemplando três níveis de habilidades disponíveis no livro, tais como: problema envolvendo o cálculo da força elétrica resultante entre duas cargas elétricas, representação vetorial de forças e cálculo de força elétrica resultante que duas partículas exercem sobre uma carga central. Use o livro didático ou elabore exercícios sobre isso.

A simulação G (Painel 6) apresenta situações para contextualização do conteúdo e aplicações envolvendo vários descritores para o ensino. Os descritores para o ensino principais em destaque na simulação são recomendados: linhas de força de um campo elétrico uniforme, tipos de força (peso, tração, elétrica), placas paralelas carregadas.

Além disso, no pêndulo apresentado é útil para ampliar conteúdos prévios anteriores sobre os processos de eletrização baseado na situação física do pêndulo eletrostático com um indutor, bem como apresentar de forma simples a representação de linhas de força.

Na simulação que envolve o lançamento de partículas entre duas placas paralelas é adequado para explicar placas paralelas carregadas e diferença de potencial. Além disso, após a explicação de alguns fenômenos físicos<sup>16</sup> é recomendado contextualizar a simulação relacionando com dispositivos eletrostáticos de bastante utilidade na sociedade. Entretanto para essa contextualização é necessário que se conheça a tecnologia e os fenômenos eletrostático envolvidos, bem como verificar no livro didático do ensino médio a existência de textos que contextualizem, por exemplo, a máquina de xerox, selecionador eletrostático de partículas e impressão a jato de tinta. Ademais, identificar no livro didático a existência de problemas que envolve placas paralelas carregadas e/ou a menção dos dispositivos eletrostáticos.

Outra questão a salientar sobre o simulador de lançador de partículas entre duas placas paralelas é contextualização da aplicação das placas paralelas. Elas podem ser objetos para conhecimento de um capacitor de placas paralelas.

De certa forma, a utilização da Simulação G (Painel 6) permite ao docente um planejamento cuidadoso e recomenda-se que os procedimentos didáticos tenham como um dos recursos adicionais o livro didático.

---

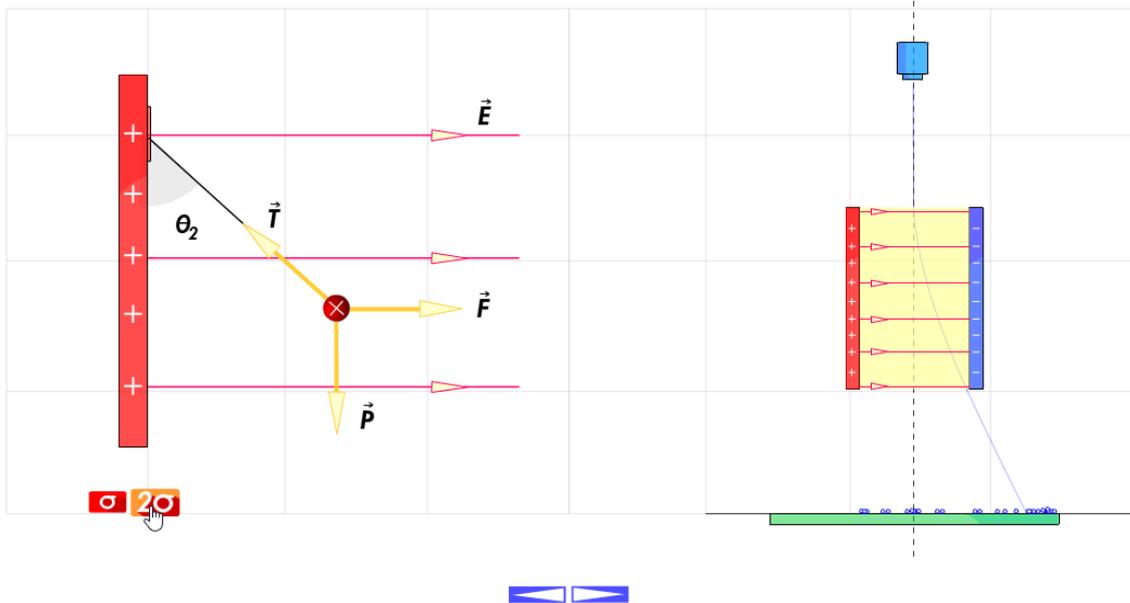
<sup>16</sup> Descritores de ensino para conhecimento do aluno.

**Painel 6-Simulação G- Linhas de força de um campo elétrico, contextualização e aplicações**

**Simulação G- Linhas de força de um campo elétrico, contextualização e aplicações**

**Descrição:** representação simuladas de duas situações aplicadas: (a) pêndulo eletrostático em que simula o movimento dele conforme a densidade superficial de uma placa carregada positivamente; (b) apresentação de um lançador de partículas carregadas entre duas placas paralelas.

**Interação:** no pêndulo ocorre clicando sobre os botões  $\sigma$  e  $2\sigma$  e se observa o efeito das linhas de campo elétrico no pêndulo e ao final se representa as forças que atuam no corpo eletrizado no pêndulo. No lançador de partículas não há interação.



Nota: cena do simulador após clicar sobre o botão  $2\sigma$ . À direita tem-se a simulação do lançamento de partículas entre duas placas paralelas carregadas.

Descritores de ensino

Pêndulo, linhas de força de um campo elétrico, densidade superficial de carga, campo elétrico uniforme entre duas placas paralelas, forças (elétrica, peso, tração), diferença de potencial, capacitores, trajetória, velocidade, aceleração, lançamento de partículas em um campo elétrico uniforme.

Contextualização de dispositivos eletrostático (máquina de xerox, selecionador eletrostático de partículas, impressão a jato de tinta).

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

Os próximos painéis fazem parte do simulador III, com 7 slides, em que incluem simulações sobre o campo elétrico.

### Painel 7-Simulação H- O campo elétrico

Simulação H- O campo elétrico	
<p><b>Descrição:</b> trata-se de uma simulação em que se apresenta uma carga puntiforme <math>Q</math> no espaço em que há inclusão de cargas elétricas de prova e observa-se que simula o efeito do campo elétrico. As cargas de prova estão fora de escala.</p> <p><b>Interação:</b> a simulação se inicia ao deixar posicionado a seta do <i>mouse</i> sobre um dos botões intitulado “carga de prova”. Na simulação aparece a representação padronizada de coordenadas espaciais.</p>	
<p>Nota: cena da simulação no momento em que a seta do mouse está sobre o botão “carga de prova”.</p>	
<p>Descritores para o ensino</p>	<p>Carga de prova, carga puntiforme, campo elétrico</p>

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

A orientação didática para o docente sobre o uso das simulações sobre o conteúdo de ensino “campo elétrico” é recomendável usar todas as simulações na exposição da aula sobre o conteúdo. Para usá-los, aconselha-se que a sala de aula seja organizada de modo que os alunos possam estar em dupla para assistir a aula.

Os procedimentos didáticos são:

- a) apresentar o tema; escrever no quadro o assunto da aula; usar a simulação H e explicar a situação;
- b) apresentar o efeito do campo elétrico sobre as cargas de prova posicionando a seta do *mouse* sobre o botão “carga de prova”. Em seguida faça uma explicação sobre o campo elétrico. Escreva no quadro a expressão do campo que relaciona a força

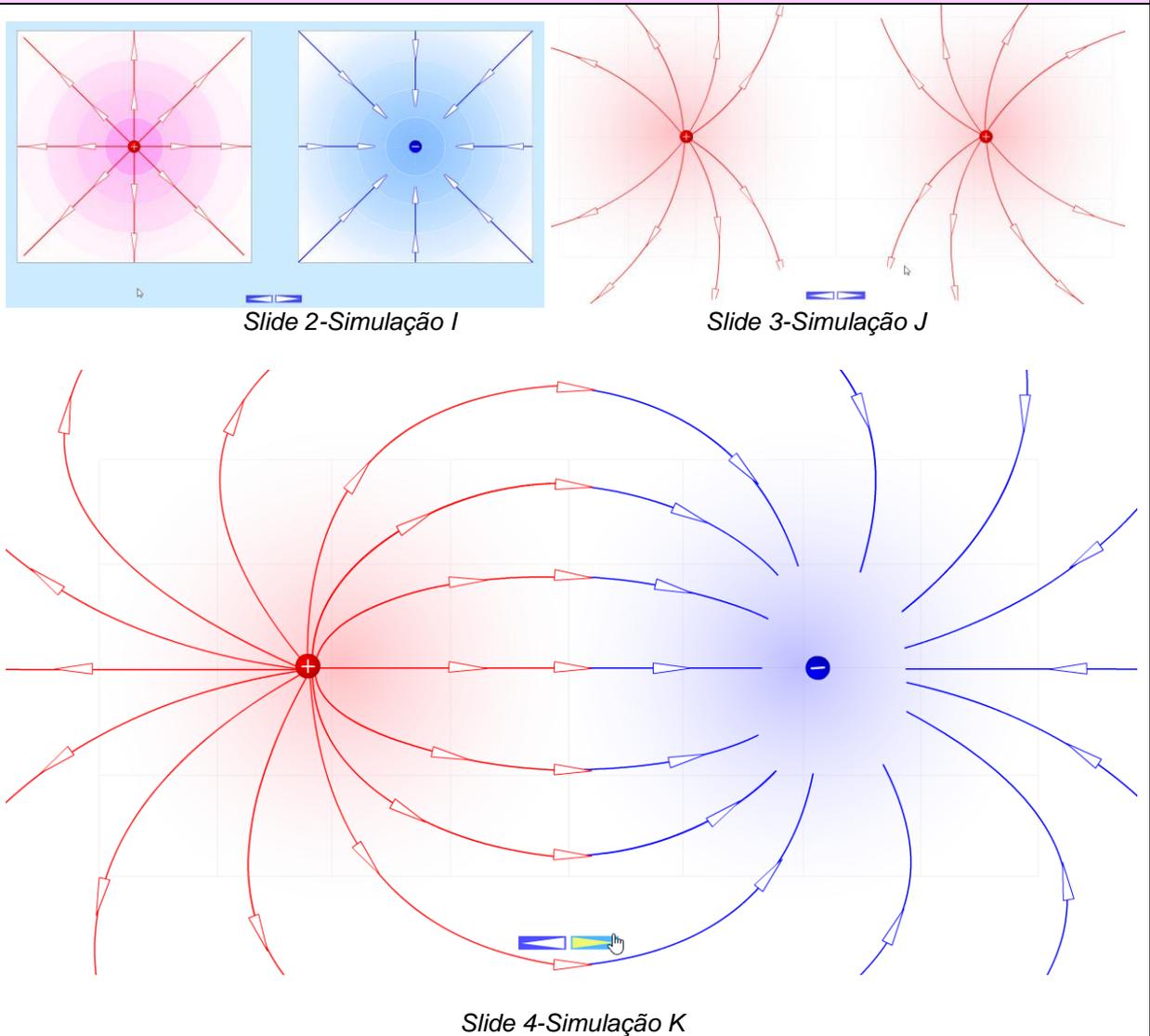
elétrica com a carga de prova. Em seguida passe para a simulação I, J, K (cf. Painel 8)

### Painel 8-Simulação I, J, K- Linhas de força de campos elétricos

#### Simulação I,J,K- Linhas de força de campos elétricos

**Descrição:** as simulações do *slide* 2,3 e 4 apresentam simulações de linhas força de campos elétricos para uma carga puntiforme positiva e negativa (*slide* 2), entre duas cargas elétricas de sinais iguais (*slide* 3) e diferentes (*slide* 3)

**Interação:** não há interação, pois apresenta a animação e instantânea dos fenômenos.



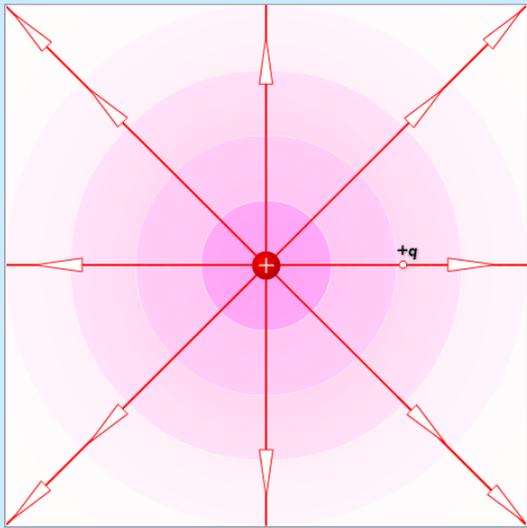
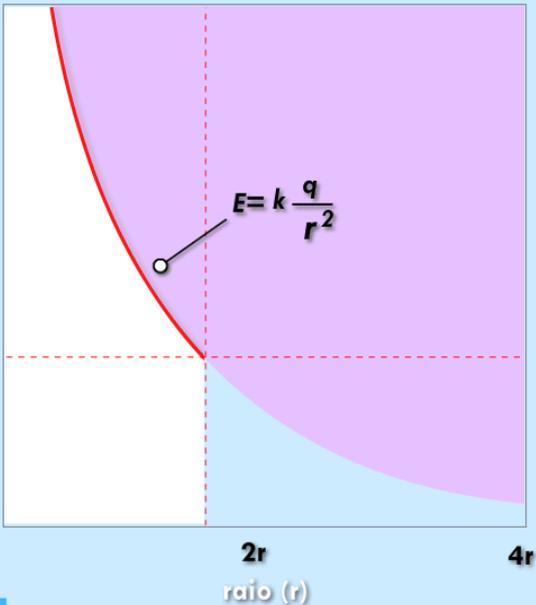
Nota: cena dos *slides* 2,3 e 4 da animação simulada.

Descritores para o ensino	Vetor campo elétrico, campo elétrico de afastamento, campo elétrico de aproximação, linhas de força do campo elétrico.
---------------------------	--

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

c) apresente a simulação I (slide 2), explique as linhas de força produzidas pelas pontuais fixas. Em seguida apresenta a simulação J e K, explique as diferenças entre as linhas de forças. Aproveita a situação simulada e contextualiza para o aluno os efeitos nas linhas de campo elétricos de uma carga oscilante. Após isso, passa para a simulação L (Painel 9).

**Painel 9-Simulação L- Gráfico do módulo do módulo do campo elétrico em função da distância**

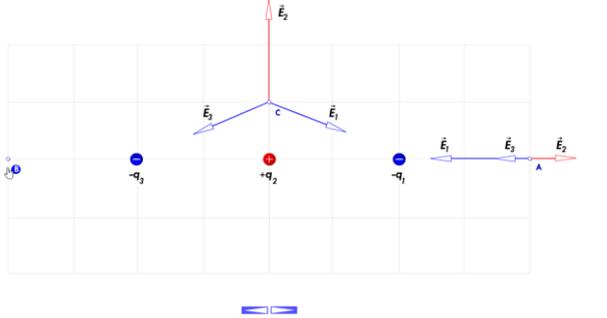
Simulação L- Simulação L- Gráfico do módulo do módulo do campo elétrico em função da distância	
<p><b>Descrição:</b> trata-se de uma animação simulada que apresenta uma carga elétrica puntiforme positiva e a animação da intensidade do módulo do campo elétrico diminuído com a distância no gráfico. Na animação incluiu-se uma carga de prova na horizontal e descreve-se o efeito do campo sobre ela produzindo uma aceleração.</p> <p><b>Interação:</b> não há.</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Campo elétrico (E)</p>  <p style="margin-left: 100px;"><math>E = k \frac{q}{r^2}</math></p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>	
Nota: cena do slide 5 sobre o módulo do campo elétrico no gráfico.	
Descritores para o ensino	Vetor campo elétrico, carga de prova, linhas de força do campo elétrico, módulo do campo elétrico, aceleração, velocidade, equação fundamental da dinâmica, superfície equipotencial.

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

d) nesse momento, peça para o aluno observar a inclusão da carga de prova ( $+q$ ) próxima a carga central positiva. Após uma animação, peça para o aluno observar novamente e analisar o comportamento do campo elétrico em função da distância;

e) explique para o aluno e demonstre matematicamente que o campo elétrico é inversamente proporcional ao quadrado da distância ( $r$ ). Na hipótese que um aluno pergunte o que são os círculos em torno da carga positiva, explique que são superfícies equipotenciais, comente brevemente sobre potencial elétrico. Em seguida passe para a simulação M, N e O (Painel 10).

**Painel 10-Simulação M, N , O- Campo elétrico de várias cargas puntiformes**

Simulação M, N, O- Campo elétrico de várias cargas puntiformes	
<p><b>Descrição:</b> trata-se de uma sequência dos <i>slides</i> 6 e 7 que envolve a simulação da projeção do vetor campo elétrico em um determinado ponto. No slide 6 apresenta dois arranjos de cargas: o arranjo da esquerda simula a representação do vetor campo elétrico de duas cargas (positiva e negativa) no ponto “P” e o arranjo da esquerda simula a projeção do vetor de várias cargas elétricas sobre o ponto “P”.</p> <p><b>Interação:</b> no slide 6 ocorre na projeção vetorial clicando sobre as partículas e próximo ao ponto e/ou na direção do campo elétrico resultante. No slide 7 a interação ocorre clicando-se sobre os pontos (A, B, C) para a projeção instantânea dos vetores.</p>	
 <p style="text-align: center;">Slide 6 – simulação M e N</p>	 <p style="text-align: center;">Slide 7-Simulação O</p>
<p>Nota: no slide 6: cena da simulação M e N. A simulação M à esquerda apresenta o instante em que o cursor do <i>mouse</i> está sobre a direção e o sentido do vetor campo elétrico. O arranjo da direita é a simulação N que complementa mais sobre a simulação vetorial do campo elétrico para várias cargas. O slide 7 apresenta a cena no instante que se clicou no ponto para projetar o vetor campo elétrico que as três cargas elétricas exercem no ponto (A, B, C).</p>	
<p>Descritores para o ensino</p>	<p>Vetor campo elétrico, carga elétrica pontual, módulo do campo elétrico, campo elétrico resultante.</p>

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

f) apresente a simulação M (*slide* 6), descreva a situação que se trata de duas cargas elétricas posicionadas no vácuo e que será projetado o vetor campo elétrico no ponto

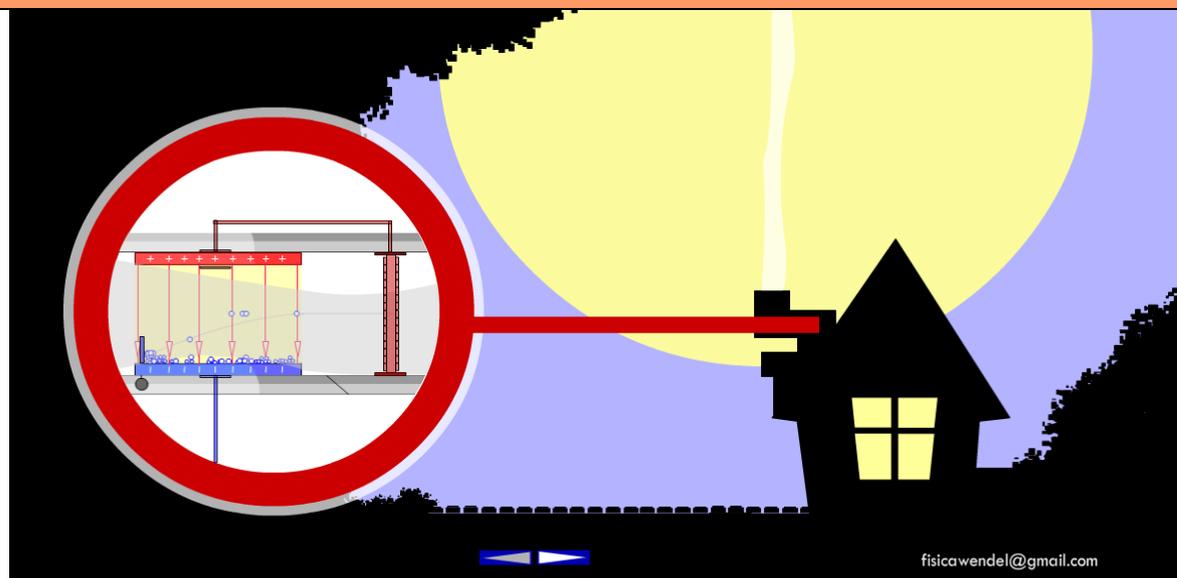
P (cf. no *slide* 6). Para a projeção do vetor, clica-se sobre a carga elétrica<sup>17</sup>. Após isso, faça o questionamento: qual a direção e o sentido do vetor campo elétrico resultante?  
 h) após ouvir as respostas dos alunos apresente o resultado da resposta no simulador clicando próximo ao ponto P e/ou na direção esperada do vetor resultante. Para maiores representações vetoriais use as demais simulações (*slide* 6 e 7).

O simulador IV diz respeito a uma aplicação de dispositivo eletrostático: o precipitador eletrostático.

### Painel 11-Simulação P- Simulador de um precipitador eletrostático

#### Simulação P- Simulador de um precipitador eletrostático<sup>18</sup>

**Descrição:** trata-se de uma simulação animada de um precipitador eletrostático. A visualização dele é de perfil. Nela aparecem partículas se deslocando e ficam sujeitas a ação de um campo elétrico uniforme produzido por duas placas paralelas e carregadas. Para conhecimento, nela as duas placas estão carregadas conectadas a uma fonte de tensão. Logo abaixo da placa carregada negativamente apresenta-se um mecanismo para abrir (cf. o corte na diagonal). A placa positiva está ligada a uma grade em que passam as partículas.



Nota: tela da animação do precipitador eletrostático

Descritores para o ensino

Capacitor, diferença de potencial, linhas de campo elétrico uniforme, aceleração, velocidade, trajetória, transferência de calor, dispositivo eletrostático.

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

<sup>17</sup> Para retirar o vetor basta clicar novamente.

<sup>18</sup> REGO, Wendel Ricardo de Souza et al. Simulação Computacional de Precipitador Eletrostático: uma sequência investigativa. In: **Anais do I Fórum de Educação, Saúde e Meio Ambiente no Ensino Básico, Técnico e Tecnológico (IFESMA)**. South American Journal of Basic Educations, Technical and Technological, v.4, (SUPLEMENTO II) n.1(S2), 2017. ISSN: 24446-4821.

Para a utilização da simulação P (Painel 11), recomenda-se usá-lo após a apresentação do conceito de campo elétrico e potencial elétrico. Essa simulação é útil para contextualizar com tecnologias que adotam fenômenos eletrostáticos. Nesse sentido, é essencial por parte do docente uma realização de pesquisa simples sobre o que consiste um precipitador eletrostático.

O simulador ainda é útil para promover uma apresentação sobre o conteúdo de ensino sobre capacitor eletrostático (cf. outros descritores no painel 11). No entanto, segue alguns procedimentos didáticos recomendados após apresentar o conteúdo de campo elétrico:

a) inicie o momento da aula pedindo que os alunos fiquem em grupos de 3 ou quatro alunos, apresente o tema no quadro “precipitador eletrostático”; contextualize-o. Explique sua utilidade; descreva a situação no simulador;

b) em seguida peça para os alunos observarem o comportamento das partículas ao passar entre as placas paralelas;

c) em seguida faça os questionamentos:

quais fenômenos eletrostáticos podem ser observados ?

que outros fenômenos físicos podemos observar?

qual o tipo de transferência de calor podemos contextualizar?

Existe diferença de velocidade nas partículas?

Faça discussão em sala baseado nas respostas dos alunos, lembre-os os tipos de transferência de calor; comente outras aplicações de efeitos eletrostático (pintura eletrostática, impressora a jato de tinta, etc.); passe como tarefa para o grupo uma pesquisa sobre os dispositivos eletrostáticos, que eles possam elaborar uma descrição da tecnologia e apresentar em outra aula.

Dado o exposto da descrição das simulações, interação e procedimentos didáticos para o docente sobre o uso delas, ressalto que os procedimentos didáticos apresentados são simples e podem ser adaptados para uma sequência de aula aprofundada sobre o assunto de fenômenos físicos da eletrostática. As recomendações são apenas para situar o exercício da docência no momento do uso das simulações.

Entretanto, para aliar outras práticas didática com o uso das simulações é importante conhecer as ações de interação do simulador, descrição da simulação e os descritores para o ensino de física. Nas simulações sobre a força elétrica resultante

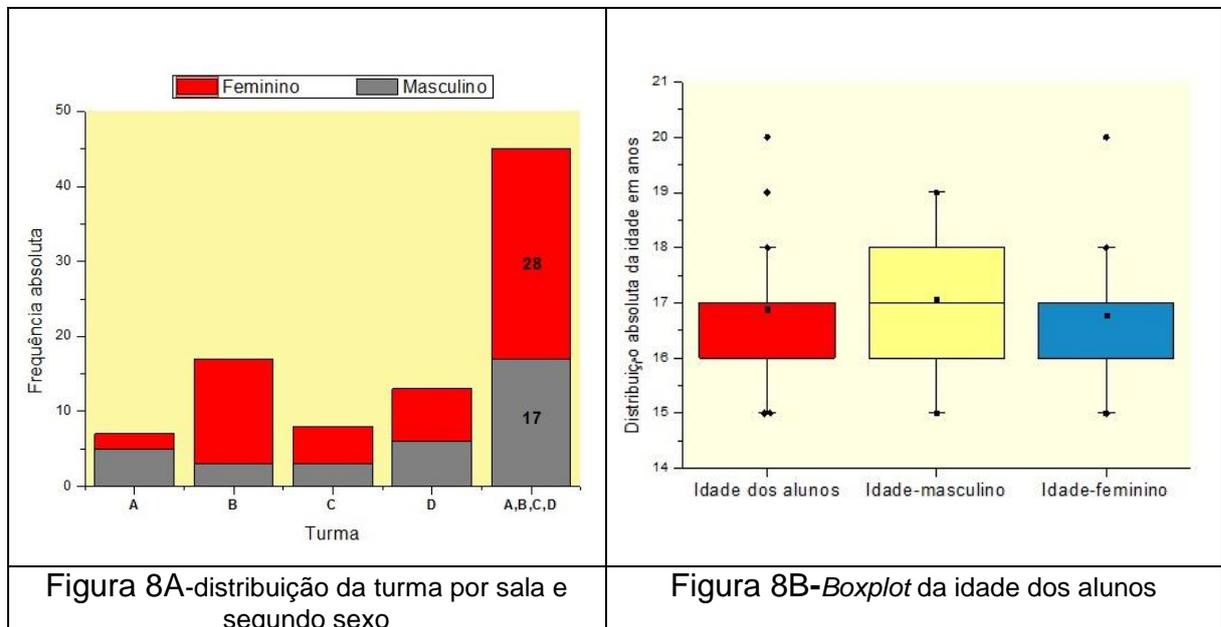
e campo elétrico resultante, observa-se um plano retangular com vários quadrados. Eles são úteis para a elaboração de problemas de abordagem quantitativa.

## 5.2 A EXPOSIÇÃO DA AULA COM O USO DAS SIMULAÇÕES EM FLASH

### 5.2.1 Identificação da sala e o grupo social dos alunos da EJORB

As simulações em *flash* sobre fenômenos da eletrostática foram apresentadas para quatro turmas da terceira série da escola EJORB. A figura abaixo ilustra a caracterização básica da turma segundo o sexo e idade.

**Figura 8**-Caracterização da turma na aplicação do produto educacional



**Nota:** na Figura 8B- as hastes na horizontal, nos extremos da caixa, representam os limites das idades (mínima e máxima); o pequeno quadrado interno na caixa representa a média da idade; a linha na horizontal na caixa amarela representa mediana das idades; as pequenas esferas representam os *outliers*.

Fonte: Elaboração própria. Dados da pesquisa.

Conforme a figura 8A, as salas participantes da exposição da aula foram as turmas A, B, C e D da escola EJORB. No gráfico ainda pode-se ver que a participação de estudantes do sexo feminino foi um destaque com maior participação para avaliação das simulações apresentadas durante a aula. A exceção a essa questão foi na turma A em que o total de alunos no sexo masculino foi maior que o feminino.

No geral, dos 45 alunos, o que se destacou na participação foi 28 estudantes do sexo feminino.

Na figura 8B fornece a caracterização básica das “idades dos alunos” no geral e segundo o sexo. Os dados indicaram que no geral a idade dos alunos teve uma

amplitude entre 15 anos a 18 anos, embora os dados apresentem dados discrepantes acima de 18 anos. Além disso, 75% dos participantes apresentaram idade de 15 anos até 17 anos. Os resultados da participação dos alunos considerando a variável “idade-sexo”, indicou que os estudantes do sexo feminino tiveram uma menor variabilidade de idade em relação aos estudantes do sexo masculino.

### 5.2.2 A sequência didática da aula

A exposição da aula seguiu uma sequência didática conforme apresenta o quadro síntese:

**Quadro 12**-Sequência didática

<b>Tema da aula</b>	<b>Fenômenos físicos da eletrostática</b>
<b>Capacidades/Objetivos</b>	a) identificar fenômenos físicos da eletrostática tais como: eletrização, força elétrica/lei de Coulomb, campos elétricos e potencial elétrico; b) conhecer algumas aplicações da eletrostática; c) conhecer fenômenos físicos da eletrostática a partir de simulação computacional em <i>flash</i>
<b>Conteúdos de diferentes tipos<sup>a</sup></b>	Observação de interações de cargas elétricas; conceito de força elétrica, força elétrica resultante; tipos de campo elétrico; campo elétrico resultante, potencial elétrico; contexto e aplicações
<b>Descritores</b>	Carga elétrica, força elétrica, campo elétrico e aplicações.
<b>Procedimentos didáticos e descrição das situações didáticas</b>	
I	Apresentação do tema na sala de aula no quadro e organização da sala para que os alunos fiquem em dupla/tripla para ocorrer o seguimento da aula.
II	Apresentação do tema contextualizando o conhecimento prévio do aluno sobre o assunto.
III	Discussão de aplicações em forma coletiva e em dupla.
IV	Apresentação dos conteúdos da aula de forma dialogadas e uso de simulação computacional em <i>flash</i> .
V	Apresentação de situação-problema para contextualizar alguns descritores e fenômenos elétricos.
<b>Recursos didáticos</b>	Quadro branco, pincel para quadro branco, <i>notebook</i> , <i>TV</i> , folhas de papel, livro didático, simulação computacional em <i>flash</i> de fenômenos da eletrostática.

Fonte: elaboração própria do autor.

Nota: (a) Aprendizagem esperadas

O quadro 12 ilustra que as capacidades/objetivos e os diversos conteúdos de diferentes foram amplos e contemplou descritores tais como: carga elétrica, força

elétrica, campo elétrico e aplicações. Ainda sobre os “conteúdos de diferentes tipos”, as aplicações envolvidas foram: pêndulo eletrostático, eletroscópio de folhas, lançamento de partícula entre duas placas paralelas, precipitador eletrostático. Sobre esse aspecto ainda foi mencionado a máquina de xerox.

Considerando os procedimentos didáticos da aula, após a realização do procedimento I, inicialmente foi pedido ao aluno consultar o livro didático de Física para verificar os descritores sobre a eletrostática e a indicação de outros descritores estudados anteriormente. No âmbito coletivo em cada sala de aula (A,B,C,D) foram mencionados descritores da eletrodinâmica, no entanto foram citados descritores da sequência de aula, por exemplo: carga elétrica e potencial elétrico. Os alunos mencionaram que estudaram alguns conteúdos da eletrodinâmica.

No procedimento II, seguiu-se contextualizando tópicos históricos básicos da eletrostática e posteriormente apresentando os processos de eletrização de forma explicativa e descritiva no quadro.

Além disso foi realizado um procedimento demonstrativo experimental de baixo custo para ampliar o conhecimento dos fenômenos físicos. O experimento foi realizado atritando o papel em uma caneta e em seguida aproximou-se de um fio de cabelo para verificar os fenômenos eletrostático com ênfase nos processos de eletrização e contextualizar o descritor força elétrica.

Estimulado pela curiosidade, alguns alunos passaram a repetir o procedimento e foi dado um tempo de cinco minutos aproximadamente para a realização, mas foi indicado que fizessem o procedimento com o colega ao lado.

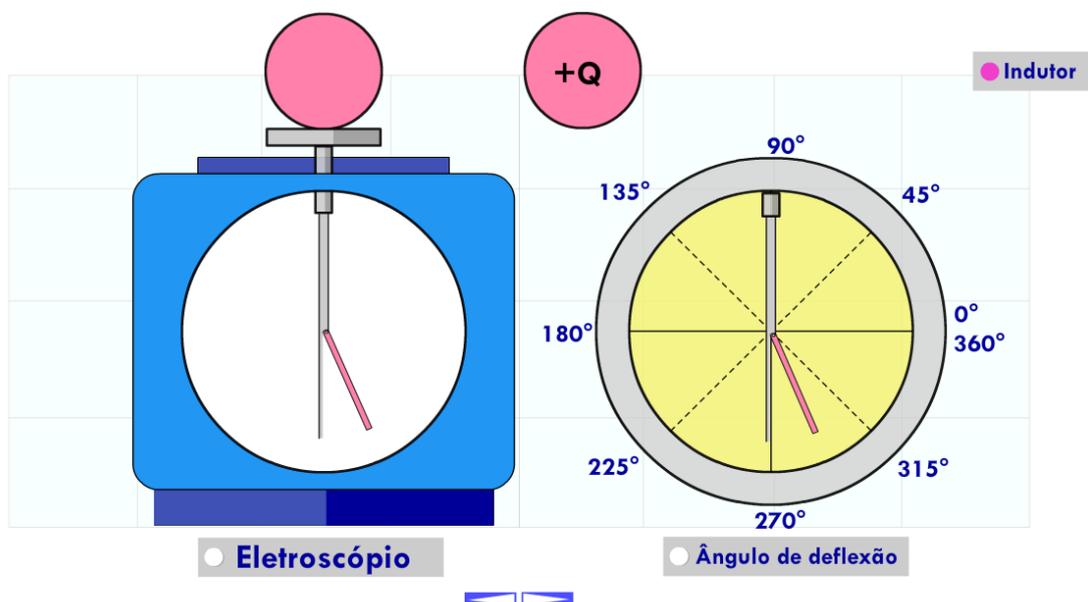
As explicações adicionais foram contextualizadas apresentando aplicações simuladas do eletroscópio de folhas e pêndulo eletrostático (cf. Figura 9, Figura 10).

Sobre o pêndulo eletrostático simulado fez-se apresentação do fenômeno explicando a indução eletrostática. Em seguida, considerando a posição do indutor próximo à esfera, levantou-se questionamento para os alunos:

- a) Se o indutor for positivo, o que ocorre com as cargas da esfera no pêndulo?
- b) Quais os tipos de força que exercem na esfera do pêndulo?

No geral, sobre esses questionamentos muitos alunos mencionaram as grandezas: força peso e força elétrica. No entanto, apenas em uma sala foi mencionado a existência da força de tração. Poucos descritores que não pertencem a eletrostática foram citados.

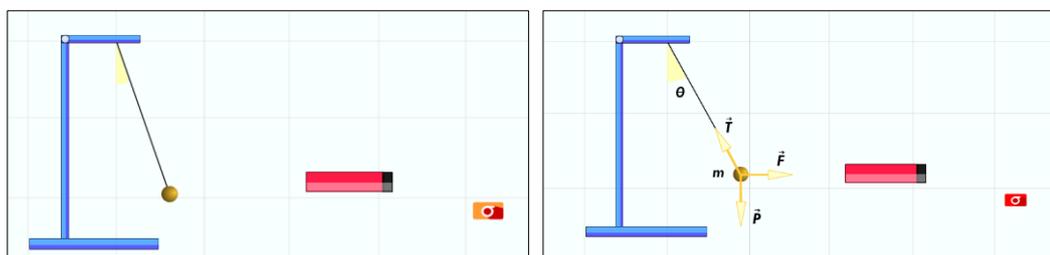
**Figura 9-Simulador do eletroscópio**



Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: Cena da simulação do eletroscópio no momento em que a esfera de carga positiva se aproxima da outra esfera no eletroscópio. Ao lado a representação demonstrativa ampliada do do ângulo de deflexão da lâmina.

**Figura 10-Simulador do pêndulo eletrostático**



Fonte: elaborado pelo autor.

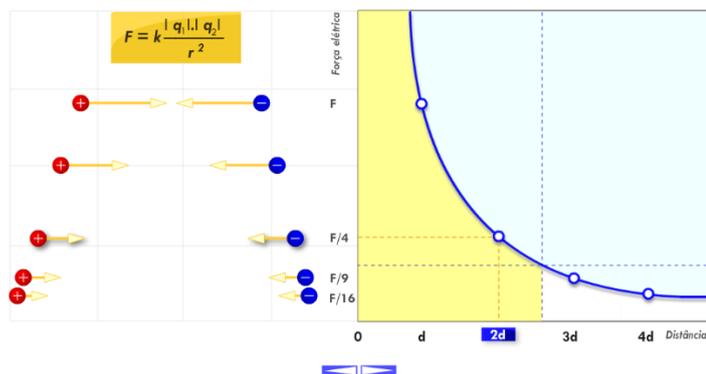
Nota: Duas cenas da simulação do pêndulo. A cena da esquerda mostra o indutor se aproximando e a segunda cena mostra a posição parada do indutor com a representação das forças que atuam sobre a esfera no pêndulo.

A simulação sobre a lei de Coulomb foi aliada a explicação no quadro e o modelo matemático dela. A apresentação da lei de Coulomb retomou ao descritor força elétrica e os conceitos de força de atração e repulsão.

Na simulação, o modelo matemático foi explicado indicando que a força elétrica diminuiu quando a distância entre as partículas passa a ser  $2d$  e  $4d$ .

O efeito simulado foi apresentado no preenchimento da curva e a representação vetorial da força de atração entre as duas cargas elétricas (cf. Figura abaixo).

**Figura 11**-Simulação da lei de Coulomb e preenchimento da curva

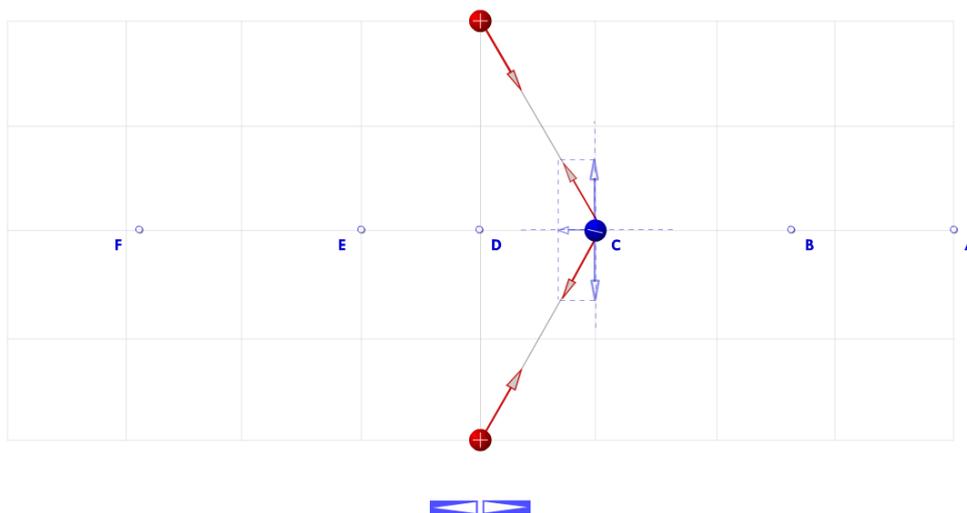


Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: Cena do simulador no momento que se a curva é preenchida e no instante que se tem a seta do mouse sobre a distância  $2d$ .

Posterior a essa simulação, foi apresentado uma situação-problema e simulada de três cargas elétricas (duas positivas e uma negativa) apresentando a representação vetorial da força elétrica que as duas cargas positivas exercem sobre a carga negativa nos pontos. Após apresentar algumas situações em determinados pontos, foi pedido para o aluno indicar em qual ponto da simulação a força elétrica resultante teria um resultado nulo.

**Figura 12**-Cena do simulador- força elétrica resultante sobre uma partícula negativa



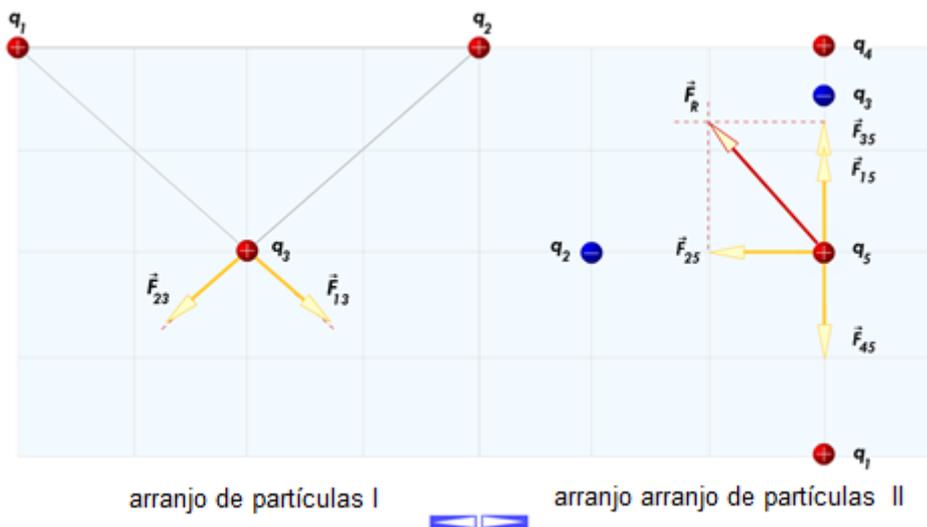
Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: Cena do simulador no momento que se clicou no ponto C.

Em seguida foi apresentado uma simulação em que várias cargas elétricas exercem forças sobre uma carga central e descreveu-se a identificação da força que

uma carga exerce sobre a outra. Posterior a isso, foi apresentada outra simulação sobre a força elétrica resultante.

**Figura 13-**Situação problema simulada de arranjo de partículas

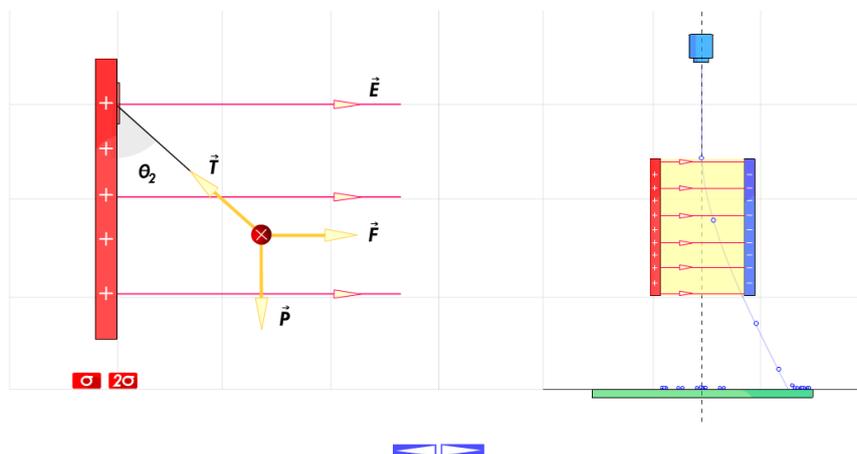


Fonte: elaborado pelo autor. Os nomes arranjos I e II foram incluídos na figura.

Nota: Arranjo de partículas I-projeção vetorial da força elétrica que a partícula 1 e 2 exerce sobre a carga elétrica 3. Arranjo de partículas II-projeção vetorial da força resultante que as partículas exercem sobre a partícula 5.

Na primeira situação-problema simulada (cf. arranjo de partículas I) foi representado a projeção vetorial de duas forças elétricas e pedido para os alunos identificar a direção e o sentido da força elétrica resultante. O mesmo procedimento foi realizado para a segunda situação problema. Nesse contexto apenas na primeira situação muitos alunos apresentaram respostas corretas. Outras duas aplicações foram apresentadas: o pêndulo e o lançamento de partícula entre duas placas paralela carregadas.

**Figura 14-**Cena do pêndulo e do lançamento de partículas

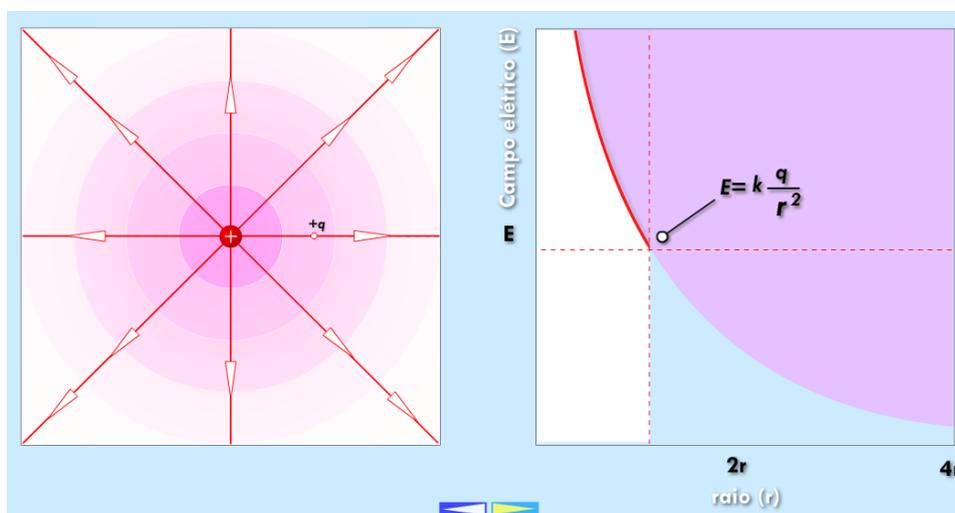


Fonte: elaboração própria

No pêndulo, preso em uma placa paralela plana, foi simulado para um carregamento de uma placa com densidade  $\sigma$  e  $2\sigma$ . Em seguida foram relacionadas as forças que atuam na esfera e solicitou do aluno explicações sobre o desvio das cargas elétricas que foram lançadas no segundo simulador. Nesse simulador, foram apresentados as linhas de campo elétrico, diferença de potencial e a noção de capacitor. Apenas explicações breves.

No entanto, a ampliação dos conceitos de campo elétrico foi apresentada pelo simulador. A noção de campo elétrico foi apresentada considerando os procedimentos: (a) apresentação do conceito de campo elétrico usando o simulador, considerando um simulado contendo um corpo eletrizado no centro do espaço e o efeito que ocorre sobre várias cargas elétricas de prova próxima ao corpo eletrizado. (b) explicação das linhas de força para uma carga elétrica positiva e negativa e a interação entre elas. (c) explicação do campo elétrico para uma carga pontual para uma dada distância e o efeito que uma carga elétrica de prova recebe ao ser posicionada em um determinado ponto.

**Figura 15-**Uma das telas do simulador sobre campo elétrico



Fonte: elaboração própria.

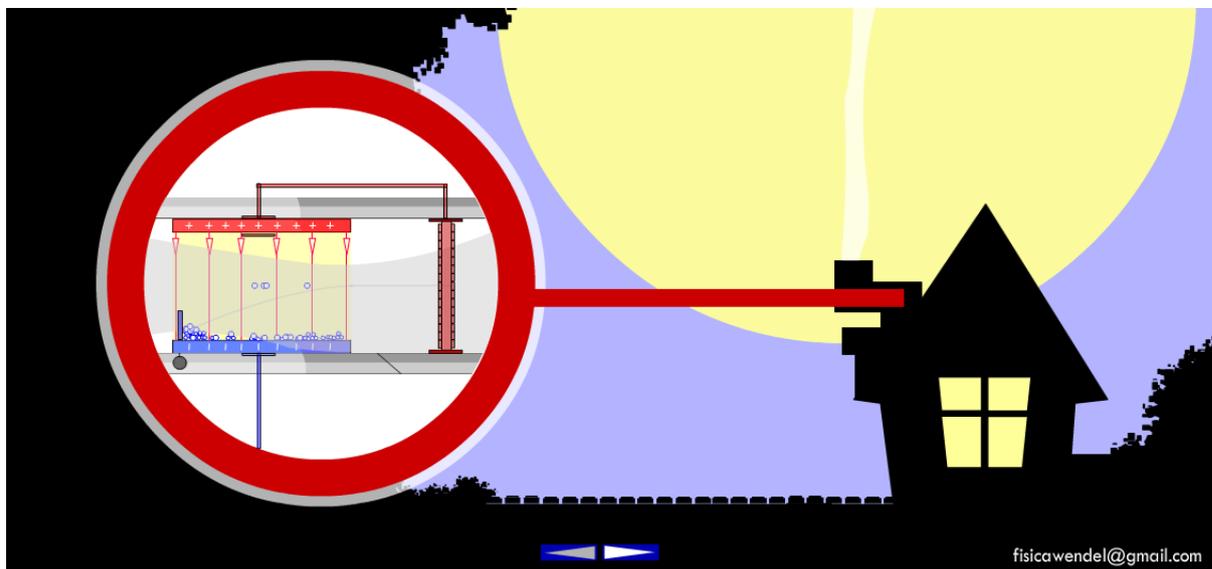
Nota: A tela à esquerda tem uma carga elétrica de prova posta em movimento devido o efeito do campo elétrico. A tela da esquerda apresenta o preenchimento da curva do gráfico do campo elétrico em relação à distância.

(d) explicação da intensidade do campo elétrico a partir do gráfico; (e) apresentação de dois arranjos para representação geométrica do vetor campo; elétrico das cargas elétricas em um determinado ponto e o campo elétrico resultante.

Após isso foi apresentado a simulação de um precipitador eletrostático. Ele foi apresentado explicado ao aluno onde ele é aplicado e a função dele. Durante a

apresentação da simulação foi pedido para os alunos citarem alguns fenômenos físicos que podem ser observados na simulação.

**Figura 16-**Cena do precipitador eletrostático



Fonte: elaborado pelo autor.

### 5.3 CONHECIMENTO PRÉVIO DE CONCEITOS ESTUDADOS EM 'SÉRIES ANTERIORES

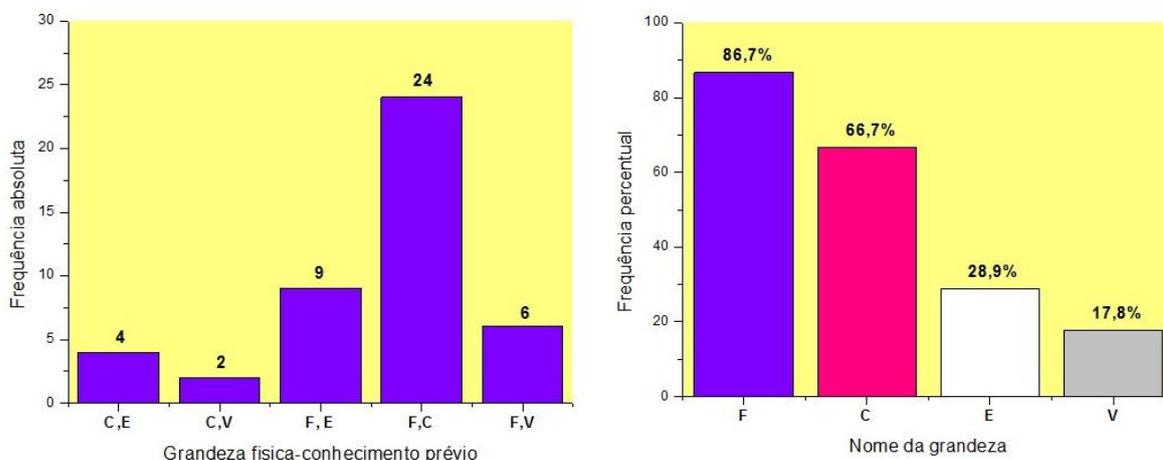
O presente texto dessa seção diz respeito aos resultados do questionário (cf. Apêndice A) respondido pelos alunos. A segunda pergunta do questionário fez um imperativo para marcar até duas opções que permitiram uma conexão com os conteúdos da eletrostática (nova informação), considerando as simulações em *flash* apresentadas durante a exposição da aula e conhecimento prévio em física de alguns conceitos estudados nas séries anteriores.

Nesse sentido, a Figura 17 permite a identificação de alguns conhecimentos prévios apontados pelos alunos.

Os resultados indicaram cinco grupos de categorias de conhecimento prévio<sup>19</sup>: (C,E), (C,V), (F,E), (F,C) e (F,V). Nessas categorias, por um lado a categoria (F,C) foi a que apresentou maior resultado indicativo de conhecimento prévio dos alunos. Por outro a categoria (C,V) apresentou como menor frequência absoluta.

<sup>19</sup> C- Campo gravitacional; E- Energia potencial gravitacional; V-Velocidade; F-Força.

**Figura 17-** Categorização de conhecimento prévio em Física de alguns conceitos estudados pelos alunos da EJORB considerando as simulações em flash apresentadas durante a exposição da aula



**Figura 17A-** Grandeza física relacionada ao conhecimento prévio do aluno

**Figura 17B-** Grandeza física mais citada pelos alunos

Nota: Conteúdo: C- Campo gravitacional; E- Energia potencial gravitacional; V-Velocidade; F-Força  
Fonte: elaborado pelo autor.

Analisando apenas a grandeza física indicada, na Figura 17B, a “força e campo gravitacional” foram as duas grandezas físicas que apresentaram maior frequência percentual considerada como conhecimento prévio pelos alunos que permitiram uma conexão com os conteúdos da eletrostática.

#### 5.4 DISCURSO DO SUJEITO COLETIVO DOS ESTUDANTES ACERCA DA EXPOSIÇÃO DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS EM FLASH

A tabela 3 abaixo expõe sete (7) ideias centrais identificadas no discurso dos alunos acerca das simulações computacionais em *flash* (SCF) mediante das respostas dos questionários de três perguntas abertas/semiestruturada. A ASF foi o produto educacional apresentado durante a exposição da aula com tema “fenômenos físicos da eletrostática”<sup>20</sup>.

O quadro 13 mostra o DSC de três ideias centrais relativa à pergunta 1. Ela se refere a um questionamento que relaciona o uso da simulação computacional em *flash* e a compreensão de fenômenos físicos da eletrostática.

<sup>20</sup> Cf. em Anexo o plano de aula e ou verifique o relato da aula nesta seção.

**Tabela 3-Ideias centrais dos DSC**

<b>N</b>	<b>Pergunta (s)</b>	<b>Ideia central</b>	<b>Fa</b>	<b>F%</b>
1	Considerando a exposição da aula, o uso da simulação em flash permitiu uma compreensão de alguns fenômenos físicos na eletrostática? Justifique sua resposta.	Facilita a compreensão dos fenômenos na eletrostática	22	48,9
		Compreensão dos processos de eletrização e as forças	15	33,3
		Compreensão do campo elétrico e a força elétrica	8	17,8
2	As simulações computacionais em flash de conteúdos da eletrostática são um dos recursos e tecnologia no ensino de física. Você concorda que a exposição deles em uma aula deve ser ministrada para os alunos interagindo em dupla ou em grupo? Justifique.	Melhora o desenvolvimento, entendimento, compreensão...um ajuda o outro	21	46,7
		Compartilhamento de ideias e opiniões interagindo	24	53,3
3	<sup>a</sup> Se você tivesse que falar sobre a simulação computacional do ensino da eletrostática e o livro didático para um colega de sala, o que você diria para ele?	A simulação computacional e o livro didático se complementam	16	35,6
		A simulação computacional tem conteúdo que facilita entender mais	25	55,6

Fonte: Elaboração própria. Dados da pesquisa.

Nota: (a) nessa pergunta 4 discursos foram excluídos pois apresentaram ideias centrais que não foram possíveis de formar e/ou complementa um DSC.

Três ideias centrais (pergunta 1) foram identificadas que justificam a compreensão dos fenômenos eletrostáticos apresentados na sala de aula. Elas são ideias centrais que retomam um discurso avaliativo sobre as simulações computacionais.

Nessa perspectiva 22 (48,9%) discursos apresentaram como ideia central que a simulação computacional em *flash* “ Facilita a compreensão dos fenômenos na eletrostática”.

E especificamente um grupo de 15 (33,3%) discursos, confirmaram uma “Compreensão dos processos de eletrização e as forças” e 8 (17,8%) a “Compreensão do campo elétrico e a força elétrica”, considerando a exposição do produto educacional na sala de aula.

**Quadro 13-DSC** sobre a pergunta 1: considerando a exposição da aula, o uso da simulação em *flash* permitiu uma compreensão de alguns fenômenos físicos na eletrostática? Justifique sua resposta.

<b>Ideia Central I</b>	<b>Facilita a compreensão dos fenômenos na eletrostática</b>
<p><i>Sim...a simulação computacional em flash permitiu compreender melhor passo a passo os fenômenos apresentados. Ela melhora e facilita a compreensão dos fenômenos...permitiu compreender os fenômenos físicos da eletrostática e os processos como funciona na realidade. Foi muito eficaz, ajudou na compreensão da eletrostática...bom rever eletricidade, estudar a estrutura da matéria, campo elétrico, processos de eletrização, força elétrica, lei de coulomb. Compreendi as leis da eletrostática: cargas elétricas no estado de repouso. As simulações foram essenciais para a compreensão dos conteúdos ... melhora o aprendizado do aluno que entenderá teoricamente...em computação em flash demonstra como ocorre os fenômenos...a simulação computacional permite a compreensão dos fenômenos, assimila a teoria da física...permite uma interligação da teoria com a prática gerando um maior entendimento, ... facilita o aprendizado, ...a explicação fica facilitada para o entendimento... fica sintética e fácil por conta das demonstrações. Elas ficam mais fáceis para entender, pois há uma compreensão detalhada da eletricidade, ...permite dinâmica na matéria do estudo. A simulação teve um ponto bom...pois foi possível ver alguns fenômenos físicos que não se ver a olho nu. ...Gostei da simulação computacional, ajuda na compreensão..., melhorou a entender assuntos..., torna mais dinâmica e temos mais opção de estudar a prática.</i></p>	
<b>Ideia Central II</b>	<b>Compreensão dos processos de eletrização e as forças</b>
<p><i>Eu vi que a eletrostática é muito útil em alguns fenômenos da física como força elétrica, processos eletrização por atrito, indução, etc. A aula com o uso da simulação em flash permitiu a compreensão da eletrização por atrito, contato e indução e ajuda em coisas do dia a dia...força peso, atrito....foi falado vários processos e entendi melhor o processo do atrito...força peso, a lei de Coulomb...os processos de eletrização são conceitos diferentes ...e a lei de coulomb, a força gravitacional, velocidade, as cargas positivas e negativas, atração e repulsão de cargas, deu pra compreender alguns dos vetores que ocorrem. Através do uso da simulação eu pude descobrir a presença da energia na qual não se imagina que existia. Descobrimos a existência de força, relembramos conteúdo. Permitiu adquirir novas informações sobre o assunto.</i></p>	
<b>Ideia Central III</b>	<b>Compreensão do campo elétrico e a força elétrica</b>
<p><i>Outro fenômeno compreendido foi o da atuação do campo elétrico, ... as reações da carga, seus vetores... se a distância for menor, a força elétrica é maior, e se a distância for maior a força elétrica conseqüentemente é menor, diminuindo o seu potencial elétrico no campo elétrico. Sobre as reações das cargas...permitiu entender sobre os fenômenos físicos sobre os dois tipos de campo elétrico como afastamento e a proximidade.</i></p>	

Fonte: elaborada pelo autor. Dados da pesquisa.

Na ideia central I (quadro 13), alguns trechos do discurso revelam que as simulações computacionais em *flash* permitem compreender os fenômenos eletrostáticos passo a passo, bem como processos da realidade e a identificação de fenômenos que não se vê a olho nu. A explicação torna-se fácil para a compreensão.

Para a ideia central II, o DSC aponta conteúdos de ensino na eletrostática tais como: os processos de eletrização (indução, contato, atrito) e diversos tipos de força. Essa grandeza Física assim como a velocidade foram mencionadas no DSC. Não somente essas grandezas físicas, como também a “velocidade” é citada como descritor físico de compreensão do aluno juntamente com outras grandezas dos fenômenos da eletrostática.

No mesmo DSC, na ideia central II, indiretamente há o indicativo sobre a compreensão a força elétrica quando um grupo de alunos destacaram: “...entendi melhor o processo do atrito, a força peso e lei de Coulomb...” e a “... atração e repulsão de cargas...”. Outros conteúdos de ensino, na ideia central III, foram objetos de elementos para o DSC tais como: campo elétrico, tipos de campo, reações da carga elétrica, vetores e potencial elétrico.

Não somente o DSC obtido pela pergunta 1, mas como também a pergunta 3 aponta avaliação direta sobre as simulações computacionais em *flash* em temas da eletrostática. No entanto, trata-se de uma pergunta que retoma um discurso em paralelo com livro didático, conforme ilustra o quadro 14.

Conforme a tabela 3, um DSC apresentou uma ideia central de 35,6% (16) ressaltando que “A simulação computacional e o livro didático se complementam”. Mas por outro lado, 25 discursos (55, 6%) acrescentaram ainda sobre o produto educacional, conforme a ideia central, que “A simulação computacional tem conteúdo que facilita entender mais”. Como resultado que marca essa ideia central destaca-se um fragmento do discurso: “...a simulação permite mostrar de forma detalhada as teorias físicas, como alguns movimentos nos quais nem sempre uma imagem ou leitura do livro permite ter...” (cf. quadro 14).

Outro aspecto do DSC representativo na ideia central IV, na pergunta 3, foi ressaltado em uma parte do discurso que a simulação estimula a curiosidade para o conteúdo e revela explicações. Além disso, há um imperativo do discurso do aluno que “... no livro é muito mais complexo, difícil porque não mostra o processo...”

**Quadro 14-DSC** sobre a pergunta 3: <sup>a</sup>Se você tivesse que falar sobre a simulação computacional do ensino da eletrostática e o livro didático para um colega de sala, o que você diria para ele?

<b>Ideia Central (IV)</b>	<b>A simulação computacional e o livro se complementam</b>
<p><i>Eu diria que a simulação e o livro são fontes que se complementam no assunto. No livro didático tem determinado conteúdo, mas a simulação fará entender melhor o funcionamento da eletrostática. São fontes que podem estar facilitando...entender a eletrostática pelos vetores. Algumas coisas que não foram faladas têm no livro e algumas que não tem no livro foi falado na simulação. Diria ainda, que ele iria entender mais a parte teórica e prática...complemento para melhorar o aprendizado, fica mais fácil de entender. O livro didático é bom para o entendimento da simulação, para ver o conteúdo e a simulação computacional para a compreensão desse conteúdo e explicação...eu diria que é espetacular, muito dinâmico e ajuda fixar o conteúdo dado em sala.</i></p>	
<b>Ideia Central (V)</b>	<b>A simulação computacional tem conteúdo que facilita entender mais (25)</b>
<p><i>Eu diria que a simulação facilita a compreensão do conteúdo e diria ainda que a eletrostática é um estudo da eletricidade capaz de explicar variados fenômenos que não podiam ser explicados antes...a simulação apresenta assunto que mostra melhor a teoria de forma fácil e prática... no livro não tem as simulações e se assistir fica mais fácil de compreender com as imagens retratando como se movem certas coisas, olhando os desenhos, interpretando...e no livro é muito mais complexo, difícil porque não mostra o processo. Ainda diria que com a simulação permite mostrar de forma detalhada as teorias físicas, como alguns movimentos nos quais nem sempre uma imagem ou leitura do livro nos permite ter,...a simulação gera maior conhecimento do conteúdo, eu pude ver e raciocinar melhor, em pouco tempo. No livro eu tenho que ler várias vezes e o que entendo é pouco. A simulação estimula mais a curiosidade para o conteúdo e revela explicações...facilita o entendimento mais que o livro.</i></p>	

Fonte: elaborada pelo autor. Dados da pesquisa.

Nota: (a) Nessa pergunta houve expressões chaves excluídas por não ser possível incluir discurso nas ideias centrais.

Sobre outro DSC, o que se destaca no quadro 15 é a justificativa coletiva dos alunos quando responderam sobre a forma da exposição da aula para alunos interagindo em dupla ou em grupo, considerando o uso de simulações computacionais em *flash* com conteúdo da eletrostática.

A respeito da forma de exposição de aula com interação entre alunos, construiu-se um DSC de que “Melhora o desenvolvimento, entendimento, compreensão...um ajuda o outro” nesse contexto há um “ compartilhamento de ideias

e opiniões interagindo”, conforme a tabela 3. Essas duas ideias centrais tiveram uma distribuição de frequência, respectivamente, de 21 (46,7%) e 24 (53,3%).

**Quadro 15-DSC** sobre a pergunta 2- As simulações computacionais em *flash* de conteúdos da eletrostática são um dos recursos e tecnologia no ensino de física.

Você concorda que a exposição deles em uma aula deve ser ministrada para os alunos interagindo em dupla ou em grupo? Justifique.

<b>Ideia Central (VI)</b>	<b>Melhora o desenvolvimento, entendimento, compreensão...um ajuda o outro</b>
	<p><i>Sim, EU concordo, pois assim podemos nos ajudar no entendimento do assunto relacionado...faz com que os alunos aprendam mais, pois percebemos como funciona a eletrostática. As duas formas de aula, por conta da simulação ser algo a ser analisado e resultando a compreensão de mais pessoas sobre o que acontece...você vai interagir melhor e compreender...é fácil as trocas de informações...um ajuda o outro e tudo se resolve. Em dupla, um pode ajudar o outro explicando...talvez o que eu não sei o meu amigo pode saber e me ajudar..., além disso, isso facilita a compreensão em pequenos aspectos. Além do mais, em grupo é fácil de você entender o conteúdo e também... vai se ver vários pontos de vistas...é bem melhor por conta que se tem uma dúvida um ajuda o outro de forma que nenhum se prejudique. Interagir em grupo... um entende o outro, explica para os demais e vice-versa...assim podemos desenvolver mais conhecimento. A aula deve ser ministrada para os alunos interagindo em grupo porque haverá mais compreensão do conteúdo.</i></p>
<b>Ideia Central (VII)</b>	<b>Compartilhamento de ideias e opiniões interagindo</b>
	<p><i>Sim, Eu Interagindo em dupla ou em grupo fica mais fácil, se aprende e pensa mais. O desenvolvimento seria mais estável...com maior interação entre os alunos. Além disso, deveria acontecer o revezamento entre ambos, porque na hora da explicação a interação deveria ocorrer em grupo, para que haja questionamentos dos alunos entre si e o ministrante respondesse e quando houvesse a parte prática ...acontecesse em dupla para haver uma melhor compreensão e previsão dos resultados entre os alunos. Em dupla é fácil, se comunicando, tendo mais ideias... mais resultados, além dos debates e comentários...Enfim, o conhecimento é dividido! Nós adquirimos, um ajudando ao outro, podemos debater sobre o assunto e quando um colega faltar, ou outro vai lá explicando o que foi estudado. Juntos, cada um retira as dúvidas. Em dupla duas cabeças pensam melhor que uma. Mas, em grupo permite que todos os alunos debatam entre si... tipo, quando o professor fez a simulação da caneta um ajudou o outro. É melhor em grupo pois dessa forma terá o compartilhamento e pensamentos diferentes, interagindo em grupo suas ideias,..trocar ideias e opiniões, debater sobre o assunto, tirar dúvidas...além da eletrostática outros recursos da física, a interação em grupo se torna mais maleável para o horário do professor, para o melhor entrosamento do alunos deixando a aula mais extrovertida. A forma que é aplicada nos dá a liberdade de, analisar, de debater e compreender em conjunto os recursos expostos na aula.</i></p>

Fonte: elaborada pelo autor. Dados da pesquisa.

O DSC da ideia VI e VII (quadro 15) justifica uma aula expositiva contemplando alunos interagindo em dupla quanto em grupo. Segundo o DSC, essas duas formas de interação fazem necessário em virtude "...da simulação ser algo a ser analisado e resultando a compreensão de mais pessoas sobre o que acontece..." Esse trecho do discurso retoma sobre a análise dos fenômenos físicos da eletrostática apresentados nos simuladores (I,II,III, IV). No DSC, há um destaque do discurso: "...um ajuda o outro..." O aluno tem a necessidade de interagir com o outro para melhor compreensão sendo que em dupla se explica para o outro, assim como em grupo para os demais observando vários pontos de vistas entre eles.

No DSC da ideia central VII (quadro 15), o "EU coletivo" destaca que o compartilhamento de ideia se amplia por debate e comentários. Além disso, o aluno tira dúvida com outro colega seja em dupla e/ou em grupo. Para o professor, foi mencionado que no DSC que a aula em grupo facilita no tempo da aula expositiva. A aula expositiva tendo alunos interagindo em dupla/grupo pressupõe uma liberdade, isto é, "...uma liberdade de analisar, de debater e compreender em conjunto os recursos expostos na aula.".

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 AS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS EM *FLASH* E A EXPOSIÇÃO DAS SIMULAÇÕES

Nesse estudo sobre SCF para fenômenos físicos da eletrostática forneceu –se um desenvolvimento de um conjunto de quatro simuladores (I,II,III, IV) com distribuição de 16 simulações sobre: o pêndulo eletrostático, eletroscópio de folhas, lei de Coulomb e gráfico, projeção vetorial da força elétrica, força elétrica resultante, campo elétrico e gráfico, linhas de força do campo elétrico, campo elétricos de várias cargas puntiformes, precipitador eletrostático, lançamento de partículas entre duas placas paralelas.

O desenvolvimento dessas simulações apresenta interação básica para o uso da exposição em sala de aula, descritores de ensino e orientação didática recomendada sobre o uso delas. Segundo Souza Filho (2010) a interação objetiva a atuação do aluno para construção de significados desde a identificação de conhecimento prévio a discussão de conceitos. O autor ainda categoriza a interação em: (a) operacional, onde ocorre o uso do controle (mouse/teclado) pelo usuário na simulação e (b) cognitiva de modo que se relaciona a cognição do aluno com fenômeno físico no simulador (SOUZA FILHO, 2010, *passim*).

A interação para manipular o simulador/simulação foi pouca nas 16 simulações desenvolvidas pois privilegiou-se interação com método de “click” e/ou passar um a seta do *mouse* sobre uma determinada situação da simulação. Dessa maneira permite ao professor/expositor, em um momento da aula, um tempo maior para possíveis explicações dos fenômenos sem ter a necessidade de recorrer muitas vezes ao teclado do computador.

Além disso, esse método proposto facilita o uso da simulação no exercício da docência quando se usa um projetor multimídia que possui caneta interativa/caneta mouse, bem como a lousa digital. Nas escolas públicas do Brasil, o Ministério da Educação proporcionou o uso de recursos tecnológicos de projetores multimídia que permite a utilização da lousa digital (cf. BRASIL, 2017f).

Outros autores apresentaram desenvolvimento de simulações para eletrostática tais como os estudos de Duncke (2016), Lohmann (2016), Sparvoli, Jorge

e Jorge (2017). As simulações desses autores também apresentaram interação básica para o usuário da simulação.

Duncke (2016) além de desenvolver animações para cinemática com ênfase em MRU e MRUV, também produziu simulações na eletrostática para descrever a lei de Coulomb. O autor promoveu situações simuladas de interação entre duas e cargas e múltiplas cargas.

E isso também foi promovido no simulador II, nesta pesquisa, mas destacou-se o gráfico da lei Coulomb permitindo ao docente uma exploração da linguagem matemática que explica que a força eletrostática varia com o inverso do quadrado da distância entre as partículas.

Não somente no simulador II mas também o III apresentou o gráfico animado e o modelo matemático que expressa a lei de Coulomb e o módulo do campo elétrico. Isso converge na matriz de referência (MR) do Enem sobre “compreender fenômenos” (eixo cognitivo comum a todas as áreas do conhecimento); a MR de Matemática e suas tecnologias: habilidades (h) em interpretar gráficos (H20), utilização das informações das grandezas (H24); MR de Ciências da Natureza e suas tecnologias: interpretação de gráficos e experimentos (H15) bem como relacionar as informações em diversas formas de linguagem (H17), entre outras habilidades (cf. BRASIL, 2017c). Todos os simuladores (I,II,III,IV) retomam para a “compreensão de fenômenos” cujo o objeto de aprendizagem seja: processos de eletrização, lei de Coulomb, campo elétrico, linhas de forças, etc. (cf o quadro 13). Além disso, algumas simulações permitem ancoragem para tecnologias/aplicações e discussão em sala de aula.

A compreensão da interação entre as cargas elétricas e noção do fenômeno em escala ampliada pode ser complementada com o objeto de aprendizagem apresentado pelos autores Sparvoli, Jorge e Jorge (2017). Trata-se de uma animação baseada no software *Scratch*. No entanto é com o trabalho desenvolvido por Lohmann (2016) que pode ser útil para uma animação com objetivo de calcular grandezas do campo elétrico, força, trabalho e potencial elétrico.

No que se refere ao simulador I (pêndulo e eletroscópio), ele pode ser usado em sequência didática aliada a atividade experimental. Esse simulador pode ser uma ferramenta que complementa a explicação do professor em atividade experimental aprofundada como: o eletroscópio com transistor de efeito de campo proposto por Sampaio, Rodrigues e Souza (2017) e o funcionamento do eletroscópio de folhas desenvolvido por Santos (2016).

Para situar, uma oficina de eletricidade elaborada por Silva (2015), com referencial metodológico Ausubeliano e Freiniano, foi aplicado em uma escola com alunos da terceira série em São Cristóvão-Sergipe em que aliou-se a atividade experimental sobre eletricidade com uso de simuladores. No que se refere a aprendizagem adotada, Silva (2015) destacou que os temas de eletricidade foram compreendidos de forma significativa.

Por outro lado, o uso do simulador I (pêndulo eletrostático, o eletroscópio de folhas) bem como o simulador IV (precipitador eletrostático) são recursos tecnológicos para o ensino de física que podem promover a interação social entre os alunos baseado na teoria de aprendizagem de Vigotsky. Essa teoria apresenta implicações positivas no ensino de física conforme descreveu Mees (2017) e Moreira (1999) seja por instrumentos de signos e/ou pela zona de desenvolvimento proximal (ZDP). Ostermann (2011) é enfática que a ZDP diz respeito a uma forma de aprendizagem em uma criança necessita de um auxílio de alguém para executar as tarefas propostas a ela.

A literatura de Moreira (2011, p.38), destacou a ZDP da teoria de Vygotsky como:

[...] a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como poderia ser medido por sua capacidade de resolver problemas sozinho e seu nível de desenvolvimento potencial, tal como seria medido por sua capacidade de resolver problemas sob orientação ou em colaboração com companheiros mais capazes. O ensino, portanto, deve acontecer na zona de desenvolvimento proximal e, de certa forma, determinar o limite superior desta zona. Na interação social que deve caracterizar este ensino, o professor é o participante que já internalizou significados socialmente compartilhados para os materiais educativos do currículo e procura fazer com que o aprendiz também venha a compartilhá-los.

É por esse esclarecimento por Moreira (2011) que destaco que o uso dos dois simuladores (I e IV) são umas das fontes de recursos promotora para uma aprendizagem com interação social desde que o docente planeje a aula expositiva posicionando o aluno em dupla e/ou em pequenos grupos de 3-4, incluindo na aula, por exemplo, uma atividade experimental sobre processos de eletrização e o docente fazendo questionamentos sobre os fenômenos físicos e explicações adicionais com uso do simulador. Isso foi evidenciado na aula expositiva durante a aplicação do produto educacional na EJORB e também no DSC dos alunos.

Os quatro simuladores apresentam simulações com fontes de subsunçores no ensino de física para aprendizagem significativa do aluno no ensino da eletrostática. Para ilustrar, o quadro abaixo apresenta uma lista de alguns subsunçores que se relacionam com algumas simulações e proporcionam uma nova informação para o aluno.

A lista de subsunçores prévios apresentados no quadro, alguns fazem parte de objetos de ensino em física de séries anteriores tais como os descritores: trajetória, velocidade, aceleração, movimento unidimensional, movimento bidimensional, força peso, força de tração, energia potencial gravitacional, vetor, transferência de calor por convecção. Outros fazem parte de conteúdos de ensino da eletrostática na medida que fenômenos são apresentados, por exemplo: estrutura elétrica do átomo, partículas, força elétrica de atração e repulsão, linhas de força, diferença de potencial elétrico e capacitor.

Os descritores de ensino apresentados podem ser encontrados em livros didáticos do ensino médio dos autores Pietrocola *et al.* (2016a, 2016b, 2016c), Gaspar (2016a, 2016b, 2016c) e Guimarães, Piqueira e Carron (2016a, 2016b, 2016c).

**Quadro 16**-Lista de subsunçores, simulação e a nova informação

Subsunçores prévios <sup>a</sup>	Simulação, conforme o quadro 13	Nova informação <sup>b</sup>
força peso, força de tração, pêndulo, vetor, força de campo, força de contato	pêndulo eletrostático	Indução elétrica, força elétrica, pendulo eletrostático, vetor da força elétrica
estrutura elétrica do átomo, partículas	pêndulo eletrostático, eletroscópio de folhas, lei de coulomb	força elétrica de atração e repulsão
força de campo <sup>21</sup> e força de contato, vetor	lei de Coulomb, gráfico da lei de Coulomb	força elétrica de atração e repulsão, força elétrica resultante, a força elétrica diminui com inverso do quadrado da distância, lei de Coulomb, modelo matemático <sup>c</sup>

<sup>21</sup> Força gravitacional, por exemplo.

**Quadro 16**-Lista de subsunçores, simulação e a nova informação  
(continuação)

Subsunçores prévios <sup>a</sup>	Simulação, conforme o quadro 13	Nova informação <sup>b</sup>
vetor, força elétrica de atração e repulsão	projeção vetorial da força elétrica entre cargas elétricas força elétrica resultante	força elétrica resultante
campo gravitacional, força elétrica, vetor	Campo elétrico, linhas de força de campos elétricos, gráfico do módulo do campo elétrico	campo elétrico, linhas de força de campo elétrico, campo elétrico de várias cargas puntiformes, o campo elétrico diminui com o inverso do quadrado da distância, modelo matemático <sup>c</sup>
velocidade, aceleração, capacitor, linhas de força, energia potencial gravitacional, trajetória, processos de eletrização, força peso, diferença de potencial elétrico, transferência de calor por convecção	precipitador eletrostático	funcionamento parcial de um precipitador eletrostático
aceleração da gravidade, campo gravitacional, força peso, trajetória, velocidade, movimento unidimensional, movimento bidimensional, aceleração, linhas de força, diferença de potencial, capacitor	Linhas de força de um campo elétrico, contextualização e aplicações (cf. simulador II, painel 6)	Lançamento de partículas entre duas placas paralelas e aplicações tecnológicas

Fonte: elaboração própria.

Nota: (a) (b) a nova informação apresentada no quadro é apenas um exemplo. Mas outras informações poderão ser explícitas dependendo do contexto da aula expositiva e/ou da aprendizagem esperada. (c) trata-se de um subsunçor na estrutura cognitiva do aluno que é um descritor de ensino amplamente trabalhado no ensino da Matemática em séries anteriores do último ano de estudo do ensino médio e que se contextualiza no ensino de física em aplicações de vários conteúdos, tais como: a lei de Coulomb:  $F(d) \sim \frac{1}{d^2}$ , lei da gravitação universal:  $F(d) \sim \frac{1}{d^2}$ , campo elétrico de uma carga pontual:  $E(r) \sim \frac{1}{r^2}$ , entre outros.

O subsunçor na literatura de Moreira (2011, 1999) retoma uma base matricial constituída de ideias, conceitos, conhecimentos que permitem uma ancoragem para compreensão e a fixação de um novo conhecimento na estrutura cognitiva do aluno. Em relação ao ensino da eletrostática, os subsunçores apresentados no quadro

permitem uma ancoragem que complementa a compreensão de um fenômeno físico da eletrostática. Na aplicação do produto educacional na EJORB, as grandezas físicas “força e campo gravitacional” foram grandezas físicas de conhecimento prévio mais indicadas pelos alunos que permitiram uma conexão com conteúdo da eletrostática.

De certo, observa-se uma incidência muito ampla de subsunçores na simulação do “precipitador eletrostático” “Linhas de força de um campo elétrico, contextualização e aplicações (cf. simulador II, painel 6)”. Uma possível explicação para isso decorre da simulação permitir uma ancoragem de conhecimento do aluno para nova informação em contexto com aplicações e tecnologias na eletrostática. E isso é a aprendizagem significativa por excelência. Nas palavras de Moreira, Studart e Vianna (2016, p.4327-5) ela “...é aprendizagem com significado, compreensão, capacidade de explicar, descrever, aplicar, conteúdos declarativos e procedimentais.”.

Além disso, as aplicações sobre o lançador de partículas entre duas placas paralelas podem ser objetos de discussão na aula expositiva para diversas tecnologias eletrostáticas tais como: impressora a jato de tinta, separação eletrostática de sólidos, copiadoras etc. Ainda mais, eles são úteis discussão tecnologias baseadas em capacitores. O quadro abaixo mostra alguns autores que contextualizam tecnologias eletrostáticas.

**Quadro 17-**Distribuição de autores apresentam tecnologias eletrostáticas

Autor (ano)	Objeto de tecnologia de discussão	Descrição
Sadiku (2012)	(a) separação eletrostática de sólidos	O autor apresenta um exemplo de aplicação prática para separação eletrostática de sólidos quando se aplica um campo elétrico uniforme (p.99)

**Quadro 17-** Distribuição de autores apresentam tecnologias eletrostáticas (continuação)

Autor (ano)	Objeto de tecnologia de discussão	Descrição
Boylestad (2012)	(b) touchpads no computador	O autor apresenta uma descrição do funcionamento do <i>touchpad</i> contextualizando a aplicabilidade de um capacitor (p.369)
	(c) lâmpada de flash	O autor apresenta o circuito básico de acionamento do <i>flash</i> de uma câmera e cita o capacitor eletrolítico como um dos principais componentes do circuito (p.371).
Torres et al. (2016)	(e) blindagem eletrostática (be); (f) para-raios;  (d) dispositivos eletrostáticos: máquinas de xerox, coifas, filtros eletrostáticos, impressoras a jato de tinta; (e) modelo matemático da trajetória do elétron	Na p. 37, os autores apresentam o processo de cópias da máquina de xerox e faz inferências de efeitos eletrostático; na p. 88 há uma breve descrição/explicação dos dispositivos eletrostático. Os autores ainda apresentam um exercício especial sobre o movimento do elétron entre duas placas paralelas uniformemente carregadas (p.87). Os autores fazem inferência de uma aplicação do estudo do campo elétrico e contextualizam a aplicação da be e citam tecnologias que se beneficiam dessa aplicação. Mais adiante (p.33) os autores propõem um uma atividade de grupo para explicar o funcionamento do precipitador eletrostático, detectores de fumaça e outros. Na p.44 é destacado pelos autores sobre as descargas elétricas na atmosfera explicando o fenômeno do raio, relâmpago e trovão e utilização do para-raios.

Nota: elaboração própria.

Outros autores de livros didático como Biscuola, Bôas e Doca (2016, passim) também são enfáticos em tecnologias tais como: fio de aterramento do caminhão que

transportam combustíveis (p.23), máquina de xerox (p.23), impressora a jato de tinta (p.41), fenômenos eletrostáticos na atmosfera e para-raios (p.41-42), precipitador eletrostático (p.66). Assim com os autores Luz, Alvares e Guimarães (2016, *passim*) contextualizam a blindagem eletrostática e aplicações dela (p.49-50), funcionamento dos para-raios (p.55) e a diferença de potencial na medicina (p.74)

Por outro aspecto de ensino e aprendizagem, a simulação do precipitador eletrostático pode ser aplicado considerando uma sequência de ensino investigativo. Sobre essa questão Rego *et al.* (2017) apresentaram uma proposta sobre o uso dele como sequência de ensino investigativo. Segundo Carvalho (2013) uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) compreende a escolha de um conteúdo planejado que proporciona ao aluno expor conhecimentos prévios para iniciar novos conhecimentos, bem como discussão com outros sujeitos. Segundo a autora a SEI procede inicialmente por uma problemática de estudo experimental ou teórico.

Dentro do desenvolvimento das 16 simulações não foi elaborado simulação computacional específica para o descritor de ensino de física: o potencial elétrico e capacitor de placas paralelas. Entretanto sobre potencial elétrico, foi incluído uma representação gráfica das superfícies equipotenciais nas simulações I e L (cf. Painel 8 e 9). Essas duas simulações podem ser utilizadas para breves explicações sobre o descritor de ensino, assim como a diferencial de potencial entre as duas placas paralelas (cf. simulação G, painel 6; painel 11). Mas no estudo, durante a exposição da aula foi feito apontamento sobre a diferença de potencial e também a noção de capacitor de placas paralelas. E sobre essa grandeza física há um achado na pesquisa sobre o potencial elétrico que se encontra no DSC dos alunos da EJORB.

Sobre o descritor “potencial elétrico” não se encontrou proposta de produtos educacionais que envolvesse simulações. No entanto foi encontrado uma proposta para o ensino em que se faz analogias para visualização de equipotenciais com uso de planilhas (SANTOS; NUNES, 2013). Esse trabalho assim como uso de simulações computacionais contempla uma forma de ensino de física aliada a TIC.

## 6.2 O DISCURSO DO SUJEITO COLETIVO: AS SIMULAÇÕES

Para situar, a partir DSC dos alunos da EJORB que avaliou o conjunto de simuladores (I,II,III, IV) na aula expositiva e confirmou-se a ideia central de que a simulação computacional em flash de fenômenos físicos da eletrostática “Facilita a

compreensão dos fenômenos na eletrostática”. Sobre compreensão de fenômenos, tendo como recurso didático simulações computacionais, Silva e Ferreira (2014, passim) explicam que o avanço tecnológico apresenta muita disponibilidade conteúdos digitais na internet e faz um imperativo de reaprendizagem para o conhecimento. A utilização de simulações computacionais no processo didático permite possibilidades para que os alunos compreendam princípios fundamentais das ciências da natureza.

Ainda no DSC dos alunos da EJORB, os fenômenos eletrostáticos simulados permitem uma compreensão passo a passo e para os alunos uma e os processos como funciona na realidade (cf. DSC pergunta 1). Nesse contexto, “os processos de eletrização e as forças” foram dois descritores de ensino que formaram uma ideia central e um elemento do DSC fez inferência de aprendizagem significativa de Ausubel:

*“...descobrimos a existência de força, relembramos conteúdo. Permitiu adquirir novas informações sobre o assunto.”.*

Isso diz respeito a ancoragem de subsunçores prévios do aluno ampliando uma mudança conceitual do que foi estudado.

No estudo de Macedo, Dickman e Andrade (2012), baseado em simulações computacionais com temas de eletromagnetismo para o ensino médio, promoveu mudança conceitual nos alunos do ensino médio (terceira série), a partir dos resultados do questionário. Segundo os autores, o uso das simulações quando bem executado proporciona uma motivação no processo de ensino e aprendizagem.

‘O discurso dos alunos sobre a compreensão dos processos da realidade pode estar relacionado com as aplicações simuladas que permitiram menção de tecnologias e apresentação de aplicação tais como “ o precipitador eletrostático”, aula expositiva com atividade experimental rápida dos processos de eletrização e explicação com os simuladores sobre e “eletroscópio de folhas e o pendulo”.

### 6.3 O DISCURSO DO SUJEITO COLETIVO: AS SIMULAÇÕES EM FLASH E O LIVRO DIDÁTICO

A partir de outro DSC dos alunos da EJORB, as simulações computacionais em *flash* do ensino da eletrostática e o livro didático se complementam e nas simulações aparecem conteúdos de ensino que facilitam o entendimento do aluno (cf. DSC da pergunta 3).. Essa combinação fornece uma premissa de que a animação de um fenômeno físico da eletrostática promove uma motivação/facilitação e curiosidade. E isso é mostrado na ideia central II:

*“...a simulação permite mostrar de forma detalhada as teorias físicas, como alguns movimentos no quais nem sempre uma imagem ou leitura nos permite ter...”*

*“...A simulação estimula mais a curiosidade para o conteúdo e revela explicações...”*

Sobre a questão da imagem em movimento (*motion graphics*), um estudo realizado por Fronza, Blum e Lima (2014) detectou que há diferenças na percepção de informação estática e em relação a animada. O estudo dos autores envolveu participantes de alunos de ensino médio de uma escola da cidade Lontras-Santa Catarina e dois *focus group* da universidade do Vale do Itajai. No estudo deles, os alunos do ensino médio que assistiram o infográfico animado apresentaram um maior percentual de acertos.

Outro estudo anterior a esse que teve como objeto um assunto astrofísico, apresentou resultados de um estudo experimental com alunos sobre os efeitos estáticos e dinâmicos de um texto expositivo, os resultados mostraram diferenças de frequências no uso de estratégias de aprendizagem para o resultado da aprendizagem (LEWALTER, 2003). Sobre a comparação entre animação gráfica e estática, a metanálise de Berney e Bértrancourt (2016) encontrou efeitos positivos da animação sobre os gráficos estáticos.

De certo, no discurso dos alunos a simulação e o livro didático se complementam, mas ele pode apresentar descontextualização. Cordeiro e Peduzzi (2013) apresentaram consequências das descontextualizações de um livro didático a partir de uma análise do tema da radioatividade. Mais adiante, os autores estão de acordo que a fonte principal para consulta seja para o docente ou aluno e o livro didático.

No discurso, dos alunos da EJORB foi evidenciado que o livro didático não é complexo (cf. ideia central II) e que observar um fenômeno animado facilita a

compreensão. Mas é com ele, conforme Kuhn (2005) que as realizações científicas são relatadas, apresentam teorias aceitas e aplicações. Entre outros aspectos, Silva e Pimentel (2008) afirmaram a concepção de que o livro didático reforça a existência de gênios das ciências. Entretanto, esses autores ao analisarem livros didáticos e paradidáticos da história da eletricidade do ensino fundamental e médio, comentaram que a história da eletricidade foi apresentada de forma alterada e simples.

#### 6.4 O DISCURSO DO SUJEITO COLETIVO: A INTERAÇÃO SOCIAL

Uma parte dos DSC dos alunos da EJORB forneceu duas ideias centrais relacionadas a interação social dos alunos. As ideias centrais destacaram a exposição da aula com simulações computacionais aplicados aos fenômenos físicos da eletrostática “Melhora o desenvolvimento, entendimento, compreensão...” pois há um “compartilhamento de ideias e opiniões interagindo” seja em dupla ou em grupo.

O aluno falando ou explicando um fenômeno físico da eletrostática é uma forma de sistema de signos. Esse sistema de signo é esclarecido na teoria vigotskyana, conforme apresentou Moreira (2011). O autor ainda ressaltou que a interação social é mediada por instrumentos e signos. Esses são construções sócios-históricas e culturais, de modo que uma interação social em dupla pressupõe duas pessoas trocando significados. Nesse contexto de troca, se observa um ponto positivo da interação social para aprendizagem significativa de Ausubel: a linguagem (MOREIRA, 2003, 2011, *passim*).

Sobre esse aspecto, o DSC dos alunos da EJORB apresentou forte relevância nas duas ideias centrais. No “Eu coletivo” há um destaque no discurso que o aluno necessita interagir, o aluno pode tirar dúvida com outro colega. Isso é a Zona de Desenvolvimento Proximal (cf. MOREIRA, 1999, 2003, OSTERMANN; CAVALCANTE, 2011).

Vários estudos apresentaram como referencial teórico da aprendizagem a teoria interacionista em Vitgotsky e aprendizagem significativa (SIQUEIRA, 2017, ALMEIDA, 2014, MAI, 2008). Um estudo baseado em um ensino investigativo, na eletrostática, aplicado por Mota (2016) em alunos da terceira em uma cidade do Espírito Santo, os resultados apontaram que o ensino investigativo apresentou potencialidades para o aluno trabalhar em grupo, busca de diálogos entre eles, estruturar a linguagem oral e escrita, etc.

No “Eu coletivo” dos alunos da EJORB (cf. Quadro da pergunta 2) há uma essência no discurso: a interação social. Foi observada no discurso que ela promove uma compreensão e compartilhamento do conhecimento. E isso faz uma ancoragem relacionada na tríada da aprendizagem significativa explicado por Moreira (2003): significado, interação e conhecimento.

Assim, baseado no DSC dos alunos da EJORB, em face as ideias centrais, permite entender que o ensino da eletrostática com as simulações computacionais é um meio para promover o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa de Ausubel e ao mesmo tempo uma aprendizagem interacionista em Vigotsky. E isso resgata a ideia de que as duas formas de aprendizagens estão centradas no aluno. Dentro desse conjunto, a “Simulação computacional em *flash* para fenômenos físicos da eletrostática” é um dos recursos complementares em contexto com Tecnologias da Informação e Comunicação.

## CONCLUSÃO

Dado o exposto, a presente pesquisa teve como destaque a produção de simulações computacionais em *flash* de fenômenos físicos da eletrostática e a avaliação delas após uma aula expositiva.

Foi possível desenvolver um produto educacional com 16 situações simuladas para o ensino da eletrostática (cf. no Apêndice) em que elas foram agrupadas em quatro simuladores e categorizadas em painéis. Esses painéis apresentam uma breve descrição e a orientação didática do aspecto interativo da simulação. Além disso, há indicação de alguns descritores para o ensino Física. Em síntese, desenvolveu-se simulações, tais como: pêndulo eletrostático, eletroscópio de folhas, lei de Coulomb, campo elétrico e precipitador eletrostático, entre outros.

A aula expositiva foi apresentada em quatro turmas da terceira série com base no cronograma de conteúdos de ensino do professor de Física da escola EJORB. A aula expositiva foi a culminância do produto educacional aplicado e isso foi o início dos conteúdos de ensino da eletrostática na escola.

Os estudantes avaliaram as simulações usadas durante a aula expositiva e no geral, a partir de um discurso, eles destacaram que as simulações facilitam a compreensão dos fenômenos físicos da eletrostática. No DSC, se evidenciou isso. Considerando a interação social durante uma aula expositiva com uso das simulações, muitos estudantes foram enfáticos que melhora o desenvolvimento e entendimento pois um aluno ajuda o outro e há um compartilhamento de ideias. Além disso, as simulações computacionais em flash complementam o livro didático. Com base nas repostas dos alunos, as grandezas físicas “Força e campo gravitacional” foram as mais citadas e relevantes como conhecimento prévio de conceitos estudados anteriormente.

Nesse sentido, por um lado, considerando a aplicação de uma teoria de aprendizagem em sala de aula, a utilidade das simulações computacionais desenvolvidas e procedimentos didáticos para uma sequência de aula no ensino da eletrostática, recomenda-se ao docente:

- a) conhecer previamente TIC que possa facilitar o uso das simulações no formato *flash*;
- b) aplicar o uso das simulações como complemento de didático do processo de ensino e aprendizagem de um determinado tema adequado para a eletrostática;

- c) no processo de ensino e aprendizagem, realizar a aula com alunos em dupla ou em grupos pequenos de três estudantes;
- d) aliar as simulações computacionais em *flash* com atividades experimentais e/ou resolução de problemas em sala de aula;
- e) após usar a simulação sobre o precipitador eletrostático e/ou o lançador de partículas entre duas placas paralelas, promover a discussão sobre tecnologias usadas baseadas na área da eletrostática e fazer apontamentos sobre essa questão no livro didático.

Entretanto, por outro lado, considerando aspectos metodológicos para pesquisa e propostas futuras de outros produtos educacionais, recomenda-se aos pesquisadores:

- a) elaborar produtos educacionais que possam unir métodos de ensino aplicado à teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e interacionista de Vygotsky com as simulações computacionais em flash e usando outras ferramentas sobre os temas da eletrostática;
- b) desenvolver simulações computacionais aprofundado para o ensino dos conteúdos: potencial elétrico, trabalho realizado por uma força elétrica e associação de capacitores;
- c) com ênfase métodos qualitativos, aplicar o método de análise de dados para o questionário da pesquisa com ênfase no método de Análise de Conteúdo em Bardin (cf. BARDIN, 2011) ou Discurso do Sujeito Coletivo (cf. LEFEVRE; LEFEVRE, 2014, 2006, 2005).

## REFERENCIAS

ACRE, Secretaria de Estado de Educação. **Cadernos de orientação curricular: orientações curriculares para o ensino médio-caderno 1...** Rio Branco, Ac: SEE, 2010.

ADOBE. **Common questions for animate:** What is animate CC and who is it for?. Disponível em:< <https://helpx.adobe.com/animate/faq.html>> Acesso em 26, Mar., 2016.

\_\_\_\_\_. **Veja o que você está perdendo.** Compare os principais recursos das versões...Disponível em:< <http://www.adobe.com/br/products/animate/versions.html>> Acesso em 29, jul.,2017a.

\_\_\_\_\_. **Adobe flash plataform:** introdução ao ActionScript 3.0. Disponível em:< [http://help.adobe.com/pt\\_BR/as3/learn/WSf00ab63af761f170-43fa6dce12937d272e9-8000.html](http://help.adobe.com/pt_BR/as3/learn/WSf00ab63af761f170-43fa6dce12937d272e9-8000.html)> Acesso em: 29, jul.,2017b.

AGUIAR JR., Orlando. Planejar o ensino considerando a perspectiva da aprendizagem: uma análise de abordagens didáticas na introdução à física terminca. **Cad. Brás. Ens. Fís.**, v. 19, n.2: p.219-241, ago. 2002.

ALMEIDA, Rodrigo Lapuente de. **Ensino de Física na educação de jovens e adultos:** contextualizando de uma forma significativa o estudo da eletricidade. 2014.103f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pos-graduação em ensino de Física, Porto Alegre-RS, 2014. Disponível em:<<http://hdl.handle.net/10183/111862> > Acesso em: 10, set., 2017.

ANDRADE, Marcelo Esteves de. **Simulação e modelagem computacional com software Modellus:** aplicações práticas para o ensino de física. São Paulo: editora da Física, 2016.

ANJOS, Antonio Jorge Sena dos. As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: a simulação computacional na educação em Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 569-600, dez. 2008.

ANDRADE, Kênia Rodrigues et al.Práticas docentes motivadoras no ensino de FísicaIn: XXI SIMPÓSIO NACIOCIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2015, Uberlândia-MG. **Anais...**Disponível em:<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0727-1.pdf>> Acesso em: 25, jul., 2017.

ARAGÃO, Maria José. **História da Física.** Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

ARAUJO, Ives Solano.; VEIT, Eliane Angela. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004

ARAÚJO, Silvia Costa; GONÇALVES, Bruno; MENEZES, Paulo Henrique Dias. Desenvolvimento de uma unidade de ensino potencialmente significativa para o ensino de eletrodinâmica orientada por um protótipo interativo que utiliza a plataforma arduino para controle de dispositivos e medidas elétricas. In: XXII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0237-1.pdf>> Acesso em: 28, jul., 2017.

ATKINSON, Rita L. et al. **Introdução à psicologia de Hilgard**. 13. Ed. Traduzido por Daniel Bueno. Porto Alegre: Artmed, 2002. Tradução de Hilgard's Introductions to Psychology.

BAHÉ, Thiago Rodrigues da Silva. **Desenvolvimento de guias didáticos baseados na utilização de objetos de aprendizagem**. 2015. 82f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional no ensino de Física). Instituto de Física, Programa de pós-graduação de mestrado profissional em Ensino de Física, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2015.

BARBATANA, Fabrício Eras Manzi. **Flash MX: Animações avançadas com Action Script**. São Paulo: érica, 2003.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luis Antero Reto, Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARROSO, M. F. **Aplicativos computacionais**. In: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Ensino de Física e Ciências. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/>> Acesso em: 02, ago., 2017.

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: eletromagnetismo, ondulatória, física moderna**. 2.ed. São Paulo: FTD, 2013

BERNEY S.; BÉTRANCOURT M., Does animation enhance learning? A metaanalysis, **Computers & Education**, 2016 doi: 10.1016/j.compedu.2016.06.005.

BETZ, Michel Emile Marcel; TEIXEIRA, Rejane Maria Ribeiro. Conteúdos de métodos computacionais em material instrucional para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, p. 787-811, ago. 2012. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp2p787/23065>>. Acesso em: 26 jun. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29nesp2p787>.

BEZERRA JR. et al. Vídeo análise no ensino de Física: um exemplo de aplicação em modelagem científica. In: XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2013, São Paulo, SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0430-1.pdf>> Acesso em: 28, jul., 2017.

BEZERRA, Darcy Cristiana Fernandes; ROCHA, Valnice Sá de Brito; ARTIMAN, Walisson Martins. Experimentos de Física com materiais de baixo custo: a fonte de heron, condutores e isolantes. In: XXI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE

FÍSICA – SNEF, 2015, Uberlândia-MG. **Anais...**Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0971-1.pdf>> Acesso em: 25, jul., 2017.

BISCUOLA, Gualter; BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. **Física, 3:** eletricidade e física moderna. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

BLAS, Teresa Martin; Fernandez, Ana Serrano. **Curso de Física Básica:** tabla de animaciones. In: Universidad Politécnica de Madrid. Disponível em:<<http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/default.htm>> Acesso em: 02, ago., 2017a.

BLAS, Teresa Martin; Fernandez, Ana Serrano. **Animaciones de física.** In: Universidad Politécnica de Madrid. Disponível em:<<http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/animaciones.html>> Acesso em: 02, ago., 2017b

BOSS, Sérgio Luiz Bragatto; CALUZI, João José. Os conceitos de eletricidade vítrea e eletricidade resinosa segundo Du Fay. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 29, n. 4, p. 635-644, 2007 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172007000400023&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000400023&lng=en&nrm=iso)>. access on 20 July 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172007000400023>

\_\_\_\_\_. Uma breve biografia de Stephen Gray (1666-1736). **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 32, n. 1, p. 1602-1609, Mar. 2010.

BONVENTI JR., Waldemar; ARANHA, Norberto. Estudo das oscilações amortecidas de um pêndulo físico com o auxílio do “Tracker”. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 37, n. 2, p. 2504-1-2504-9, June 2015.

BOYLESTAD, Robert L. **Introdução à análise de circuitos.** 12.ed. Traduzido por Daniel Vieira e Jorge Ritter. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012. Tradução de: Introductory circuit analysis.

BRAGAGNOLO, Diego Sanchez; PESSANHA, Márlon Caetano Ramos. Tecnologias da Informação e Comunicação nos SNEFs (2009-2015) In: XXII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...**Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1286-1.pdf>> Acesso em: 26, jul., 2017.

BRANCO, Alberto Richielly M. Castelo; MOUTINHO, Pedro E. Conceição. O lúdico no ensino de física: o uso de gincana envolvendo experimentos físicos como método de ensino. In: XXI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2015, Uberlândia-MG. **Anais...**Disponível em:<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0680-1.pdf>> Acesso em: 25, jul, 2017.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o Ensino Médio: Ciência da Natureza, Matemática e suas tecnologias.** Brasília: Ministério da Educação, 2006.

\_\_\_\_\_, Ministério da Educação. **Secretaria de Educação a Distância (SEED):** RIVED. Disponível em:<  
[http://rived.mec.gov.br/site\\_objeto\\_lis.php](http://rived.mec.gov.br/site_objeto_lis.php)>  
 Acesso em: 01, ago., 2017a.

\_\_\_\_\_, Ministério da Educação. **Secretaria de Educação a Distância (SEED):** pesquisando no RIVED. Disponível em:<  
[http://rived.mec.gov.br/site\\_objeto\\_lis.php](http://rived.mec.gov.br/site_objeto_lis.php)> Acesso em: 01, ago., 2017b.

\_\_\_\_\_, Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Matriz de referência ENEM.** Disponível em:<  
[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/downloads/2012/matriz\\_referencia\\_enem.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf)> Acesso em 17, mai., 2016a.

\_\_\_\_\_, Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Matriz de referência ENEM.** Disponível em:<  
[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/downloads/2012/matriz\\_referencia\\_enem.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf)> Acesso em 20, ago., 2017c.

\_\_\_\_\_, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Disponível em:<  
<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>> Acesso em 20, ago., 2017d

\_\_\_\_\_, Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias.** Disponível em:<  
<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>> Acesso em 20, ago., 2017e.

\_\_\_\_\_, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Computador interativo e lousa digital.** Disponível em:<  
<http://www.fnde.gov.br/portaldecompras/index.php/produtos/computador-interativo-projetor>> Acesso em 07, set., 2017f.

\_\_\_\_\_, Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução CNS n° 466/12.** Disponível em:<  
[http://conselho.saude.gov.br/web\\_comissoes/conep/index.html](http://conselho.saude.gov.br/web_comissoes/conep/index.html)> Acesso em 20, jul., 2016.

\_\_\_\_\_, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Guia de livros didáticos: PNLD 2015: física: ensino médio.** Brasília: Ministério da Educação, 2014.

BRUSCATO, Gentil César; MORS, Paulo Machado. Ensinando física através do radioamadorismo. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 36, n. 1, p. 1-8, Mar. 2014 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172014000100024&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172014000100024&lng=en&nrm=iso)>. access on 17 July 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172014000100024>.

BUSTOS, Hernán Estrada. **Física Computacional**. Bogotá, Colombia: Pro-Offset Editorial Ltda, 2005.

CABRAL, Jéssica Regina Romão et al. Uma metodologia alternativa para o ensino de física: o uso de simuladores e sensores na busca de uma aprendizagem significativa. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, 2013, São Paulo, SP . **Anais...**Disponível em:<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0395-1.pdf>> Acesso em: 28, jul.,2017.

CARDOSO, Stenio Octávio de Oliveira; DICKMAN, Adriana Gomes. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.29,n. especial 2: p. 891-934, out. 2012.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **O ensino de ciências e a proposição de seqüências de ensino investigativas**. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. (Org.) Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap.1

CAVALCANTE, Aline Soares; ROCHA, Sidney Gomes da; FERNANDES, Diego Cássio Garcia. Alternativas para necessidades existentes materiais de baixo custo utilizando na construção de instrumentos para o laboratório de Física.In: XXII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...**Disponível em:<<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1195-1.pdf>> Acesso em: 25, jul., 2017.

COELHO, Rafael Otto. **O uso da informática no ensino de física de nível médio**. 2002. 101f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas,2002.

CORDEIRO, Marinês Domingues; PEDUZZI, Luiz O. Q.. Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividade. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 35, n. 3, p. 1-11, Sept. 2013 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172013000300027&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172013000300027&lng=en&nrm=iso)>. access on 10 Sept. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172013000300027>

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL (CGI). **Producing data on the internet in Brasil**. Disponível em:<[http://www.cgi.br/media/docs/publicacoes/1/ceticbr\\_10\\_years.pdf](http://www.cgi.br/media/docs/publicacoes/1/ceticbr_10_years.pdf)> Acesso em: 12, abr., 2016.

CORDEIRO, Marinês Domingues; PEDUZZI, Luiz O. Q.. Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividade. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 1-11, Set. 2013.

CHEVALLARD, Yves. **On didactic transposition theory: Some introductory notes**. In: International Symposium on Research and Development in Mathematics, Bratislava, Czechoslovakia, 1988.

CHOMSKY, Noam. **Linguagem e mente**: pensamentos atuais sobre antigos problemas. Traduzido por Lúcia Lobato; revisão de Mark Ridd. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998. Tradução de : Language and mind.

CRUZ, Tarcísio Lima da et al. PIBID/UFRJ da Física em sala de aula: atividade de história do eletromagnetismo. In: XXI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2015, Uberlândia-MG. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0644-1.pdf>> Acesso em: 25,jul., 2017.

DA SILVA, Nelson Canzian. Laboratório virtual de Física Moderna: atenuação da radiação pela matéria. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis**, v. 29, n. 3, p. 1206-1231, dez. 2012. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/25283>>. Acesso em: 20 jul. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29n3p1206>.

DELORS, Jacques (Coord). **Educação**: um tesouro a descobrir: relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. Traduzido por José Carlos Eufrázio. São Paulo: Cortez Editora, 1998. Tradução de Learning: The treasure within: report to Unesco of the Internacional Commission on Education for Twenty-first Century.

DEMO, Pedro. **Pesquisa e informação qualitativa**: Aportes metodológicos. Campinas-SP: Papirus, 2001.

DIAS, Lisete Funari; SOARES, Sandra Schmidt; BILHALBA, Larissa Pires. Simulações computacionais no ensino de física: potencialidade para uma aprendizagem significativa. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, 2013, São Paulo-SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0069-1.pdf>> Acesso em: 28, jul.,2017.

DIONISIO, Paulo Henrique. A força eletromotriz de movimento e os fundamentos da teoria eletromagnética clássica. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 32, n. 4, p. 4302-1-4302-13, Dec. 2010 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172010000400002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172010000400002&lng=en&nrm=iso)>. access on 19 Aug. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172010000400002>.

DUARTE, Sebastião Junior Henrique; MAMEDE, Marli Villela; ANDRADE, Sônia Maria Oliveira de. Opções teórico-metodológicas em pesquisas qualitativas: representações sociais e discurso do sujeito coletivo. **Saude soc.**, São Paulo , v. 18, n. 4, p. 620-

626, Dec. 2009. Available from  
 <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-12902009000400006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902009000400006&lng=en&nrm=iso)>. access  
 on 26 Mar. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902009000400006>.

DUNCKE, Rosângela Becker. **Animações computacionais como recursos para ao ensino de física**. 2016. 83f. Dissertação (Mestrado Profissional no ensino de Física)- Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Barra do Garças-MT, 2016.

ELHAMMOUMI, Mohamed. Is 'back to Vygotsky' enough? the legacy of socio-historicocultural psychology. **Psicol. estud.**, Maringá, v. 15, n. 4, p. 661-673, Dec. 2010. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-73722010000400002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-73722010000400002&lng=en&nrm=iso)>. access on 17 July 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-73722010000400002>.

FERREIRA MARINHO, Rodrigo. **Curso a distância preparatório para olimpíadas de Física e Astronomia: uma proposta para o professor**. 2015. 148f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional no ensino de Física), Instituto de Física e Química, Programa de pós-graduação em ensino de Física, Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão, Goiás, 2015.

FERRACIOLI, Laércio; GOMES, Thieberson; CAMILETTI, Giuseppi Gava. Ambientes de modelagem computacional no aprendizado exploratório de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**; v. 29, n. Especial 2, p.679-707, out., 2012.

FEYNMAN, Richard P; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. **Lições de Física de Feynman**. Traduzido por Adriana Válio Roque da Silva et al. Porto Alegre: Bookman, 2008. Tradução de: The Feynman Lectures on Physics: The Definitive and extended Edition, 2nd edition.

FIGUEIRA, Jalves S.. Easy Java simulations: modelagem computacional para o ensino de Física. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 613-618, Dec. 2005. Available from  
 <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172005000400017&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172005000400017&lng=en&nrm=iso)>. access  
 on 26 June 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172005000400017>.

FORBELLONE, André Luiz Villar; EBERSPÄCHER, Henri Frederico. **Lógica de programação: a construção de algoritmos e estrutura de dados**. 3.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

FRANCISCO JUNIOR, Wilmo Ernesto; ANDRADE, Danilo Rosa; MESQUITA, Nyuara Araújo da Silva. Visões de cientistas e atividade científica na obra Ponto de Impacto de Dan Brown: possibilidades de inserção de elementos de História e Filosofia das Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 1, p. 76-98, fev. 2015. ISSN 2175-7941. Disponível em:  
 <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v32n1p76/29038>>. Acesso em: 26 jun. 2016.  
 doi:<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2014v32n1p76>.

FRANCO, Deborah S. et al. Experimentos no ensino de Eletrodinâmica. In: XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2013, São Paulo, SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T1080-1.pdf>> Acesso em: 28, jul., 2017.

FRONZA, André Luiz; BLUM, Arina; LIMA, Mary Vonni Meürer de. Recomendações sobre design informacional aplicado em motion graphics. **Revista Brasileira de Design da Informação/Brasilian Journal of information Design**, São Paulo, v.11, n.1, p 50-63, 2014. ISSN 1808-5377.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física: mecânica**. 3.ed. São Paulo: Ática, 2016a.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física: ondas, óptica e termodinâmica**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016b.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física: Eletromagnetismo e Física Moderna**. São Paulo: Ática, 2016c.

GANCI, Alessio; GANCI, Salvatore. **Demonstration experiments in electrostatics: low cost devices**. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 34, n. 2, p. 1-14, June 2012. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172012000200012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172012000200012&lng=en&nrm=iso)>. access on 26 June 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172012000200012>.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física: eletromagnetismo**. São Paulo: Ática, 2013.

GAVIRA, Muriel de Oliveira. **Simulação Computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. 2003. 163f. Dissertação(Mestrado em Engenharia de produção), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2003.

GOOGLE MAPS. **Esc José Ribamar Batista**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Esc+Jose+Ribamar+Batista/@-9.9841276,-67.8239112,17z/data=!4m2!3m1!1s0x0000000000000000:0xc961de040fa7dae4>> Acesso em 17, abr., 2016.

\_\_\_\_\_. **Como usar o formulários google**. Disponível em: <[https://support.google.com/docs/answer/6281888?hl=pt-BR&ref\\_topic=6063584](https://support.google.com/docs/answer/6281888?hl=pt-BR&ref_topic=6063584)>. Acesso em 31 maio 2017a.

\_\_\_\_\_. **Editar seu formulário**. Disponível em: <<https://support.google.com/docs/answer/2839737>>. Acesso em: 31 maio 2017b.

GLEISER, Marcelo. Por que ensinar Física? **Física na Escola**, v1, n.1, 2000. Disponível em:<<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol1/Num1/artigo1.pdf>> Acesso em 04, abr., 2016.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física: Mecânica**. 2.ed. São Paulo: Ática, 2016a.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física: Física Térmica, Ondas e Óptica**. 2.ed. São Paulo: Ática, 2016b.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física: Eletromagnetismo e Física Moderna**. 2.ed. São Paulo: Ática, 2016c

GRIFFITHS, David J. **Eletrodinâmica**. 3.ed. São Paulo: Pearson, 2011.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física: eletromagnetismo**. 9.ed. Traduzido por Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2013. Tradução de Fundamentals of physics, 9th ed.

\_\_\_\_\_. **Fundamentos de física: eletromagnetismo**. 6.ed. Traduzido por André Soares de Azevedo e José Paulo Soares de Azevedo. Rio de Janeiro: LTC, 2003. Tradução de Fundamentals of physics.

HECKLER, Valmir. **Uso de simuladores e imagens como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de eletromagnetismo**. 2004. 229 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre., 2004.

HADAD, Israel Herôncio Rodrigues de Oliveira et al. **Estudo do eletromagnetismo e sua abordagem matemática no ensino médio: uma análise de conteúdo do livro didático**. In: XXII SIMPÓSIO NACIONAL DO ENSINO DE FÍSICA-SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...** Disponível em:<<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1216-1.pdf>> Acesso em: 19, ago., 2017.

HARRISON, David M. **Flash animations for physics**. Disponível em:<<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/>> Acesso em: 16, abr.,2016.

INACIO, Magda. Manual do formando "**O processo de aprendizagem**". Lisboa: Delta consultores e perfil, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Data escola Brasil**. Disponível em:<<http://www.dataescolabrasil.inep.gov.br/dataEscolaBrasil/>> Acesso em 17, abr.,2016a.

\_\_\_\_\_. (INEP). **Enem por escola 2014**. Disponível em:<<http://portal.inep.gov.br/web/enem/enem-por-escola>> Acesso em 17, abr.,2016b.

ION, DON. **Physics flash animations.** Disponível em:<  
<http://science.sbccc.edu/physics/flash/index.html>> Acesso em: 16, abr., 2016.

JESUS, V.L.B. de; BARROS, M.A.J.. As múltiplas faces da dança dos pêndulos. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 36, n. 4, p. 01-07, Dec. 2014 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172014000400010&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172014000400010&lng=en&nrm=iso)>. access on 31 July 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172014000400010>.

JESUS, V.L.B. de; SASAKI, D.G.G.. Vídeo-análise de um experimento de baixo custo sobre atrito cinético e atrito de rolamento. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 36, n. 3, p. 1-6, Sept. 2014 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172014000300015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172014000300015&lng=en&nrm=iso)>. access on 31 July 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172014000300015>.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas.** 9.ed. Traduzido por Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva, 2005. Tradução de The structure of Science Revolution.

KNEUBIL, Fabiana Botelho. O uso de modelos no ensino: um caso de eletricidade. In: XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2013, São Paulo, SP. **Anais...** Disponível em:<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0011-1.pdf>> Acesso em: 28, jul.,2017.

LABURÚ, Carlos Eduardo; SILVA, Osmar Henrique Moura da; BARROS, Marcelo Alves. Laboratório caseiro pára-raios: um experimento simples e de baixo custo para a eletrostática. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 168-182, set. 2008. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n1p168/5781>>. Acesso em: 27 jun. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2008v25n1p168>.

LABURÚ, Carlos Eduardo; ZOMPERO, Andreia de Freitas; BARROS, Marcelo Alves. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 1, p. 7-24, abr. 2013. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2013v30n1p7/24484>>. Acesso em: 17 jul. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2013v30n1p7>.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2004.

LEFEVRE, Fernando; LEFEVRE, Ana Maria Cavalcanti. **O discurso do sujeito coletivo:** um novo enfoque de pesquisa qualitativa (desdobramentos). 2.ed. Caixias do Sul, RS:Educs, 2005.

\_\_\_\_\_. O sujeito coletivo que fala. **Interface** (Botucatu), Botucatu, v. 10, n. 20, p. 517-524, Dec. 2006. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-32832006000200017&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-32832006000200017&lng=en&nrm=iso)>. access on 19 July 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-32832006000200017>.

\_\_\_\_\_. Discurso do sujeito coletivo: representações sociais e intervenções comunicativas. **Texto contexto - enferm.**, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 502-507, June 2014. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-07072014000200502&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-07072014000200502&lng=en&nrm=iso)>. access on 19 July 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-07072014000000014>.

\_\_\_\_\_. **A solidariedade das figuras metodológicas no DSC**. Disponível em:<<http://www.fsp.usp.br/quali-saude/SOLIDARIEDADE%20DAS%20FIGURAS%20METODOLOGICAS%202004.htm>> Acesso em: 26, mar., 2016.

LEWALTER, D. Cognitive strategies for learning from static and dynamic visuals. **Learning and Instruction**, 13, p. 177-189, 2003. doi: 10.1016/S0959-4752(02)00019-1

LOHMANN, Douglas. **Desenvolvimento e Avaliação de um Simulador para o Ensino de Eletrostática**. 2016. 37. f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharelado em Ciência da Computação), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ALVARES, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. **Física: contexto e aplicações: ensino médio**. 2.ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MAI, Ivo. **Utilizando um forno de microondas e um disco rígido de computador como laboratório de física**. 2008. 141f. Dissertação(Mestrado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Programa de pós-graduação em ensino de física, Porto Alegre, 2008. Disponível em:<<http://hdl.handle.net/10183/16856>> Acesso em 09, set.,2017.

MACEDO, Josué Antunes de; DICKIMAN, Adriana Gomes; ANDRADE, Isabela Silva Faleiro. **Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade**. Cad. Bras. Ens. Fís., v.29, n. Especial 1: p.562-613, set., 2012.

MACÊDO, Josué Antunes. **Simulações computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino de conceitos básicos de eletromagnetismo: elaboração de um roteiro de atividades para professores de ensino médio**. 2009. 134f. Dissertação (Mestrado), Pontifca Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, 2009.

MACHADO, Alisson et al. Utilização de simulações computacionais no ensino de eletrostática para alunos de ensino médio. In: XXI SIMPÓSIO NACIOIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2015, Uberlândia-MG. **Anais...**Disponível em:

<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T1019-1.pdf>> Acesso em: 25, jul., 2017.

MANZINI, Neiva Irma Jost. Roteiro pedagógico: um instrumento para a aprendizagem de conceitos de física. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru , v. 13, n. 1, p. 127-138, Apr. 2007 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132007000100008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132007000100008&lng=en&nrm=iso)>. access on 10 Apr. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132007000100008>.

MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. **A ideologia Alemã**. Traduzido por Luis Claudio de Castro e Costa. São Paulo: Martins Fontes, 1998. Tradução de Die Deutsche Ideologie.

MARIANO, Ronaldo Cristino et al. Utilização do software PHUN para a criação de simulações de física. In: XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2013, São Paulo, SP. **Anais ...** Disponível em:<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0111-1.pdf>> Acesso em: 28, jul., 2017.

MARTELI, Lucas Guarnieri; BOZELLI, Fernanda Cátia. Ensino da teoria da relatividade no ensino médio por meio de tecnologias da informação e comunicação (TICS): desenvolvimento de um software e análise dos sentidos produzidos pelos alunos. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2017 , São Carlos-SP. **Anais...Disponível** em:<<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1152-3.pdf>> Acesso em: 28, jul., 2017.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY-MIT. **MIT Physics 8.02: electricity and magnetism:** Disponível em:<<http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/index.html>> Acesso em 31, jul., 2017a.

\_\_\_\_\_. **MIT Physics 8.02: electricity and magnetism: Index: electrostatic** Disponível:<<http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/visualizations/electrostatics/index.htm>> Acesso em: 01, ago., 2017b.

MEES, Alberto Antonio. **Implicações da teoria de aprendizagem no ensino de Física**. Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/cref/amees/teorias.htm>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

MEDEIROS, Alexandre. As Origens Históricas do Eletroscópio. **Rev. Bras. Ensino Fis.**, São Paulo , v. 24, n. 3, p. 353-361, Sept. 2002 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172002000300013&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172002000300013&lng=en&nrm=iso)>. access on 20 July 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-47442002000300013>.

MELO JUNIOR, Eloi Benício de et al. A relevância de atividades experimentais colaborativas no 3º ano do ensino médio. In: XXII SIMPÓSIO NACIONAL DE

ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0518-1.pdf>> Acesso em: 25, jul., 2017.

MELO, Dante Alighieri Alves de; GOBARA, Shirley Takeco. O uso das tecnologias de informação e comunicação para o ensino de física com base na teoria sociointeracionista de Vygotsky. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, 2013, São Paulo, SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0641-1.pdf>> Acesso em: 28, jul., 2017.

MENEZES, Luis Carlos. Uma Física para o novo ensino médio. **Física na Escola**, v.1, n.1, 2000. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol1/Num1/artigo2.pdf>> Acesso em 04, abr., 2016.

MESQUITA, Antônia Lara Santos et al. Avaliação da percepção dos alunos na utilização de softwares educativos no ensino de física. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, 2013, São Paulo, SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0377-1.pdf>> Acesso em: 28, jul., 2017.

MEUCCI, Ricardo Dalke et al. A Vídeo análise em sala de aula: estudo das colisões unidimensionais com programa tracker. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, 2013, São Paulo-SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0344-1.pdf>> Acesso em: 28, jul., 2017.

MONTEIRO, Bruno de S. et al. **Metodologia de desenvolvimento de objetos de aprendizagem com foco na aprendizagem significativa**. XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE, UNB/UCB, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

\_\_\_\_\_. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: a teoria de aprendizagem significativa**. [S.l.]: Porto Alegre, 2009a. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>> Acesso em 03, Mai., 2016.

\_\_\_\_\_. **subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: comportamentalismo, construtivismo e humanismo**. [S.l.]: Porto Alegre, 2009b. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios5.pdf>> Acesso em 17, jul., 2016.

\_\_\_\_\_. Unidades de enseñanza potencialmente significativas-UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v1(2), pp.43-63, 2011.

\_\_\_\_\_. **Linguagem e aprendizagem significativa**. In: ENCONTRO INTERNACIONAL LINGUAGEM, CULTURA E COGNIÇÃO, 2., 2003, Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/linguagem.pdf>> Acesso em 09, set., 2017.

\_\_\_\_\_. .. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v1(3), pp.25-46, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio; STUDART, Nelson; VIANNA, Deise Miranda. O Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) uma experiência em larga escala no **Brasil. Lat. Am. J. Phys. Educ.** Vol. 10, No. 4, Dec., 2016.

MORETTO, Vasco Pedro. **Construtivismo**: a produção do conhecimento em aula. 4. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2003.

MORO, Fernanda Teresa; NEIDE, Italo Gabriel; VETTORI, Marcelo. Atividades experimentais e simulações computacionais: alicerces dos processos de ensino e de aprendizagem da física no ensino médio. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, 2015, Uberlândia-MG. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T1059-1.pdf>> Acesso em: 28, jul., 2017.

MOTA, Rovilson de Oliveira. **O ensino de eletrostática em uma perspectiva investigativa**: analisando o processo de construção de conhecimento científico de estudantes da 3ª série do ensino médio do IFES Campus Linhares. 2016. 132f. Dissertação (Mestrado Profissional no ensino de Física) -Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.

MOURA, Sebastião Rodrigues et al. Quarks, elétrons, fótons e glúons... Bem-vindas: as partículas elementares no ensino médio. In: XXI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2015, Uberlândia-MG. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0058-2.pdf>> Acesso em: 25, jul., 2017.

NEUMANN, Rodrigo; BARROSO, Marta F.; NEUMANN, R. Simulações Computacionais e Animações no Ensino de Oscilações. in: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, 2005. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0171-1.pdf>> Acesso em: 02, ago., 2017.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 3**: eletromagnetismo. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

\_\_\_\_\_. **Curso de Física básica 3**: eletromagnetismo. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2015.

OPEN SOURCE PHYSICIS. **Simulações**. Disponível em: <https://www.compadre.org/osp/search/search.cfm?gs=228&b=1&qc=Compiled%20Simulation> > Acesso em 28, Jul., 2017.

ORLANDI, Eni Puccinelli. **O que é linguística**. 2.ed. São Paulo: Brasiliense, 2009.

ORTIZ, João Paulo Martins Tobaruela; AZEVEDO, Priscila Domingues de; STUDART FILHO, Nelson. Vygotsky e as TIC no ensino de Física. In: XXI Simpósio Nacional de

Ensino de Física – SNEF, 2015, Uberlândia-MG. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0988-1.pdf>> Acesso em: 28, jul., 2017.

ORTIZ, João Paulo Martins; STUART FILHO, Nelson. Ensinando o conceito de campo elétrico a partir do fenômeno do raio. In: XXII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1120-1.pdf>> Acesso em: 25, jul., 2017.

ORTIZ, João Paulo Martins Tobaruela. **Ensinando o conceito de Campo elétrico a partir do fenômeno do raio. 2016.** 68f. Dissertação (Mestrado Profissional no ensino de Física)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTE, Cláudio José de Holanda. **Teorias de Aprendizagem.** Porto Alegre: Evangraf, UFRGS, 2011.

PÁDUA, Leandro Resende; GERMANO, José Silério Edmundo. Desenvolvimento de Objetos de aprendizagem com o Software Marcromedia Flash ®. In: 12º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA-XII ENCITA, 2006, São José dos Campos, SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www.bibl.ita.br/xiiencita/FUND%2001.pdf>> Acesso em: 02, ago., 2017.

PAULA FILHO, Wilson de Pádua. **Multimídia: conceitos e aplicações.** 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

PAULINO, Gilberto de Oliveira; MELO, Wilson de Souza. O experimento demonstrativo de Oliver Lodge no ensino do eletromagnetismo no ensino médio. In: XXII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1299-1.pdf>> Acesso em: 25, jul., 2017.

PANG, Tao. **An introduction to computational Physics.** 2.ed. New York: Cambridge University Press, 2006.

PAULA, H. F.; TALIM, S. L. Uso coordenado de ambientes virtuais e outros recursos mediacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**; v. 29, n. Especial 1 - setembro de 2012. DO - 10.5007/2175-7941.2012v29nesp1p614, 08/30/ 2012.

PEREIRA, Alexandro Pereira de; LIMA JUNIOR, Paulo. Implicações da perspectiva de Wertsch para a interpretação da teoria de Vygotsky no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 3, p. 518-535, maio 2014. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n3p518/27968>>. Acesso em: 17 jul. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n3p518>

PEREIRA, Regiane Aparecida Ragi. **Curso de Física Computacional 1 para Físicos e engenheiros físicos.** São Carlos: EduFSCar, 2015.

PIETROCOLA, Maurício. **Construção e realidade**: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. *In*: PIETROCOLA, Maurício (Org.). Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

PIETROCOLA, Mauricio. et al. **Física em contextos 1**: ensino médio. São Paulo: Editora do Brasil, 2016a.

PIETROCOLA, Mauricio. et al. **Física em contextos 2**: ensino médio. São Paulo: Editora do Brasil, 2016b.

PIETROCOLA, Mauricio. et al. **Física em contextos 3**: ensino médio. São Paulo: Editora do Brasil, 2016c.

PIRES, Marcelo Antonio and VEIT, Eliane Angela. Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio. **Rev. Bras. Ensino Fís.** [online]. 2006, vol.28, n.2, pp. 241-248. ISSN 1806-9126.

RAMALHO JR., Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os fundamentos da Física: eletricidade, introdução à Física Moderna, análise dimensional**. 10.ed. São Paulo: Moderna, 2009.

RAMALHO JR.; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os fundamentos de física 3**: eletricidade, introdução a física moderna, análise dimensional. 8.ed. São Paulo: Moderna, 2003.

REITZ, John R.; MILFORD, Frederick J.; CHRISTY, Robert W. **Fundamentos da Teoria Eletromagnética**. Traduzido por Renê Balduino Sander. Rio de Janeiro: Elsevier, 1982. Tradução de: Foundations of electromagnetic theory.

REGO, Wendel Ricardo de Souza et al. Simulação Computacional de Precipitador Eletrostático: uma sequência investigativa. *In*: **Anais do I Fórum de Educação, Saúde e Meio Ambiente no Ensino Básico, Técnico e Tecnológico (IFESMA)**. South American Journal of Basic Educations, Technical and Technological, v.4, (SUPLEMENTO II) n.1(S2), 2017. ISSN: 24446-4821.

REGO, Wendel Ricardo de Souza et al. A linguagem matemática utilizada nos fenômenos físicos da eletrostática: uma análise de conteúdo. *In*: XXII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0974-1.pdf>> Acesso em: 25, jul., 2017.

\_\_\_\_\_. **A dialética de uma linguagem para a Física**. Seringal de ideias, Rio Branco-Ac, Jan./Dez., 2010.

RIBEIRO, Erick Elisson H. et al. Tendências na pesquisa em ensino de física: o estado da arte das publicações no encontro de pesquisa em ensino de física (EPEF) de 2006 a 2014 *In*: XXII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2017,

São Carlos-SP. **Anais...**Disponível em: <http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0685-1.pdf> Acesso em 26, jul., 2017.

ROCHA, Márcio Oliveira. **O conceito de campo no eletromagnetismo: uma unidade de ensino potencialmente significativa**. 2015. 113f. Dissertação (Mestrado Profissional no ensino de Física) -Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, 2015.

RODRIGUES, José Jorge Vale. **O ensino do eletromagnetismo por meio da integração entre atividades experimentais e computacionais**: contribuições para o entendimento da indução eletromagnética. 2016. 173f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas), Centro Universitário Univates, Lajeado-RS, 2016.

REALE, Giovanni; ANTISERI, Dario. **História da filosofia**: filosofia pagã antiga. Traduzido por Ivo Storniolo. São Paulo: Paulus, 2003. Tradução de Storia della filosofia.

SADIKU, Matthew N. O. **Elementos de eletromagnetismo**. 5.ed. Tradução de Jorge Amoretti Lisboa, Liane Ludwig Loder Porto Alegre: Bookman, 2012. Tradução de Elements of Electromagnetics, 5th edition.

SAMPAIO, Thiago Alves de Sá Muniz; RODRIGUES, Eriverton da Silva; SOUZA, Cícero Jailton de Moraes. Aparato experimental para o ensino de tópicos da eletrostática: o eletroscópio com transistor de efeito de campo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis**, v. 34, n. 1, p. 298-309, abril, 2017

SANTOS, Márcio André Souza dos. **O eletroscópio de folhas de alumínio com instrumento de ensino dos conceitos da eletrostática**. 2016. 62f. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Rio de Janeiro, 2016.

SANTOS, A.C.F.; NUNES, L.N.. Utilizando analogias para a visualização de equipotenciais com uma planilha de dados. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 35, n. 2, p. 1-9, June 2013 . Available from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172013000200016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172013000200016&lng=en&nrm=iso). access on 04 Sept. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172013000200016>

SANT'ANNA, Blaidi et al. **Conexões com a Física 3**: eletricidade, Física do século XXI. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2013.

SANTO, Sebastião Carlos do Espírito; PIRES, Marcelo Oliveira da. Proposta de uma ueps para o ensino de semicondutores e o funcionamento do led. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...** Disponível em: <http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0395-1.pdf> Acesso em: 28, jul., 2017.

SANTOS, Mariana Oliveira dos; GANZAROLLI, Maria Emilia. Histórias em quadrinhos: formando leitores. **Transinformação**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 63-75, Apr. 2011. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-37862011000100006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-37862011000100006&lng=en&nrm=iso)>. access on 26 June 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-37862011000100006>.

SANTOS, A.C.F.; NUNES, L.N.. Utilizando analogias para a visualização de equipotenciais com uma planilha de dados. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 1-9, June 2013. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172013000200016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172013000200016&lng=en&nrm=iso)>. access on 04 Jan. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172013000200016>

SANTOS, Rafael. **Introdução à programação orientada a objetos usando Java**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

SALAM, Abdus. **A unificação das forças fundamentais**: Faraday e Ampère. In: Salam, Abdus; Heisenberg, Werner; Dirac, Paul A.M. A unificação das forças fundamentais: o grande desafio da física contemporânea. Traduzido por: Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1993. Tradução de: Unification of fundamental forces.

\_\_\_\_\_. **Os conceitos unificadores da Física no passado**. In: SALAM, Abdus; HEISENBERG, Werner; DIRAC, Paul A.M. A unificação das forças fundamentais: o grande desafio da física contemporânea. Traduzido por Mara Luiza X. de a. Borges, revisão técnica de Ildeu de castro Moreira. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1993. Tradução de Unification of fundamental forces.

SALES, Fernanda; SOUZA, Francisco das Chagas de; JOHN, Valquiria Michela. O Emprego da abordagem DSC (discurso do sujeito coletivo) na pesquisa em educação. **LINHAS**, Florianópolis, v. 8, n. 1, jan. / jun. 2007.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Maria Del Pilar Baptista. **Metodología de la investigación**. 5.ed. Peru: Mc Graw Hill, 2010.

SANTA BARBARA CITY COLLEGE (SBCC). **Physics and Engineering**. Disponível em: <<http://science.sbccc.edu/physics/>> Acesso em: 16, abr., 2016.

SANTOS, Izequias Estevam dos. **Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica**. 11.ed. Niterói-RJ: Impetus, 2015.

SCHMIDT, Douglas Guilherme; ARAÚJO, Wilson Roberto Barbosa. O ensino participativo e a eletrostática versus magnetismo: uma proposta para alunos com deficiências do EJA. In: XXII SIMPÓSIO NACIOACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0570-1.pdf>> Acesso em: 25, jul., 2017.

SEBESTA, Robert W. **Conceitos de linguagens de programação**. 9. ed. Traduzido por Eduardo Kessler Piveta. Porto Alegre: Bookman, 2011. Tradução de: Concepts of Programming Languages.

\_\_\_\_\_. **Conceitos de linguagem de programação**. 4. ed. Tradução por José Carlos Barbosa dos Santos. Porto Alegre: Bookman, 2000. Tradução de Concepts of programming languages.

SILVA, Luciano Sedraz. **A Experimentação em Eletricidade: uma estratégia facilitadora da aprendizagem de tópicos de Física abordados no Ensino Médio**. 2015. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Sergipe, 2015.

SILVA, Beatriz Barboza da; FERREIRA, Fernando Cesar. O uso de simulações computacionais na formação continuada de professores de matemática que assumem aulas de física no ensino médio. **Cad. Ed. Tec. Soc.**, Inhumas, v.7, p. 338-354, 2014. DOI 10.14571/cets.v7.338-354

SILVA, Cibelle Celestino; PIMENTEL, Ana Carolina. Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos: o caso de Benjamin Franklin. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis**, v. 25, n. 1, p. 141-159, abr., 2008. ISSN 2175-7941.

SILVA, Edna Lucia da; MENEZES, Eстера Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a distância da UFSC, 2001.

SILVA, Ivanderson Pereira da; MERCADO, Luis Paulo Leopoldo. Levantamento dos temas TIC e EAD na biblioteca virtual Educ@. **Cadernos de Pesquisa**, v. 45, p. 970-988, 2015.

SILVA, Antônio José Roque da. **Simulações Computacionais**. In: MARQUES, Gil da Costa (Org.). **Física: tendências e perspectivas**. São Paulo: Editora da Física, 2005.

SILVA, Dayvid Bruno Fernandes da Silva; BOZELLI, Fernanda Cátia. Linguagem e ensino de Física: o que revelam as pesquisa do SNEF dos últimos anos? In: XXII SIMPÓSIO NACIOCIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0605-1.pdf>> Acesso em 26, jul., 2017.

SILVA JR., Adão S. da; PAIVA, Guilherme G.; ANDRADE, Marcelo E. de. A Modelagem computacional de problemas de física como estratégia complementar de Ensino. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0171-1.pdf>> Acesso em: 28, jul., 2017.

SILVA, Juliever Araújo Marques da; FURTADO, Wagner Wilson; OLIVEIRA, Guilherme Colherinhas de. As habilidades e competências da Matemática no Ensino aprendizagem de Física. In: XXII SIMPÓSIO NACIOCIONAL DE ENSINO DE FÍSICA

– SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...**Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0670-1.pdf>> Acesso em: 25, jul., 2017.

SILVA, Josiel R.; GERMANO, José S.E. and MARIANO, Roni S.. SimQuest - ferramenta de modelagem computacional para o ensino de física. **Rev. Bras. Ensino Fís.**[online]. 2011, vol.33, n.1 [cited 2017-07-31], pp.01-088. Available from: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172011000100022&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172011000100022&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 1806-1117. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172011000100022>.

SILVA, Fabio W.O. da. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos.**Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 29, n. 1, p. 149-159, 2007 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172007000100021&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000100021&lng=en&nrm=iso)>. access on 26 June 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172007000100021>.

SILVEIRA,Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. Unidade 2-A pesquisa Científica. In: GERHARDT, Tatiana Engel (ORG.); SILVEIRA, Denise Tolfo (ORG.). et al. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. p. 31-p.42

SIMQUEST. **SimQuest**: na alternative way of learning. Disponível em:<<http://www.simquest.nl/index.htm>> Acesso em 31, jul.,2017.

SIQUEIRA, Costa Ysmailyn. **Uso de experimentos didáticos como, mediadores da aprendizagem numa escola pública de Maceió-AL**. 2017. 66f. Dissertação (Mestrado Profissional em ensino de Física)- Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Física, Programa de Pós graduação de Mestrado Nacional Profissional em Física, Maceió, 2017.

SOUZA FILHO, Geraldo Felipe. **Simulações computacionais para o ensino de Física básica**: uma discussão sobre produção e uso. 2010. 77f. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, Instituto de Física, Rio de Janeiro, 2010.

SOUZA, Eduardo Oliveira Ribeiro de; VIANNA, Deise Miranda. Usando física em quadrinhos para discutir a diferença entre inversão e reversão da imagem em um espelho plano. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 3, p. 601-613, maio 2014. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n3p601/27969>>. Acesso em: 26 jun. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n3p601>.

SOUZA, João Arthur de; DANDOLINI, Gertrudes Aparecida. Utilizando simulação computacional como estratégia de ensino: estudo de caso. **RENOT-Revista Novas Tecnologias na Educação**, v.7, nº1, jul, 2009. ISSN 1679-1916.

SPARVOLI, Marina; M. JORGE, Fábio; M. JORGE, Layla. Desenvolvimento de objeto de aprendizagem para analogia entre a lei de Coulomb e gravitaçãoIn: XXII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, 2017, São Carlos-SP.

**Anais...**Disponível em:  
<<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0280-1.pdf>> Acesso em:  
25, jul., 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA(SBF). **Sobre o MPENF:** Linhas de Pesquisa. Disponível em:< <http://www.sbfisica.org.br/~mnpef/>> Acesso em 04, abr., 2016.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA-SBF. **Eventos realizados.** Disponível em:<  
[http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com\\_content&view=article&id=109&Itemid=247](http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com_content&view=article&id=109&Itemid=247)> Acesso em: 10, jul., 2017a.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA-SBF. **Eventos realizados.** Disponível em:<  
<http://www.sbfisica.org.br/~snef/xxi/index.php/2014-03-21-18-09-05> > Acesso em: 10,  
jul., 2017b.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA-SBF. **Eventos realizados.** Disponível em:<  
<http://www.sbfisica.org.br/~snef/xxii/index.php/trabalhos> > Acesso em: 10,jul.,2017c.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA-SBF. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física:  
**Programa: Painéis.** Disponível em:<  
<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/programa/>> Acesso em 27, jul,2017d.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA-SBF. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física:  
**Programa: Painéis.** Disponível em:<  
<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/programa/>> Acesso em 27,  
jul,2017e.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA-SBF. **MNPEF-Mestrado Profissional em Ensino de Física:** Produção acadêmica. Disponível em:<  
<http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=defesas>> Acesso em: 14, mai.,2017f.

SOROCABA, José Roberto Castilho Piqueira; ANDRADE, Luis Ricardo Arruda de; CARRILHO, Ronaldo. Física:coleção anglo, ensino médio. São Paulo: Anglo, 2008.

SOUZA FILHO, Geraldo Felipe. **Simulações computacionais para o ensino de Física básica: uma discussão sobre produção e uso.** 2010. 77f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

TIPLER, Paul A. **Física para cientistas e engenheiros:** física moderna: mecânica quântica, relatividade e a estrutura da matéria. 4.ed. v.3. Traduzido por Ronaldo Sergio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2000. Tradução de Physics Scientists and Engineers.

TRACKER. **What is Tracker?** Disponível em:< <http://physlets.org/tracker/>> Acesso em 31, jul., 2017.

TORRES, Carlos Magno A. et al. **Física, ciência e tecnologia: eletromagnetismo, Física Moderna.** 4.ed. São Paulo: Moderna, 2016.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). **Tecnologia, Informação e Inclusão**: Acesso às novas tecnologias: Brasil no rumo da inclusão. TICs nas Escolas, v.1, n1, 2008. Disponível em:< <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001585/158502por.pdf>> Acesso em : 02, abril, 2016.

\_\_\_\_\_. **TIC na Educação do Brasil**. Disponível em:< <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/communication-and-information/access-to-knowledge/ict-in-education>> Acesso em 02, abr.,2016.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). **Labvirt**. Disponível em:< <http://www.labvirt.fe.usp.br/indice.asp>> Acesso em: 16, abr., 2016.

UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER (UC). **Phet Interactive simulations**. Disponível em:< <http://phet.colorado.edu/>> Acesso em: 16, abr.,2016.

UNIVERSIDADE POLITÉCNICA DE MADRID-UPM. **La UP fortalece sus recursos digitales**: la Universidad Politécnica de Madrid impulsa decididamente la incorporación de las técnicas de innovación educativa más avanzadas a sus nuevas titulaciones de Grado. Disponível em:< [http://www.upm.es/UPM/SalaPrensa/Noticias?fmt=detail&prefmt=articulo&id=4ea3c5442eef0310VgnVCM10000009c7648a\\_\\_\\_\\_\\_](http://www.upm.es/UPM/SalaPrensa/Noticias?fmt=detail&prefmt=articulo&id=4ea3c5442eef0310VgnVCM10000009c7648a_____)> Acesso em: 02, ago.,2017.

UNIVERSITY OF TWENTE. **Search**: SimQuest. Disponível em:< <https://www.utwente.nl/en/search/?q=SimQuest>> Acesso em: 31, jul,2017.

UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER-UCB. **PhET Interactive Simulations for Science and Math**. Disponível em: < <https://phet.colorado.edu/> > Acesso em 31, jul, 2017a.

\_\_\_\_\_. **PhET Interactive Simulations**: new Sims. Disponível em:< <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/new>> Acesso em 31, jul, 2017b.

VAZ, Leandro Marcos Alves. **Propondo material de apoio à prática com simuladores no Ensino/Aprendizagem de Eletrostática em EJA**.2015. 146f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional no ensino de Física). Instituto de Física, Programa de pós-graduação de mestrado profissional em ensino de Física, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2015.

VEIT, Eliane Ângela; ARAUJO, Ives Solano. **Modelagem computacional no ensino de física**. In: XXIII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 11, 2005, Maceió. Disponível em: <[http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EnCiMat\\_MacedoJA\\_1.pdf](http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EnCiMat_MacedoJA_1.pdf)> Acesso em 30, jul.,2017.

VYGOTSKY, Lev Semenovitch. **Pensamento e Linguagem**. 4.ed. Traduzido por Jefferson Luiz Camargo; revisão técnica José Cipolla Neto. São Paulo: Martins Fontes, 2008. Tradução de Thought and language

XAVIER, Agamenon Pereira; NEIVA, Amanda Amantes; GONÇALVES JUNIOR, Wanderley Paulo. Uso de simulações Computacionais no Ensino de Física: um misto

de expectativa e cautela. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, 2017, São Carlos-SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0959-1.pdf>> Acesso em: 01, ago., 2017.

WERTHEIN, Jorge; CUNHA, Célio do. **Fundamentos da nova educação**. Brasília: UNESCO, 2000.

WERLANG, Rafael Brum et al. Análise da inserção da teoria sociointeracionista em atividades de laboratório de Física Básica em um Curso de Geofísica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 2, p. 246-266, ago. 2012. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n2p246/22916>>. Acesso em: 17 jul. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29n2p246>.

WILEY, David A. **Conneting Learning Objects to instructional desing theory**: a definition, a metaphor, and a taxanomy. In: WILEY, David. A. *The Instructional Use of Learning Objects: online Version*, 2000. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>> Acesso em: 02, ago., 2017.

WOLFRAM DEMONSTRATIONS PROJECT. **Lightning**. Disponível em: <<http://demonstrations.wolfram.com/Lightning/>> Acesso em: 04, ago., 2017.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKE, Luiz Felipe. **Física para ensino médio 3**:eletricidade, física moderna. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

YAMAMOTO, Issao; BARBETA, Vagner Bernal. Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de física. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 23, n. 2, p. 215-225, June 2001 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172001000200013&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172001000200013&lng=en&nrm=iso)>. access on 26 June 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172001000200013>.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. Sears & Zemanski: **Física III**: Eletromagnetismo. 12. ed. Tradução de Sonia Midori Yamamoto. Revisão técnica de Adir Moyses Luiz. São Paulo: Addison Wesley, 2009. Traduzido de Sear and Zemansky's University physics.

ZANOTELLO, Marcelo; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Produção de sentidos e possibilidades de mediação na física do ensino médio: leitura de um livro sobre Isaac Newton. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 29, n. 3, p. 437-446, 2007 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172007000300015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000300015&lng=en&nrm=iso)>. access on 26 June 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172007000300015>.

## OBRAS CONSULTADAS

ANJOS, Antônio Jorge Sena dos; SAHELICES, Concesa Caballero; MOREIRA, Marco Antônio. As equações matemáticas no ensino de Física: Uma análise de conteúdos em livros didáticos de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 14, Nº 3, 312-325, 2015.

ALVES, D. T. et al . Aprendizagem de Eletromagnetismo via Programação e Computação Simbólica. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 24, n. 2, p. 201-213, June 2002 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172002000200017&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172002000200017&lng=en&nrm=iso)>. access on 31 Dec. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172002000200017>.

ARISTOTELES. **Metafísica**. 2.ed. Traduzido e notas de Edson Bini. São Paulo: Edipro, 2012. Tradução de TA META ΦΥΣΙΚΑ.

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: eletromagnetismo, ondulatória, física moderna**. 2.ed. São Paulo: FTD, 2013.

BONJORNO, José Roberto et al. **Física: eletromagnetismo, Física moderna**. 2.ed. São Paulo: FTD, 2013.

CUTNELL, John D.; JOHNSON, Kenneth W. **Física**. v2. Traduzido por Paulo José Soares de Azevedo. Rio de Janeiro: LTC, 2006. Tradução de: Physics, sixth edition.

HAYT JR., William H. ; BUCK, John A. **Eletromagnetismo**. 7.ed. Traduzido por Amilton Soares Júnior. Porto Alegre: AMGH, 2011. Tradução de Engineering Electromagnetics, 7th edition.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**.9.ed. Traduzido por Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. Porto Alegre: Bookman, 2002. Tradução de: Conceptual Physics, 9th edition.

, Nivaldo A.. A intrigante epidemia do "divergente". **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 25, n. 4, p. 358, Dec. 2003 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172003000400003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172003000400003&lng=en&nrm=iso)>. access on 31 Dec. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172003000400003>.

LORRAIN, Paul; CORSON, Dale; LORRAIN, François. **Campos e ondas eletromagnéticas**. Traduzido por Carlos Fiolhais, José Luis Malaquias Lima e Orlando Oliveira. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000. Tradução de: Electromagnetic fields and Waves, 3rd edition.

MACÊDO, Josué Antunes de; DICKMAN, Adriana Gomes; ANDRADE, Isabela Silva Faleiro de. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de Eletricidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, p. 562-613, ago. 2012. ISSN 2175-7941. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/22108>>. Acesso em: 28 jun. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29nesp1p562>

MACHADO, Kleber Daum. **Teoria do Eletromagnetismo**. 3.ed. Ponta Grossa: Editora da UEPG, 2007.

MENDIRATA, Sushil Kumar. **Introdução ao electromagnetismo**. 2.ed. Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 1995.

NAHVI, Mahmood; EDMINISTER, Joseph A. **Circuitos elétricos**. 5.ed. Traduzido por Rafael silva Alípio. Porto Alegre: Bookman, 2014. Tradução de Schaum's Outline of electric Circuits, 5th Edition

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). **CODATA Fundamental Physical Constants**: all values (ascii). Disponível em:<<http://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html>> Acesso em 12, ago.,2016.

NOTAROS, Branislav M. **Eletromagnetismo**. Traduzido por Lara Freitas. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012. Tradução de: Electromagnetics.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 1: Mecânica**. 4.ed. V.1. São Paulo: Blucher, 2002.

NOGUEIRA, Antônio Flavio Licarião. Experimentos para o ensino de eletrostática com auxílio computadorizado. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 28, n. 4, p. 445-451, 2006 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172006000400007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172006000400007&lng=en&nrm=iso)>. access on 28 June 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-47442006000400007>.

ORSINI, Luiz Queiroz; CONSONNI, Denise. **Curso de circuitos elétricos**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2002.

REITZ, John R.; MILFORD, Frederick J.; CHRISTY, Robert W. **Fundamentos da Teoria Eletromagnética**. Traduzido por Renê Balduino Sander. Rio de Janeiro: Elsevier, 1982. Tradução de: Foundations of electromagnetic theory.

RODITI, Itzhak. **Dicionário Houass de Física**. Rio de Janeiro: Objetiva,2005.

ROMÁN, M.; MURILLO, F. J. Disponibilidad y uso de TIC en escuelas latinoamericanas: incidencia en el rendimiento escolar. **Educación e Pesquisa**, v. 40, p. 879-895, 2014.

SOUZA FILHO, M.P. de. **Livros didáticos de Física para o Ensino Médio: Uma análise de conteúdo das práticas de eletricidade e magnetismo**. 2004. 133f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências), Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2004.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Maria Del Pilar Baptista. **Metodología de la investigación**. 5.ed. Peru: Mc Graw Hill, 2010.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT JR., John W. **Princípios de Física: eletromagnetismo**. V.3. Traduzido por Foco traduções. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SPIEGEL, Murray R.; LIPSCHUTZ, Seymour; SPELLMAN, Dennis. **Análisis vectorial**. 2.ed. Traduzido por Javier Enríquez Brito. Mexico, D.F.: McGraw-Hill, 2011.

STEWART, James. **Cálculo, v.2**. Traduzido por EZ2 Translate. São Paulo: Cengage Learning, 2015. Tradução de: Calculus-Early Transcendentals

TIPLER, Paul. **Física: eletricidade, magnetismo e óptica**. 4.ed. Traduzido por Horácio Macedo e Ronaldo Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2000. Tradução de Physics for scientists and engineers.

TIPER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para cientista e engenheiros: eletricidade e magnetismo, óptica**. V.2. Traduzido por Naira Maria Balzaretta. Rio de Janeiro: LTC, 2015. Tradução de: Physics for scientists and engineers: with modern physics, 6th ed.

THOMPSON, Ambler; TAYLOR, Barry N. **Guide for the use of the International System of Units (SI)**: NIST special publications 811. Gaithersburg: NIST, 2008.

WENTWORTH, Stuart M. **Fundamentos de eletromagnetismo com aplicações em engenharia**. Traduzido por Abelardo Podcameni, Gláucio Lima Siqueira. Rio de Janeiro: LTC, 2006. Tradução de Fundamentals of electromagnetics with engineering applications.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Sears & Zemansky: Física III: eletromagnetismo**. 12 ed. Traduzido por Sonia Midori Yamamoto. São Paulo: Addison Wesley, 2009. Tradução de Sear and Zemansky's University physics



2. Considerando as simulações em flash apresentadas durante a exposição da aula e o conhecimento prévio em física de alguns conceitos estudados nas séries anteriores, marque até duas opções que permitiram uma conexão com os conteúdos da eletrostática (nova informação):

(...) Força

(...) Campo gravitacional

(...) Energia potencial gravitacional

(...) Velocidade

(...) Nenhuma das anteriores

3. As simulações computacionais em flash de conteúdos da eletrostática são um dos recursos e tecnologia no ensino de Física. Você concorda que a exposição deles em uma aula deve ser ministrada para os alunos interagindo em dupla ou em grupo? Justifique.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Se você tivesse que falar sobre a simulação computacional do ensino da eletrostática e o livro didático para um colega de sala, o que você diria para ele?

.....

.....

.....

.....

.....

## APÊNDICE B- SEQUÊNCIA DIDÁTICA DA AULA EXPOSITIVA

<b>Tema da aula</b>	<b>Fenômenos físicos da eletrostática</b>
<b>Carga horária</b>	Duas horas/aula com duração total de 90 minutos.
<b>Identificação da sala/grupo social</b>	Alunos da terceira série do Ensino Médio da EJORB.
<b>Objetivos da aula</b>	Ao final da aula, espera-se que o aluno seja capaz de: a) identificar fenômenos físicos da eletrostática tais como: eletrização, força elétrica/lei de Coulomb, campos elétricos e potencial elétrico; b) conhecer algumas aplicações da eletrostática; c) conhecer fenômenos físicos da eletrostática a partir de simulação computacional em <i>flash</i>
<b>Conteúdos de diferentes tipos<sup>a</sup></b>	Observação de interações de cargas elétricas; conceito de força elétrica, força elétrica resultante; tipos de campo elétrico; campo elétrico resultante, potencial elétrico; contexto e aplicações
<b>Descritores</b>	Carga elétrica, força elétrica, campo elétrico e aplicações.
<b>Procedimentos didáticos (propostas de atividades)</b>	
Inicialmente a aula será apresentada a temática e pedido para os alunos ficarem em dupla/tripla para ocorrer o seguimento da aula. Segue as situações de ensino para trabalhar com os conteúdos na exposição da aula: a) apresentação do tema contextualizando o conhecimento prévio do aluno sobre o assunto; b) discussão de aplicações em forma coletiva e em dupla; c) apresentação dos conteúdos da aula de forma dialogadas e uso de simulação computacional em <i>flash</i> ; d) apresentação de situação-problema para contextualizar alguns descritores e fenômenos elétricos.	
<b>Recursos didáticos</b>	Os recursos didáticos da aula: quadro branco, pincel para quadro branco, projetor multimídia ( <i>Datashow</i> ), <i>notebook</i> , 45 folhas de papel A4, simulação computacional em <i>flash</i> de fenômenos da eletrostática

**Formas de avaliação:** por se tratar de uma aula expositiva para fins de pesquisa científica, será feita uma avaliação qualitativa durante a exposição da aula dos participantes na sala identificando os pontos discursivos com os alunos. Ao final da aula, será aplicado um questionário aos alunos para responder em casa.

### Bibliografia a ser consultada

Para uso de bibliografia será usado: a) as simulações computacionais em *flash* do projeto de pesquisa; b) notas explicativas dos fenômenos da eletrostática da dissertação; c) informações de conteúdos de ensino dos autores Ramalho Jr., Ferraro e Soares (2009)<sup>22</sup>; Gaspar (2013)<sup>23</sup>.

<sup>22</sup> RAMALHO JR., Francisco; FERRARO, Nicolau Gilerto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. 10.ed. **Física: os fundamentos de física, eletricidade, introdução à Física Moderna, Análise dimensional.** 10.ed. São Paulo: Moderna, 2009.

<sup>23</sup> GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física: eletromagnetismo.** São Paulo: Ática, 2013.

## APÊNDICE C-PRODUÇÕES DIVULGADAS

### ELETRÓSTÁTICA-APRESENTAÇÃO NO SNEFF XXII

REGO, Wendel Ricardo de Souza et al. A linguagem matemática utilizada nos fenômenos físicos da eletrostática: uma análise de conteúdo. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física-SNEF 2017, São Carlos-SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0974-1.pdf>> Acesso em 21, ago., 2017.

### ELETRÓSTÁTICA E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL-APRESENTAÇÃO NO I FESMA

REGO, Wendel Ricardo de Souza et al. Simulação Computacional de Precipitador Eletrostático: uma sequência investigativa. In: **Anais do I Fórum de Educação, Saúde e Meio Ambiente no Ensino Básico, Técnico e Tecnológico (IFESMA)**. South American Journal of Basic Educations, Technical and Technological, v.4, (SUPLEMENTO II) n.1(S2), 2017. ISSN: 24446-4821. Disponível em: <<http://revistas.ufac.br/revista/index.php/SAJEBTT/article/view/1311/832>> Acesso em 21, ago., 2017.

### ELETROMAGNETISMO-APRESENTAÇÃO NO SNEF XXII

HADAD, Israel Herôncio Rodrigues de Oliveira et al. Estudo do eletromagnetismo e sua abordagem matemática no ensino médio: uma análise de conteúdo do livro didático. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física-SNEF 2017, São Carlos-SP. **Anais...** Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1216-1.pdf>> Acesso em 21, ago., 2017.

### FÍSICA COMPUTACIONAL-OFICINA

REGO, Wendel Ricardo de Souza; HADDAD, Israel Herôncio Rodrigues de Oliveira. Física Computacional: métodos instrucionais para elaboração de gráficos no aplicativo Gnuplot e dissertação de expressões matemáticas no equation editor. Oficina realizado no XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física-SNEF 2017, São Carlos-SP. Disponível em: <[http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/cursos/popup\\_curso.asp?curlId=OF56](http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/cursos/popup_curso.asp?curlId=OF56)> Acesso em 21, ago., 2017.

## **APÊNDICE D- PRODUTO EDUCACIONAL**

O apêndice que segue apresenta o produto educacional elaborado para o docente do ensino médio. Para maiores informações sobre ele, faça a leitura da “Apresentação”.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE-UFAC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**



**WENDEL RICARDO DE SOUZA RÊGO**

**PRODUTO EDUCACIONAL:  
SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM FLASH DE FENÔMENOS  
FÍSICOS DA ELETROSTÁTICA**

Rio Branco-Ac  
Fevereiro/2018

**WENDEL RICARDO DE SOUZA RÊGO**

**PRODUTO EDUCACIONAL:  
SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM FLASH DE FENÔMENOS  
FÍSICOS DA ELETROSTÁTICA**

Produto Educacional da dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Acre-UFAC, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Miguel Justiniano Abanto Peralta

Rio Branco-Ac  
Fevereiro/2018

### **Como citar este apêndice:**

RÊGO, Wendel Ricardo de Souza. **Produto Educacional:** Simulação Computacional em flash de fenômenos físicos da eletrostática. In: RÊGO, Wendel Ricardo de Souza. Simulação computacional em flash de fenômenos físicos da eletrostática. 2018. 184f. Dissertação (Mestrado Profissional no Ensino de Física)- Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Rio Branco, 2018.

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>166</b>
<b>1 CARACTERIZAÇÃO GERAL E PARÂMETRO BÁSICO DAS SIMULAÇÕES ..</b>	<b>167</b>
<b>2 DISTRIBUIÇÃO DAS SIMULAÇÕES E IDENTIFICAÇÃO CONTEXTO DE TEMAS PARA ENSINO DA ELETROSTÁTICA .....</b>	<b>169</b>
<b>3 PAINEIS DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS EM FLASH .....</b>	<b>170</b>
<b>SIMULADOR I.....</b>	<b>181</b>
<b>SIMULADOR II.....</b>	<b>182</b>
<b>SIMULADOR III.....</b>	<b>182</b>
<b>SIMULADOR IV .....</b>	<b>184</b>

## APRESENTAÇÃO

O presente produto educacional é um trabalho que faz contexto a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) em que foi elaborado simulações computacionais para o ensino da eletrostática. A linguagem de programação usada para elaborá-las foi o *Action Script* e elas estão no formato de arquivo *flash* e indexadas no arquivo em pdf ao final desse apêndice.

No produto, apresenta-se 16 simulações computacionais distribuídas em quatro simuladores com sequência de telas de slides. Além das simulações elaborou-se painéis instrucionais para conhecimento e uso delas.

O painel apresenta uma breve descrição da simulação, indicação de interatividade e alguns descritores de ensino relacionados com a simulação computacional.

Sabe-se sobre os temas de ensino da eletrostática no ensino médio pode ter vários métodos baseado na realidade da sala de aula e/ou recursos disponíveis para atingir as aprendizagens esperadas. Entretanto, ao fazer uso das simulações no processo de ensino, recomenda-se:

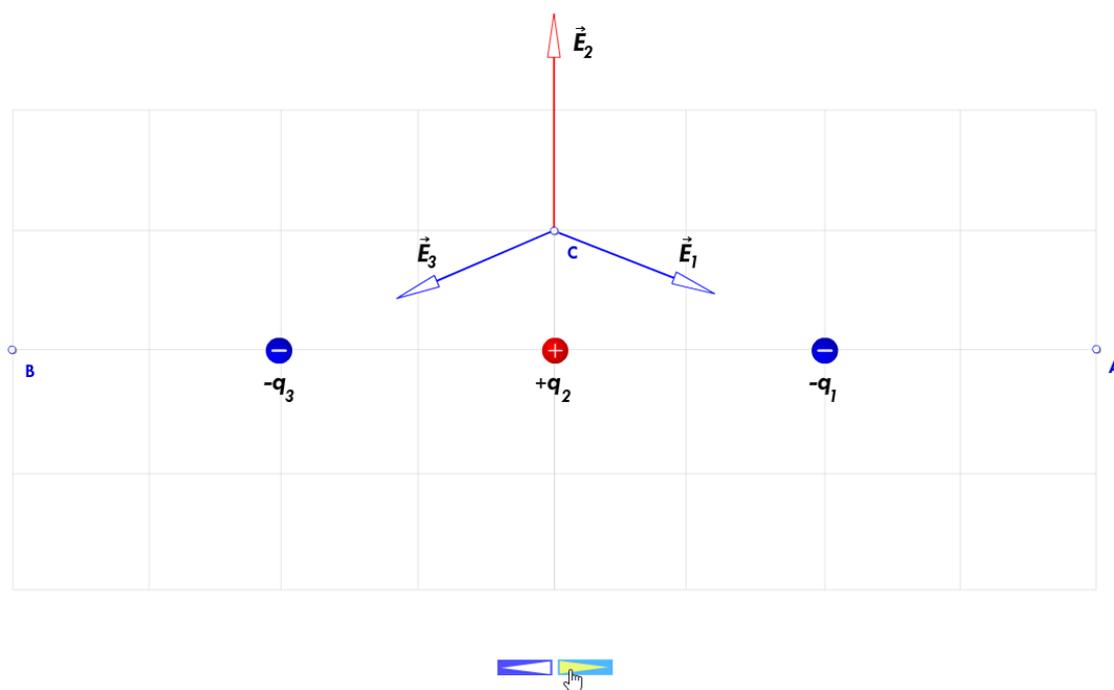
- a) conhecer previamente o recurso tecnológico (notebook/computador, projetor multimídia) para que se possa facilitar o uso das simulações no formato *flash* no notebook/computador;
- b) aplicar o uso das simulações como complemento de didático no processo de ensino e aprendizagem de um determinado tema adequado para a eletrostática;
- c) no processo de ensino e aprendizagem, realizar a aula com alunos em dupla ou em grupos pequenos de três estudantes;
- d) aliar as simulações computacionais em *flash* com atividades experimentais e/ou resolução de problemas em sala de aula;
- e) após usar a simulação sobre o precipitador eletrostático e/ou o lançador de partículas entre duas placas paralelas, promover a discussão sobre tecnologias usadas baseadas na área da eletrostática e fazer apontamentos sobre essa questão no livro didático.

## 1 CARACTERIZAÇÃO GERAL E PARÂMETRO BÁSICO DAS SIMULAÇÕES

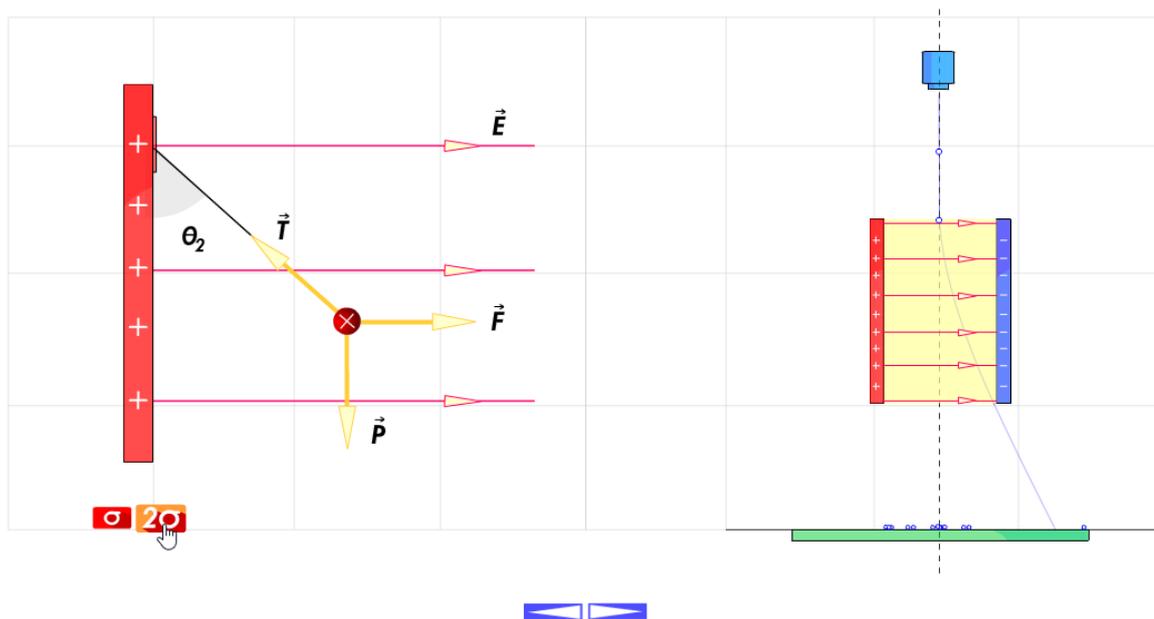
As simulações computacionais em *flash* foram desenvolvidas de forma geral com as seguintes caracterização:

- I. parâmetro de controle e interação: apresentam um botão de passador da animação/*slide* (confira Figura 7A); em algumas animações é possível interagir em alguns botões (região) em que o cursor do mouse se altera para a forma de uma “mão”, conforme ilustra a Figura 7B. Em algumas situações é possível verificar um fenômeno físico adicional e/ou iniciar uma animação, conforme ilustra a Figura 7B;
- II. *design* gráficos básicos: em algumas simulações a carga elétrica positiva foi representada por cor vermelha com sinal positivo no centro enquanto que carga negativa foi de cor azul e sinal negativo no centro da ilustração; algumas simulações apresentam representações gráficas de vetores (força elétrica, campo elétrico, força peso, tração); muitas simulações apresentam uma palco na forma retangular de plano de fundo. Essas caracterizações podem ser visualizadas como exemplo nas Figura 7A e 1B. As cargas elétricas desenhadas estão sem escala. Outras representações gráficas do *design* de um elemento na simulação podem aparecer tais como: sombreamento do vetor, representação de campo elétrico com gradiente de cor, trajetória de uma partícula, placas paralelas de capacitor com ilustração em cor vermelha carregado positivamente e em cor azul placa carregada negativamente (cf. Figura 7B).

**Figura 18**-Cena de simulações com representação interativa do botão (passador de slide), interação para animação e elementos gráficos



**Figura 1A**-representação gráfica do botão e da forma como aparece ao inserir o cursor do mouse sobre ele. O botão está no centro do simulador, posição inferior.



**Figura 1B**-representação gráfica de uma interação na simulação em que aparece a representação do cursor do mouse na forma de uma mão, conforme ilustra em baixo da placa carregada positivamente, botão  $2\sigma$ .

Fonte: elaboração própria.

## 2 DISTRIBUIÇÃO DAS SIMULAÇÕES E IDENTIFICAÇÃO DO CONTEXTO DE TEMAS PARA ENSINO DA ELETROSTÁTICA

O quadro abaixo ilustra a distribuição de 16 simulações segundo a categoria simulador, slides, painéis e o contexto de fenômenos físicos da eletrostática.

**Quadro 18-**Distribuição das simulações computacionais em flash para fenômenos físicos da eletrostática

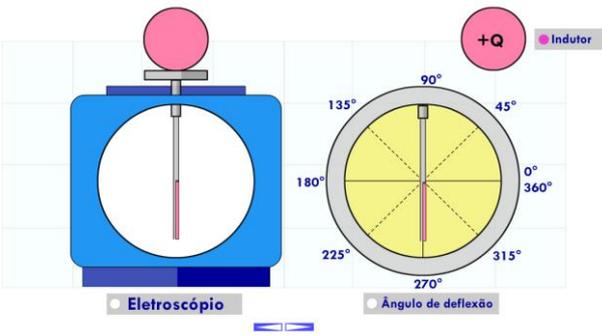
Simulador	Slides	Painel	Simulação	Contexto de fenômenos físicos da eletrostática
Simulador I	1	Painel 1	A	Pêndulo eletrostático
	2		B	Eletroscópio de folhas
Simulador II	1	Painel 2	C	Lei de Coulomb, gráfico da lei de Coulomb
	2	Painel 3	D	Projeção vetorial da força elétrica entre cargas elétricas
	3	Painel 4	E	Força elétrica de atração e repulsão
	4	Painel 5	F	Força elétrica resultante
	5	Painel 6	G	Linhas de força de um campo elétrico, contextualização e aplicações
Simulador III	1	Painel 7	H	O campo elétrico
	2	Painel 8	I	Linhas de força de campos elétricos
	3		J	
	4		K	
	5	Painel 9	L	Gráfico do módulo do campo elétrico em função da distância
	6	Painel 10	M	Campo elétrico de várias cargas puntiformes
	7		N	
7	O			
Simulador IV	1	Painel 11	P	Simulador de um precipitador eletrostático

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

### 3 PAINEIS DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS EM FLASH

O painel apresenta uma descrição básica das simulações, indicação de parâmetros de controle e interação (quando houver). Além disso apresenta alguns descritores para o ensino.

#### Painel 12-Simulação A e B: pêndulo eletrostático e eletroscópio de folhas

<b>Simulação A e B: pêndulo eletrostático e eletroscópio de folhas</b>	
<p><b>Descrição da simulação:</b> o primeiro <i>slide</i> apresenta o simulador do pêndulo eletrostático simples de um corpo de massa “m” e um indutor. O segundo <i>slide</i> apresenta um simulador do eletroscópio de folhas contendo um indutor carregado positivamente e uma imagem ilustrativa ampliada do ângulo de deflexão da lâmina no eletroscópio.</p> <p><b>Interação:</b> no pêndulo eletrostático simulado ocorre ao clicar sobre o botão <math>\sigma</math>. Isso permite aproximar o indutor (objeto de cor vermelho e preto) e após deixar o pêndulo em uma determinada posição foi incluída uma informação gráfica do ângulo do pêndulo em relação a vertical, assim como uma interação oculta ao posicionar a seta do <i>mouse</i> sobre o pêndulo. Isso inclui as forças que atuam sobre o corpo de massa “m”. A interação no eletroscópio ocorre ao clicar no botão intitulado “indutor”. Isso permite o indutor se aproximar do eletroscópio até o contato.</p>	
 <p>Cena do slide 1-pêndulo eletrostático</p>	 <p>Cena do slide 2- eletroscópio de folhas</p>
<p>Descritores para o ensino</p>	<p>Pêndulo eletrostático, eletrização por indução, indutor, forças (peso, elétrica, tração), eletroscópio de folhas, eletrização por contato</p>

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

As duas simulações apresentadas no Painel 1 podem ser utilizadas preferencialmente ao abordar o conteúdo de ensino sobre “Processos de eletrização” e/ou com atividades aliada à experimentação.

O simulador II apresenta cinco *slides* contemplando várias simulações em contexto com a Lei de Coulomb, gráfico da lei de Coulomb, projeto vetorial da força elétrica; força elétrica de atração e repulsão, entre outros.

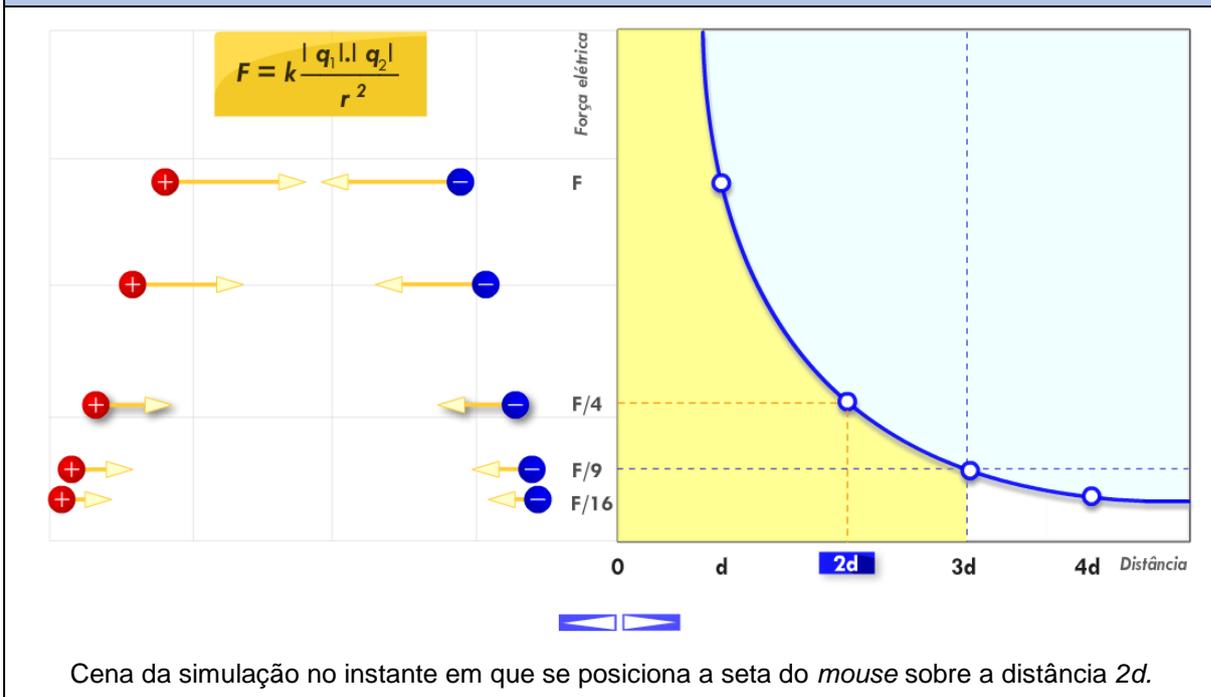
A orientação didática sobre o uso da simulação no que segue é recomendada para explicar como a força elétrica diminui com o quadrado da distância.

**Painel 13-Simulação C sobre a Lei de Coulomb e gráfico da lei de Coulomb**

**Simulação C- Lei de Coulomb, gráfico da lei de Coulomb**

**Descrição da simulação:** contextualiza a lei de Coulomb e apresenta um gráfico em que há um preenchimento com animação no gráfico da força elétrica em relação à distância.

**Interação:** há um destaque interativo sobre a distância “ $d, 2d, 3d$  e  $4d$ ,” no gráfico de modo que identifica o módulo da força e uma indicação sombreada da projeção vetorial entre duas partículas de sinais opostos.



Cena da simulação no instante em que se posiciona a seta do *mouse* sobre a distância  $2d$ .

<p>Descritores para o ensino</p>	<p>Lei de Coulomb, intensidade da força elétrica, força de interação</p>
----------------------------------	--

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

c) contextualize a força elétrica com aplicações; na hipótese da existência de informação histórica da balança de torção no livro didático, peça para o aluno abrir o livro didático e observar a figura da balança de torção. Em seguida comente o experimento de Coulomb.

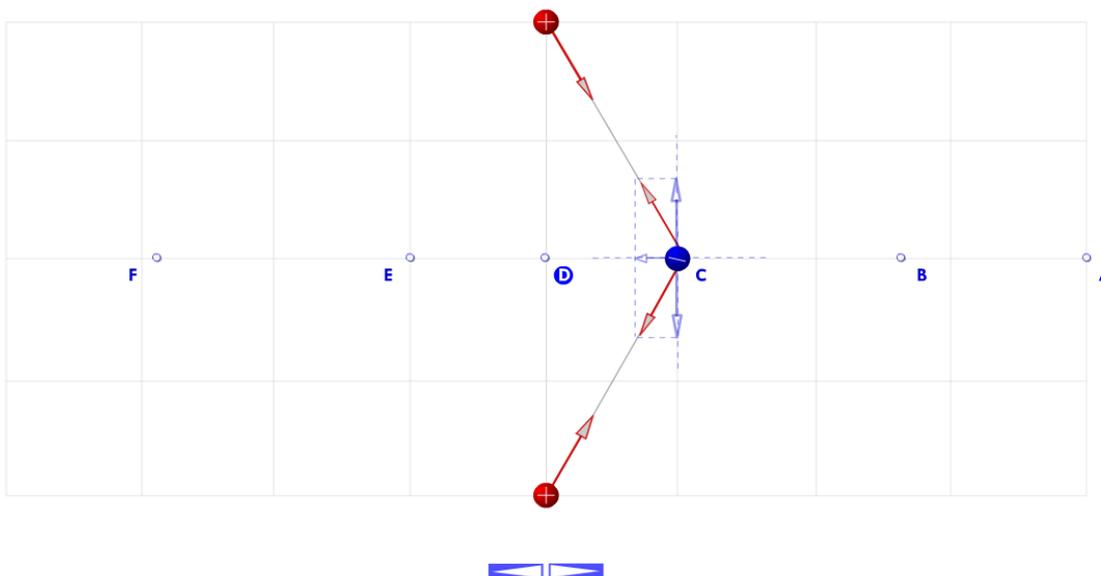
Os painéis 3, 4 e 5 que seguem apresentam simulações relacionadas no geral sobre o vetor força elétrica.

**Painel 14-Simulação D- Projeção vetorial da força elétrica entre cargas elétricas**

**Simulação D- Projeção vetorial da força elétrica entre cargas elétricas**

**Descrição da simulação:** trata-se de uma simulação orientada da projeção do vetor da força elétrica de atração entre cargas elétricas de sinais contrários.

**Interação:** há um destaque interativo em é possível ver a representação vetorial clicando nos pontos (A,B,C,D,E,F) sobre o eixo horizontal.



Cena da simulação que se clicou sobre o ponto C e forma como interativa como fica o ponto D ao posicionar o a seta do mouse sobre o ele.

<p>Descritores para o ensino</p>	<p>Força elétrica de atração e vetor força.</p>
----------------------------------	---

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

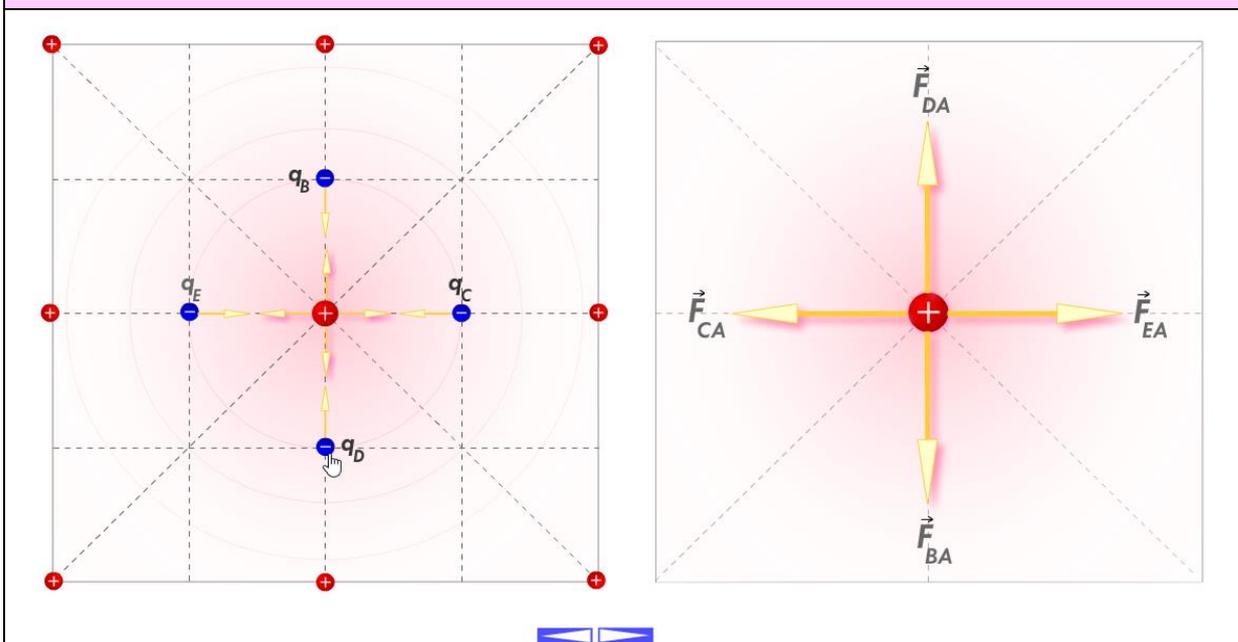
O painel abaixo permite uma contextualização sobre a força elétrica de atração e repulsão projeção vetorial da força, a força elétrica resultante e o princípio da superposição.

**Painel 15-Simulação E- Força elétrica de atração e repulsão**

**Simulação E- Força elétrica de atração e repulsão**

**Descrição:** trata-se de uma simulação orientada da projeção vetorial instantânea que várias cargas elétricas exercem sobre uma carga elétrica central e positiva. As cargas elétricas estão posicionadas sobre um quadrado e outras cargas elétricas sobre um círculo no interior do quadrado.

**Interação:** apresenta interação para representação vetorial da força elétrica. Posiciona-se a seta do mouse sobre qualquer lado do quadrado ou sobre algum círculo. Além disso, apresenta uma imagem ampliada da projeção vetorial da partícula central



Nota: cena da simulação no instante em que se posiciona a seta do mouse um ponto do círculo e aparece imediatamente o vetor da força elétrica sobre a partícula no centro.

Descritores para o ensino

Força elétrica de atração e repulsão, força elétrica resultante, princípio da superposição

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

O painel que segue apresenta dois arranjos de partículas contextualizando a força elétrica resultante sobre a carga elétrica  $q_3$  (arranjo da esquerda) e a  $q_5$  (arranjo da direita).

### Painel 16-Simulação F- Força elétrica resultante

Simulação F- Força elétrica resultante	
<p><b>Descrição:</b> simulação orientada da representação vetorial da força elétrica resultante sobre uma partícula. A simulação apresenta dois arranjos diferentes: uma com três partículas positivas e iguais e a outra com cinco partículas (duas cargas elétricas negativas e três com cargas elétricas positivas).</p> <p><b>Interação:</b> para a projeção vetorial da força elétrica ocorre clicando-se sobre as partículas. A simulação da força elétrica resultante ocorre ao clicar sobre a partícula de carga elétrica <math>+q_3</math> e <math>+q_5</math>. Ou ao posicionar a seta do mouse sobre a direção e o sentido da força elétrica resultante</p>	
<p>Nota: cena da simulação no momento em que posiciona a seta do <i>mouse</i> para incluir o vetor da força elétrica resultante. Ao direito da tela tem-se a segunda situação para caracterizar as forças elétricas que as partículas exercem sobre a carga <math>-q_2</math>.</p>	
<p>Descritores de ensino</p>	<p>Força elétrica de atração e repulsão, vetor força, força elétrica resultante.</p>

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

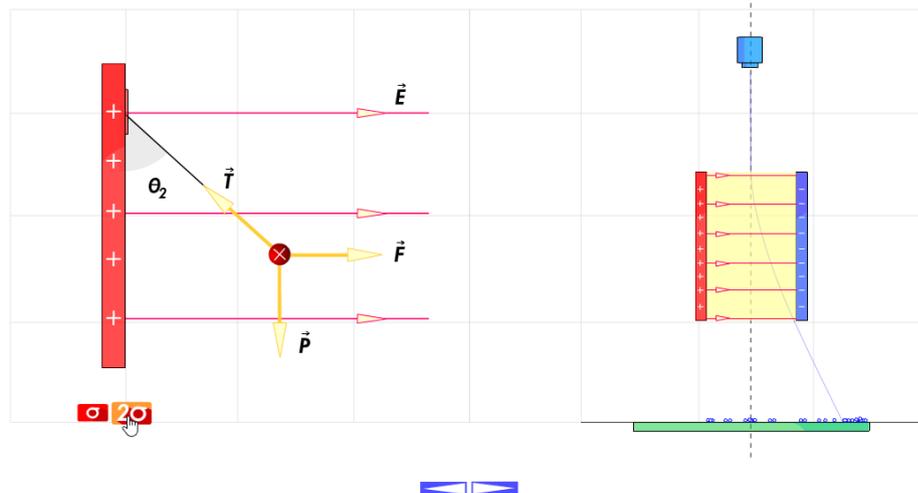
Para a utilização da Simulação G permite um planejamento cuidadoso e recomenda-se que os procedimentos didáticos para uma aula expositiva tenham como um dos recursos adicionais o livro didático afim de promover discussão e apontamentos de tecnologias associadas.

**Painel 17-Simulação G- Linhas de força de um campo elétrico, contextualização e aplicações**

**Simulação G- Linhas de força de um campo elétrico, contextualização e aplicações**

**Descrição:** representação simuladas de duas situações aplicadas: (a) pêndulo eletrostático em que simula o movimento dele conforme a densidade superficial de uma placa carregada positivamente; (b) apresentação de um lançador de partículas carregadas entre duas placas paralelas.

**Interação:** no pêndulo ocorre clicando sobre os botões  $\sigma$  e  $2\sigma$  e se observa o efeito das linhas de campo elétrico no pêndulo e ao final se representa as forças que atuam no corpo eletrizado no pêndulo. No lançador de partículas não há interação.



Nota: cena do simulador após clicar sobre o botão  $2\sigma$ . À direita tem-se a simulação do lançamento de partículas entre duas placas paralelas carregadas.

Descritores de ensino

Pêndulo, linhas de força de um campo elétrico, densidade superficial de carga, campo elétrico uniforme entre duas placas paralelas, forças (elétrica, peso, tração), diferença de potencial, capacitores, trajetória, velocidade, aceleração, lançamento de partículas em um campo elétrico uniforme.

Contextualização de dispositivos eletrostático (máquina de xerox, selecionador eletrostático de partículas, impressão a jato de tinta).

Os próximos painéis fazem parte do simulador III, com 7 slides, em que incluem simulações sobre o campo elétrico. Sobre esse tema de ensino é recomendável usar todas as simulações do simulador III na exposição da aula sobre o conteúdo. Além disso, recomenda-se que a sala de aula seja organizada de modo que os alunos possam estar em dupla para assistir a aula.

### Painel 18-Simulação H- O campo elétrico

Simulação H- O campo elétrico	
<p><b>Descrição:</b> trata-se de uma simulação em que apresenta uma carga puntiforme <math>Q</math> no espaço em que há inclusão de cargas elétricas de prova e observa-se simula o efeito do campo elétrico. As cargas de prova estão fora de escala.</p> <p><b>Interação:</b> a simulação se inicia ao deixar posicionado a seta do <i>mouse</i> sobre os um dos botões intitulado “carga de prova”. Na simulação aparece a representação padronizada de coordenadas espaciais.</p>	
<p>Nota: cena da simulação no momento em que a seta do mouse está sobre o botão “carga de prova”.</p>	
<p>Descritores para o ensino</p>	<p>Carga de prova, carga puntiforme, campo elétrico</p>

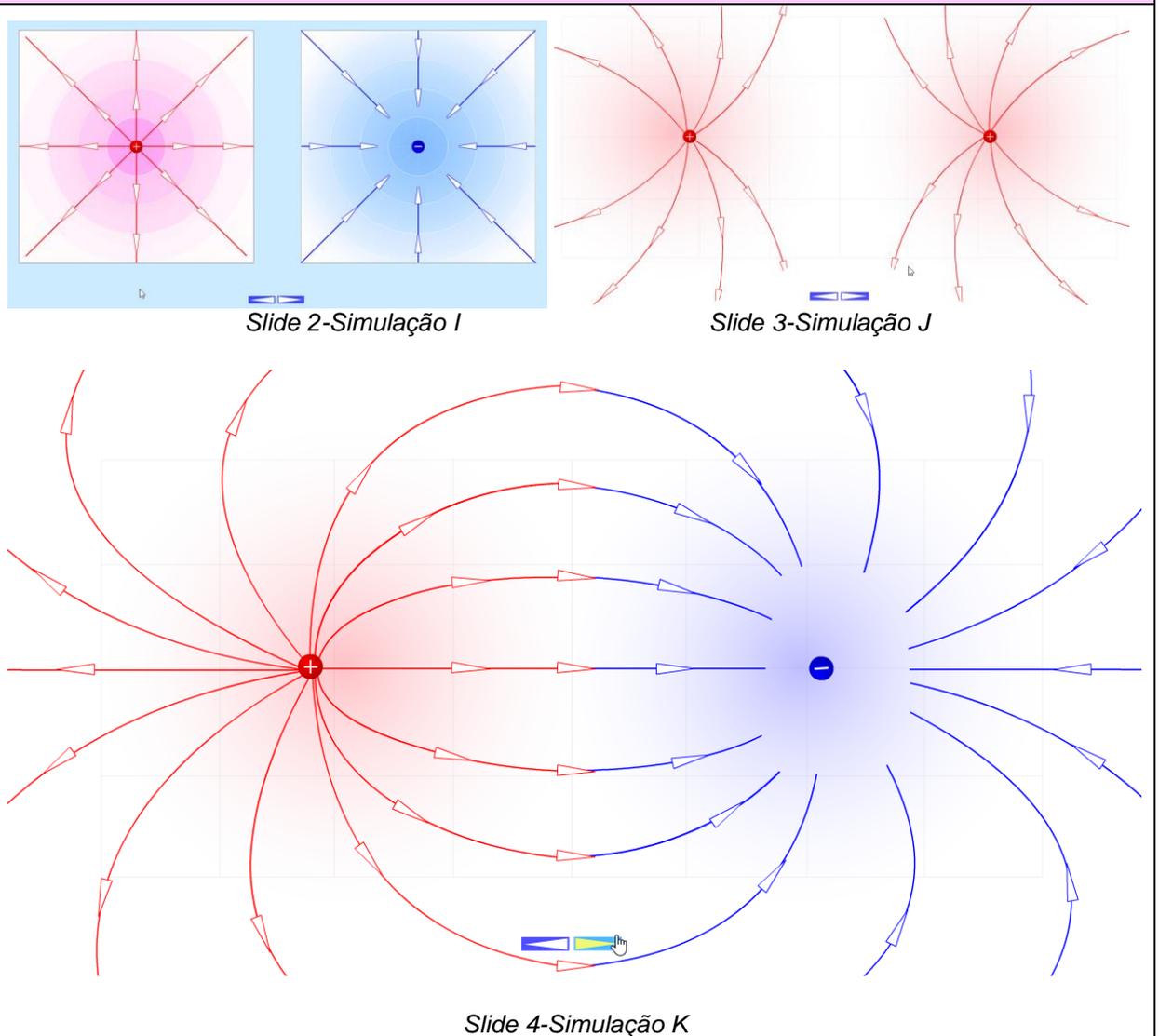
Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

**Painel 19-Simulação I, J, K- Linhas de força de campos elétricos**

**Simulação I,J,K- Linhas de força de campos elétricos**

**Descrição:** as simulações do *slide* 2,3 e 4 apresentam simulações de linhas força de campos elétricos para uma carga puntiforme positiva e negativa (*slide* 2), entre duas cargas elétricas de sinais iguais (*slide* 3) e diferentes (*slide* 3)

**Interação:** não há interação, pois apresenta a animação e instantânea dos fenômenos.



Nota: cena dos *slides* 2,3 e 4 da animação simulada.

<p>Descritores para o ensino</p>	<p>Vetor campo elétrico, campo elétrico de afastamento, campo elétrico de aproximação, linhas de força do campo elétrico.</p>
----------------------------------	---

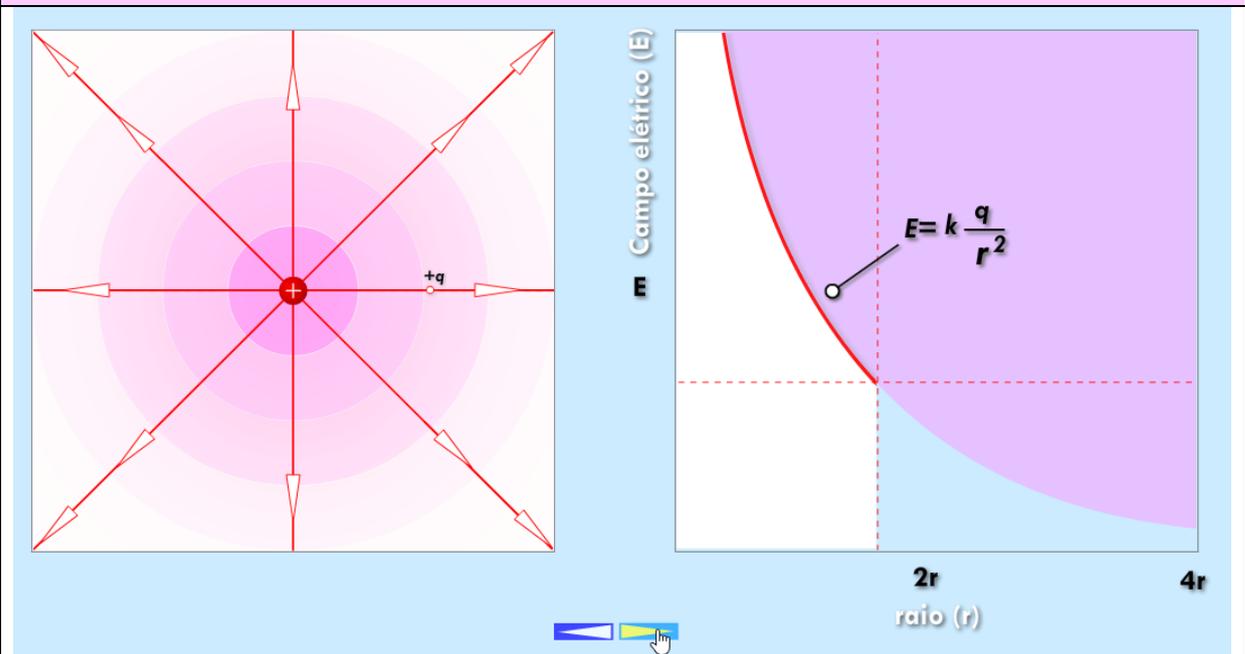
Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

**Painel 20-Simulação L- Gráfico do módulo do módulo do campo elétrico em função da distância**

**Simulação L- Simulação L- Gráfico do módulo do módulo do campo elétrico em função da distância**

**Descrição:** trata-se de uma animação simulada que apresenta uma carga elétrica puntiforme positiva e a animação da intensidade do módulo do campo elétrico diminuído com a distância no gráfico. Na animação incluiu-se uma carga de prova na horizontal e descreve-se o efeito do campo sobre ela produzindo uma aceleração.

**Interação:** não há.



Nota: cena do slide 5 sobre o módulo do campo elétrico no gráfico.

<p>Descritores para o ensino</p>	<p>Vetor campo elétrico, carga de prova, linhas de força do campo elétrico, módulo do campo elétrico, aceleração, velocidade, equação fundamental da dinâmica, superfície equipotencial<sup>a</sup>.</p>
----------------------------------	--

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

<sup>a</sup>Nota: na hipótese que um aluno pergunte o que são os círculos em torno da carga positiva, explique que são superfícies equipotenciais, comente brevemente sobre potencial elétrico. Em seguida passe para a simulação M, N e O (Painel 10).

**Painel 21-Simulação M, N , O- Campo elétrico de várias cargas puntiformes**

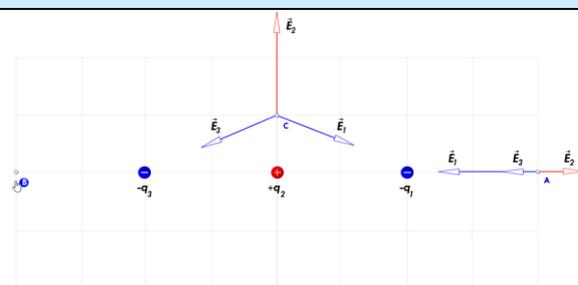
**Simulação M, N, O- Campo elétrico de várias cargas puntiformes**

**Descrição:** trata-se de uma sequência dos *slides* 6 e 7 que envolve a simulação da projeção do vetor campo elétrico em um determinado ponto. No slide 6 apresenta dois arranjos de cargas: o arranjo da esquerda simula a representação do vetor campo elétrico de duas cargas (positiva e negativa) no ponto “P” e o arranjo da direita simula a projeção do vetor de várias cargas elétricas sobre o ponto “P”.

**Interação:** no slide 6 ocorre na projeção vetorial clicando sobre as partículas e próximo ao ponto e/ou na direção do campo elétrico resultante. No slide 7 a interação ocorre clicando-se sobre os pontos (A, B, C) para a projeção instantânea dos vetores.



Slide 6 – simulação M e N



Slide 7-Simulação O

Nota: no slide 6: cena da simulação M e N. A simulação M à esquerda apresenta o instante em que o cursor do *mouse* está sobre a direção e o sentido do vetor campo elétrico. O arranjo da direita é a simulação N que complementa mais sobre a simulação vetorial do campo elétrico para várias cargas. O slide 7 apresenta a cena no instante que se clicou no ponto para projetar o vetor campo elétrico que as três cargas elétricas exercem no ponto.

Descritores para o ensino	Vetor campo elétrico, carga elétrica pontual, módulo do campo elétrico, campo elétrico resultante.
---------------------------	--

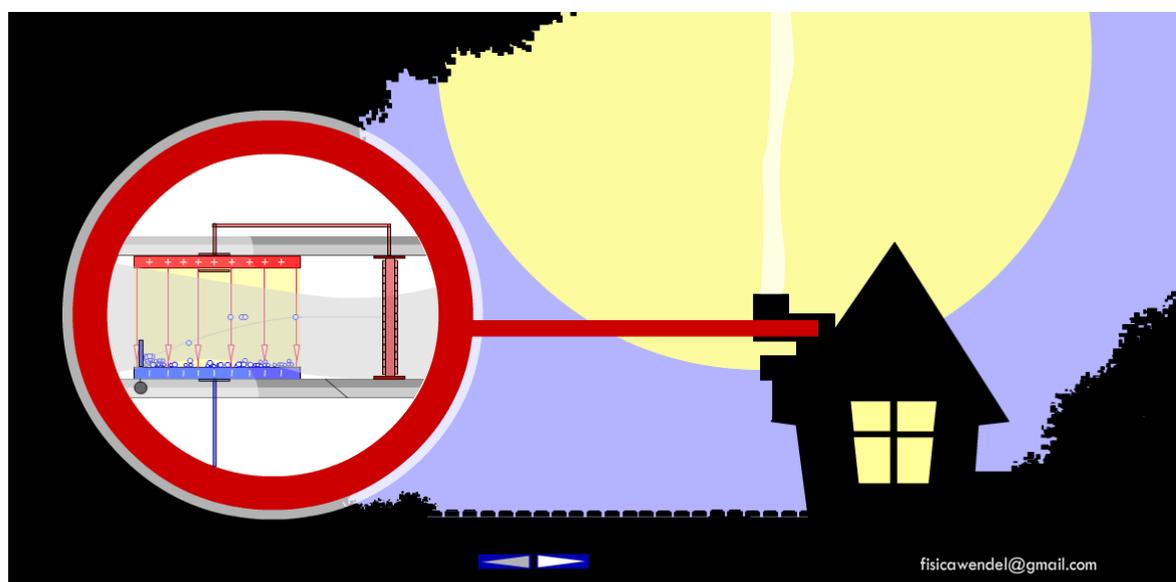
Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

O simulador IV diz respeito a uma aplicação de dispositivo eletrostático: o precipitador eletrostático. Recomenda-se usá-lo após a apresentação do conceito de campo elétrico. Essa simulação é útil para contextualizar com tecnologias que adotam fenômenos eletrostáticos. Além disso ele ainda é útil para promover uma apresentação sobre o conteúdo de ensino sobre capacitor eletrostático (cf. outros descritores de ensino no painel 11)

### Painel 22-Simulação P- Simulador de um precipitador eletrostático

#### Simulação P- Simulador de um precipitador eletrostático<sup>24</sup>

**Descrição:** trata-se de uma simulação animada de um precipitador eletrostático. A visualização dele é de perfil no plano 2D. Nela aparece partículas se deslocando sendo induzidas e sujeitas a ação de um campo elétrico uniforme produzido por duas placas paralelas e carregadas. Para conhecimento, nela as duas placas estão carregadas conectadas a uma fonte de tensão. Logo abaixo da placa carregada negativamente apresenta um mecanismo para abrir (cf. o corte na diagonal). Da placa positiva está ligada a uma grade em que passam as partículas.



Nota: tela da animação do precipitador eletrostático

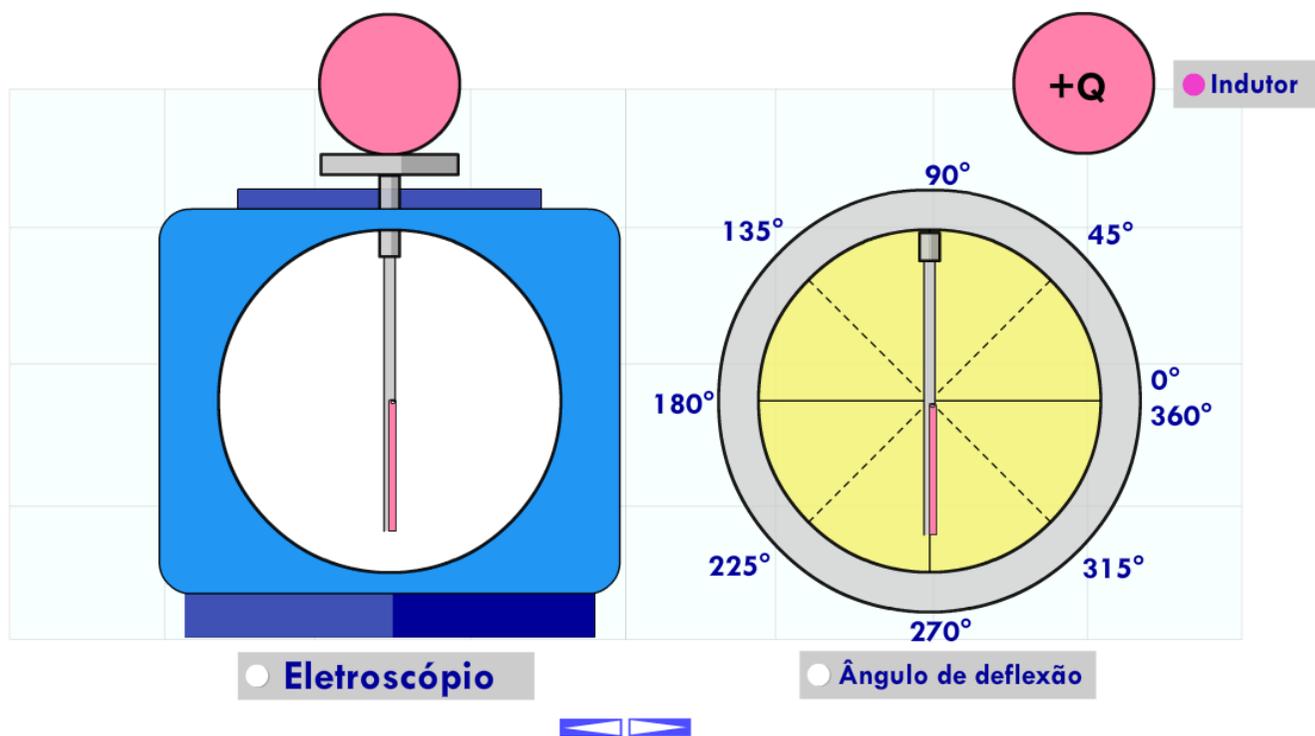
Descritores para o ensino

Capacitor, diferença de potencial, linhas de campo elétrico uniforme, aceleração, velocidade, trajetória, transferência de calor, dispositivo eletrostático.

Fonte: elaborado pelo autor. Ilustração própria.

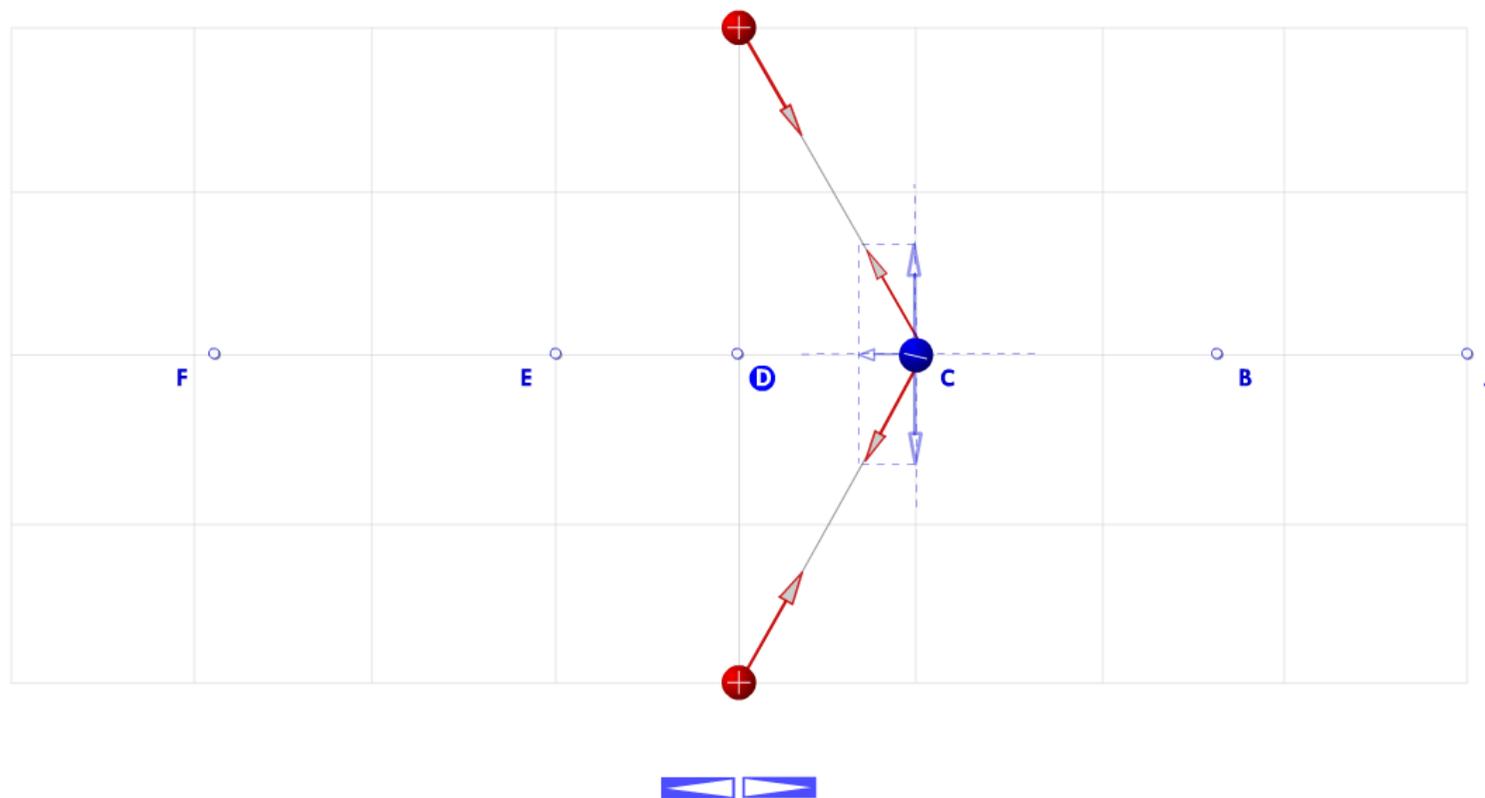
<sup>24</sup> REGO, Wendel Ricardo de Souza et al. Simulação Computacional de Precipitador Eletrostático: uma sequência investigativa. In: **Anais do I Fórum de Educação, Saúde e Meio Ambiente no Ensino Básico, Técnico e Tecnológico (IFESMA)**. South American Journal of Basic Educations, Technical and Technological, v.4, (SUPLEMENTO II) n.1(S2), 2017. ISSN: 24446-4821.

## SIMULADOR I



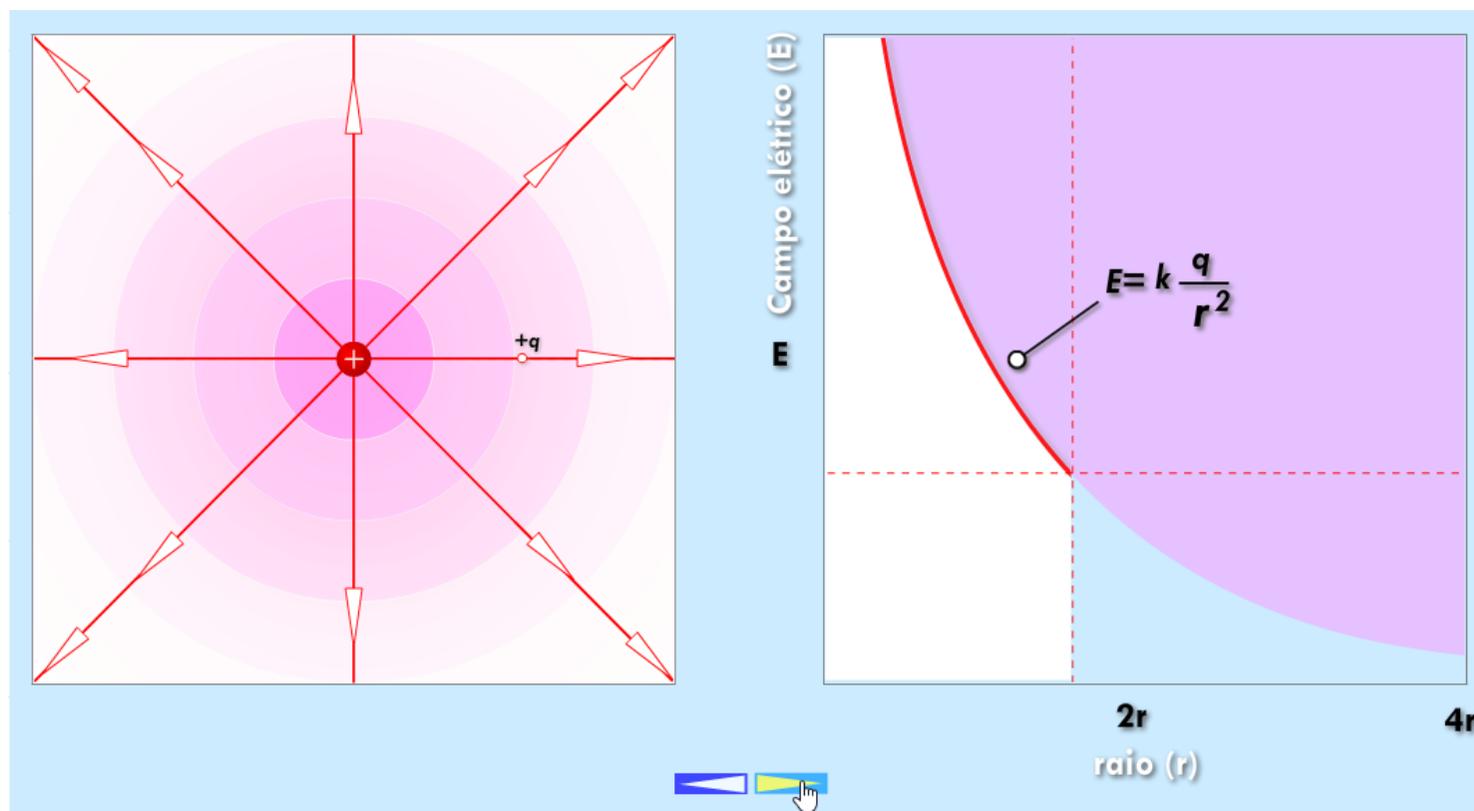
RÊGO, Wendel Ricardo de Souza. **Distribuição das simulações e identificação do contexto de temas para o ensino da eletrostática:** simulador I. In: RÊGO, Wendel Ricardo de Souza. Simulação computacional em flash de fenômenos físicos da eletrostática. 2018. 184f. Dissertação (Mestrado Profissional no Ensino de Física)- Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Rio Branco, 2018. P. 181.

## SIMULADOR II



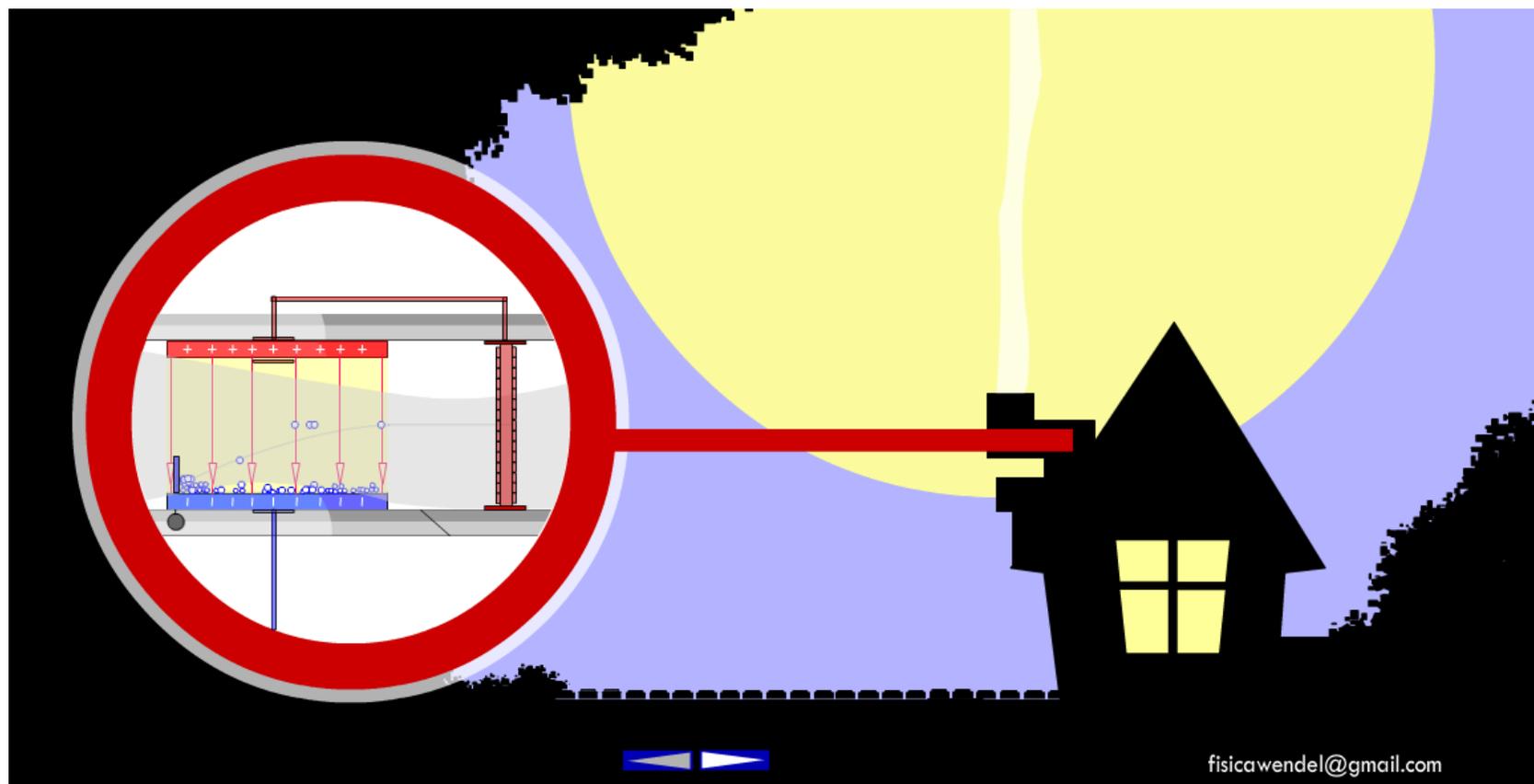
RÊGO, Wendel Ricardo de Souza. **Distribuição das simulações e identificação do contexto de temas para o ensino da eletrostática: simulador II.** In: RÊGO, Wendel Ricardo de Souza. Simulação computacional em flash de fenômenos físicos da eletrostática. 2018. 184f. Dissertação (Mestrado Profissional no Ensino de Física)- Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Rio Branco, 2018. P. 182.

## SIMULADOR III



RÊGO, Wendel Ricardo de Souza. **Distribuição das simulações e identificação do contexto de temas para o ensino da eletrostática:** simulador III. In: RÊGO, Wendel Ricardo de Souza. Simulação computacional em flash de fenômenos físicos da eletrostática. 2018. 184f. Dissertação (Mestrado Profissional no Ensino de Física)- Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Rio Branco, 2018. P. 183.

## SIMULADOR IV



RÊGO, Wendel Ricardo de Souza. **Distribuição das simulações e identificação do contexto de temas para o ensino da eletrostática: simulador IV.** In: RÊGO, Wendel Ricardo de Souza. Simulação computacional em flash de fenômenos físicos da eletrostática. 2018. 184f. Dissertação (Mestrado Profissional no Ensino de Física)- Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Rio Branco, 2018. P. 184.