

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA ATRAVÉS DE ENSINO POR  
INVESTIGAÇÃO NA CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE CAPACITOR A ALTA  
TENSÃO E DE BALANÇA DE CORRENTE EM CAMPO MAGNÉTICO

Adelan Menezes Portela

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Oeste do Pará 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.

Orientador:

Dr. Carlos José Freire Machado

Coorientador:

Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja

Santarém/PA  
Outubro de 2018

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA ATRAVÉS DE ENSINO POR  
INVESTIGAÇÃO NA CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE CAPACITOR A ALTA  
TENSÃO E DE BALANÇA DE CORRENTE EM CAMPO MAGNETICO

Adelan Menezes Portela

Orientador:

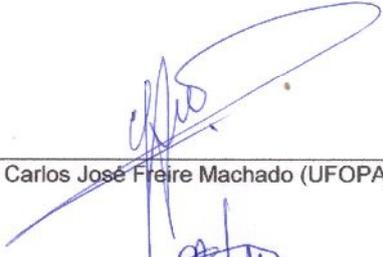
Dr. Carlos José Freire Machado

Coorientador:

Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da  
Universidade Federal do Oeste do Pará 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. Carlos José Freire Machado (UFOPA)



---

Dr. José Alexandre da Silva Valente (UFPA)



---

Dr. Damião Pedro Meira Filho (IFPA)

Santarém/PA  
Outubro de 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE  
FÍSICA

Ata da Defesa Pública de Dissertação de Mestrado Profissional

Aos vinte e seis dias do mês de outubro do ano de 2018, às 14:00 horas na Sala H103 do Instituto de Ciências da Educação (ICED) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), reuniram-se os membros da Banca Examinadora composta pelos(as) professores(as) Drs(as). **CARLOS JOSÉ FREIRE MACHADO (orientador e presidente)**, **DAMIÃO PEDRO MEIRA FILHO (membro interno)** E **JOSÉ ALEXANDRE DA SILVA VALENTE (membro externo)** a fim de arguirem o mestrando **Adelan Menezes Portela**, com a dissertação intitulada **Aprendizagem significativa através de ensino por investigação na construção e aplicação de capacitor a alta tensão e de balança de corrente em campo magnético**. Aberta a sessão pelo presidente, coube a candidato, na forma regimental, expor o tema de sua dissertação, dentro do tempo regulamentar, em seguida a banca fez as arguições, o candidato respondeu e, após as deliberações na sessão secreta foi:

Aprovado, fazendo jus ao título de **Mestre em Ensino de Física**.

Reprovado

Recomendações da Banca:

O trabalho atende aos requisitos de uma dissertação de mestrado, estando bem fundamentada teórica e metodologicamente e contribuindo como boa contribuição para o ensino de física, sendo necessário fazer um ajuste para a versão final. O trabalho, atende as expectativas de utilização para o ensino de física na educação básica. Recomenda-se a elaboração de artigos e divulgação do produto.

Santarém, 26 de outubro de 2018

Prof. Dr. **CARLOS JOSÉ FREIRE MACHADO** (orientador e presidente/ MNPEF - UFOPA)

Prof. Dr. **DAMIÃO PEDRO MEIRA FILHO** (membro interno/ MNPEF - UFOPA)

Prof. Dr. **JOSÉ ALEXANDRE DA SILVA VALENTE** (membro externo/ MNPEF - UFOPA)

## FICHA CATALOGRÁFICA

P843a Portela, Adelan Menezes

Aprendizagem significativa através de ensino por Investigação na construção e aplicação de capacitor a alta Tensão e de balança de corrente em campo magnético / Adelan Menezes Portela – Santarém, PA: UFOPA/ICED, 2018.

xii, 106 f.: il.;30cm.

Orientador: Carlos José Freire Machado, coorientador: Glauco Cohen Ferreira Pantoja.

Dissertação (mestrado) – UFOPA / Instituto de Ciências da Educação / Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2018.

Referências Bibliográficas: f. 102-106.

1. Ensino de Física. 2. Eletrostática. 3. Eletromagnetismo. I. Machado, Carlos José Freire. II. Universidade Federal Oeste do Pará, Instituto de Ciências da Educação, Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. III. Aprendizagem significativa através de ensino por Investigação na construção e aplicação de capacitor a alta Tensão e de balança de corrente em campo magnético.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus que possibilitou a conclusão deste trabalho através de suas bênçãos como saúde, segurança e sabedoria.

Agradeço também aos professores Dr. Carlos José Freire Machado e ao Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja pela paciência, compreensão, atenção e orientação que foram fundamentais durante esse trabalho.

Agradeço a minha esposa Antônia Dorisvan da Silva Portela por todo incentivo, apoio e compreensão que recebi no decorrer das atividades.

Agradeço a meus pais, Antônio Eduardo Portela e Maria Eliete Menezes Portela, pelo apoio emocional, financeiro e pelos conselhos durante os momentos difíceis.

Agradeço a todos os professores do programa de pós – graduação da UFOPA que dedicaram seu tempo e talentos para a minha formação acadêmica e profissional.

Agradeço aos técnicos do laboratório de ensino de física da UFOPA pela prontidão e solicitude durante a construção e aplicação do produto educacional.

Agradeço aos colegas professores que disponibilizaram suas turmas para a aplicação do produto. Em especial ao colega professor e amigo Benildo Cuz.

## RESUMO

### APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA ATRAVÉS DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NA CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE CAPACITOR A ALTA TENSÃO E DE BALANÇA DE CORRENTE EM CAMPO MAGNÉTICO

Adelan Menezes Portela

Orientador:

Dr. Carlos José Freire Machado

Coorientador:

Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal do Oeste do Pará 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

O objetivo dessa dissertação de mestrado é apresentar a utilização de dois experimentos de baixo custo, um Capacitor a Alta Tensão e uma Balança de Corrente em Campo Magnético, como ferramentas pedagógicas que possuam reprodutibilidade, sejam lúdicas e potencialmente significativas, aplicados dentro de uma sequência didática de ensino por investigação visando facilitar uma aprendizagem significativa. Como base teórica para a construção, aplicação e análise dos resultados usamos a teoria de aprendizagem significativa, a metodologia de aplicação do ensino por investigação com problema experimental e alguns referenciais teóricos sobre a atividade experimental de baixo custo para o ensino de ciência. Aplicamos o produto em três contextos educacionais distintos. Em uma turma de nível superior do curso de Licenciatura em Matemática e Física da Universidade Federal do Oeste do Pará, onde através de entrevistas com grupos focais, constatamos que esses acadêmicos reproduziriam o experimento do *capacitor* em suas futuras atividades pedagógicas. Com uma turma do Ensino Médio de uma escola pública situada na área urbana de Santarém onde os alunos, através de um questionário de opinião, afirmaram que gostaram do experimento do *capacitor*. Também com uma turma do ensino rural do Sistema de Organização Modular de Ensino (SOME) em uma comunidade situada à beira do rio Amazonas em uma região de Várzea em que, através da análise dos relatos escritos dos alunos e de um questionário aplicado antes e depois da utilização do produto, percebemos indícios de aprendizagem significativa dos conceitos de *carga elétrica*, *processos de eletrização*, *força eletrostática*, *campo elétrico*, *campo magnético*, *força eletromagnética* e *corrente elétrica*. Essa pesquisa demonstra que o produto educacional possui boa reprodutibilidade, é lúdico e tem potencialidade em ser significativo, podendo ser trabalhado dentro da metodologia de ensino por investigação como facilitador do processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino de Física, Experimento de Baixo Custo, Eletrostática e Eletromagnetismo.

Santarém/PA  
Outubro de 2018

## ABSTRACT

### MEANINGFUL LERNING TROUGHT TEACHING RESEARCH IN THE CONSTRUCTION AND APPLICATION OF HIGH VOLTAGE CAPACITOR AND ELECTRIC CURRENT BALANCE IN MAGNETIC FIELD

Adelan Menezes Portela

Supervisor

Dr. Carlos José Freire Machado

Co-supervisor:

Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação of Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) in the Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The objective of this master's thesis is to present the use of two low-cost experiments: A *High Voltage Capacitor* and a *Balance of Electric Current in a Magnetic Field*, as pedagogical tools that have reproducibility, are ludic and potentially meaningful, applied within a didactic sequence of teaching by research aiming to facilitate meaningful learning. As the theoretical basis for the construction, application and analysis of the results, we use Ausubel's meaningful learning theory, the methodology of application of physics teaching with experimental problems and some theoretical references on low cost experimental activities in science education. We applied the product in three different educational contexts. In a class of the undergraduate of the Teacher formation course on Mathematics and Physics of the *Universidade Federal do Oeste do Pará*, where through interviews with focus groups, we verified that most these academics would reproduce the experiment of the capacitor in their future pedagogical activities. With a high school class from a public school located in the urban area of Santarém where students, through a survey, stated that they liked the experiment of the capacitor. Also with a rural teaching group of the *Sistema de Organização Modular de Ensino (SOME)* in a community situated on the banks of the Amazon River in a region of lowland where, through the analysis of written reports of students and a questionnaire applied before and after, we can perceive evidences of meaningful learning of the concepts of electric charge, electrification processes, electrostatic force, electric field, magnetic field, electromagnetic force and electric current. This research demonstrates that the educational product has good reproducibility, is ludic and has the potentiality to be meaningful, and can be worked within the methodology of teaching by research as a facilitator of teaching and learning process.

Keywords: Physics education, Low Cost Experiment, Electrostatics and Electromagnetism.

Santarém / PA  
October 2018

# Sumário

Capítulo 1 - Introdução.....	1
Capítulo 2 - Referencial Teórico .....	3
2.1. Aprendizagem significativa .....	3
2.1.1. Um breve histórico da aprendizagem significativa .....	3
2.1.2. Condições para a aprendizagem significativa .....	4
2.1.3. Conhecimento prévios relevantes ou subsunçor.....	5
2.1.4. Uso da linguagem na aprendizagem significativa e o conhecimento explícito.....	6
2.2. Ensino por Investigação .....	7
2.2.1. Problema experimental .....	9
2.2.2. O professor no ensino por investigação.....	10
2.2.3. O aluno no ensino por investigação.....	10
2.3. Pontos comuns entre aprendizagem significativa e ensino por investigação ..	11
2.3.1. Origem no construtivismo .....	12
2.3.2. Conhecimentos prévios .....	12
2.3.3. Situação problema .....	13
2.3.4. Disposição para aprender.....	14
2.3.5. Relatos dos resultados .....	14
2.3.6. Uso de experimentos .....	15
2.3.7. Papel do professor .....	16
2.3.8. Resumo sobre os pontos comuns entre aprendizagem significativa e ensino por investigação .....	18
2.4. Experimentação .....	19
2.4.1. Vantagem da utilização de experimento de baixo custo.....	20
2.4.2. Revisão bibliográfica.....	21
2.4.2.1 Experimentos com Capacitor .....	21
2.4.2.2 Experimentos com Balança de Corrente em Campo Magnético.....	22
Capítulo 3 - Metodologia.....	25
3.1. Metodologia de análise .....	25
3.2. Construção dos Experimentos .....	26
3.2.1. <i>Descrição do Experimento do capacitor</i> .....	26
3.2.1.1. <i>Histórico da construção do capacitor</i> .....	27
3.2.1.2. <i>Conteúdos de física relacionados ao Capacitor</i> .....	28
3.2.2. <i>Descrição do Experimento da balança</i> .....	34
3.2.2.1 <i>Histórico da construção da Balança</i> .....	35
3.2.2.2. <i>Conteúdos de física relacionados a balança</i> .....	37
3.3. Aplicação do Produto.....	40
3.3.1. <i>Descrição da primeira aplicação</i> .....	41
3.3.2. <i>Descrição do segundo aplicação</i> .....	45
3.3.3. <i>Descrição da terceira aplicação</i> .....	48
3.3.3.1. <i>Caracterizando o SOME</i> .....	48
3.3.3.2. <i>Caracterizando o local da aplicação</i> .....	49
3.3.3.3. <i>Descrição da aplicação do capacitor no SOME</i> .....	53
3.3.3.4. <i>Descrição da aplicação da balança no SOME</i> .....	57
Capítulo 4 - Análise dos resultados .....	60
4.1. Resultados da aplicação no primeiro contexto. ....	60
4.2. Resultados da aplicação no segundo contexto.....	63
4.3. Resultados da aplicação no terceiro contexto.....	65

4.3.1. Resultados por categorização do capacitor de alta tensão.....	66
4.3.1.1. Análise da Atividade 1.....	67
4.3.1.2. Análise da Atividade 2.....	69
4.3.1.3. Análise da Atividade 3.....	71
4.3.2. Resultados por categorização da balança de corrente em campo magnético. ....	74
4.3.2.1. Análise da Atividade 1.....	76
4.3.2.2. Análise da Atividade 2.....	78
4.3.3. Resultados pelo questionário. ....	79
Capítulo 5 - Considerações finais.....	93
Apêndice A - Atividade proposta aos acadêmicos.....	97
Apêndice B - Questionário Aplicado no Colégio Madre Imaculada.....	98
Apêndice C - Questionário 2 Aplicado no SOME. ....	100
Referências Bibliográficas.....	102

## Índice de Imagens

<b>Imagem 2.1.</b> Balança de corrente proposta por Gaspar em 1990. ....	22
<b>Imagem 2.2.</b> Funcionamento da balança proposta por Gaspar. ....	23
<b>Imagem 2.3.</b> Esquema do produto de Fernandes (2015). ....	23
<b>Imagem 2.4.</b> Perfil do esquema da balança de Mustafa <i>et al.</i> (2018). ....	24
<b>Imagem 3.1.</b> Capacitor de Alta Tensão Aplicado no SOME. ....	27
<b>Imagem 3.2.</b> Capacitor de Alta Tensão aplicado na turma de Matemática – física. ....	28
<b>Imagem 3.3.</b> Representação vetorial da componente vertical do campo elétrico, das forças elétricas e da força peso. ....	30
<b>Imagem 3.4.</b> Representação das forças com a inserção da fita isolante. ....	30
<b>Imagem 3.5.</b> Atração entre a fita e os papelotes mesmo as placas não estando carregadas. ....	31
<b>Imagem 3.6.</b> Estrutura da balança. ....	35
<b>Imagem 3.7.</b> Visão de traz da balança em perfil. ....	35
<b>Imagem 3.8.</b> A primeira proposta para a balança de corrente. ....	36
<b>Imagem 3.9.</b> Segunda proposta para a balança de corrente. ....	37
<b>Imagem 3.10.</b> Configuração do campo magnético de um ímã de alto-falante. ....	38
<b>Imagem 3.11.</b> a) Campo magnético para dentro e corrente elétrica da esquerda-direita. b) Campo magnético para fora e corrente da esquerda-direita. ....	39
<b>Imagem 3.12.</b> a) Campo magnético para fora e corrente da esquerda-direita. b) Campo magnético para dentro e corrente da direita-esquerda. ....	39
<b>Imagem 3.13.</b> Configuração de duas forças eletromagnética em sentidos contrários. ...	40
<b>Imagem 3.14.</b> Visão interna do laboratório de ensino LAB .....	42
<b>Imagem 3.15.</b> Acadêmicos do curso de Matemática – Física construindo o experimento. ....	44
<b>Imagem 3.16.</b> Acadêmicos discutindo em grupos propondo solução para o problema experimental. ....	44
<b>Imagem 3.17.</b> Acadêmicos respondendo às perguntas propostas no Apêndice C. ....	45
<b>Imagem 3.18.</b> Sala de aula do colégio Madre Imaculada. ....	46
<b>Imagem 3.19.</b> Alunos do madre imaculada respondendo o questionário. ....	47
<b>Imagem 3.20.</b> Rota de Santarém a comunidade de Boca de Cima do Aritapera. ....	50
<b>Imagem 3.21.</b> Barco utilizado para viajar de Santarém a comunidade .....	50
<b>Imagem 3.22.</b> Localização da sala de aula, escola e alojamento dos professores .....	51
<b>Imagem 3.23.</b> Parte da bagagem dos professores do SOME. ....	51
<b>Imagem 3.24.</b> Sala de aula utilizada durante a aplicação do produto visão externa. ....	52
<b>Imagem 3.25.</b> Sala de aula utilizada durante a aplicação do produto visão interna .....	52
<b>Imagem 3.26.</b> Alunos do SOME construindo o Capacitor de alta tensão. ....	54
<b>Imagem 3.27.</b> Alunos do SOME executando versões diferentes do Capacitor a alta tensão na forma simples .....	55
<b>Imagem 3.28.</b> Alunos do SOME respondendo o problema experimental .....	55
<b>Imagem 3.29.</b> Configuração das forças entre placas e os papelotes no momento de subida e descida. ....	56
<b>Imagem 3.30.</b> Aluno do SOME equilibrando a balança no nível determinado. ....	59
<b>Imagem 3.31.</b> Os alunos registrando seus dados e hipóteses sobre o experimento da balança. ....	59
<b>Imagem 4.1.</b> Alunos do Madre Imaculada registrando o funcionamento do Capacitor a alta tensão. ....	64

## Índice de Gráficos

<b>Gráfico 3.1.</b> Representação das relações entre carga máxima e .....	32
<b>Gráfico 3.2.</b> Intervalo da carga dos papelotes entre a carga máxima e a carga mínima.	33
<b>Gráfico 4.1.</b> Distribuição das respostas dos alunos do Madre imaculada para a questão. .....	64
<b>Gráfico 4.2.</b> Comparação do número de categorizados nas três atividades.....	73
<b>Gráfico 4.3.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 1. ....	81
<b>Gráfico 4.4.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 2. ....	82
<b>Gráfico 4.5.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 3. ....	82
<b>Gráfico 4.6.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 4. ....	83
<b>Gráfico 4.7.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 5. ....	84
<b>Gráfico 4.8.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 6. ....	85
<b>Gráfico 4.9.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 7. ....	86
<b>Gráfico 4.10.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 8. ....	86
<b>Gráfico 4.11.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 9. ....	87
<b>Gráfico 4.12.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 10. ....	88
<b>Gráfico 4.13.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 11. ....	89
<b>Gráfico 4.14.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 12. ....	89
<b>Gráfico 4.15.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 13. ....	90
<b>Gráfico 4.16.</b> Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 14.....	91

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 2.1.</b> Passos para desenvolver um problema experimental. ....	9
<b>Tabela 2.2.</b> Pontos comuns entre aprendizagem significativa e ensino por investigação. ....	18
<b>Tabela 3.1.</b> Materiais necessários para a montagem do Capacitor de Alta Tensão. ....	27
<b>Tabela 3.2.</b> Materiais necessários para uma Balança Corrente e Campo Magnético. ...	34
<b>Tabela 3.3.</b> Sequencia didática da primeira aplicação do produto. ....	43
<b>Tabela 3.4.</b> Sequencia didática da segunda aplicação do produto. ....	47
<b>Tabela 3.5.</b> Sequencia didática da aplicação do capacitor no SOME. ....	55
<b>Tabela 3.6.</b> Sequencia didática da aplicação com fita isolante na placa de cima. ....	57
<b>Tabela 3.7.</b> Sequencia didática da aplicação da balança de corrente em campo magnético. ....	58
<b>Tabela 4.1.</b> Categorias das respostas dos acadêmicos sobre o capacitor. ....	62
<b>Tabela 4.2.</b> A apresentação dos significados de cada categoria do capacitor. ....	67
<b>Tabela 4.3.</b> Número de referências de acordo com a categoria e as atividades de eletrostática. ....	67
<b>Tabela 4.4.</b> Indicadores para as categorias na atividade 1 do capacitor. ....	68
<b>Tabela 4.5.</b> Indicadores para as categorias na atividade 2 do capacitor. ....	70
<b>Tabela 4.6.</b> Indicadores para as categorias na atividade 3 do capacitor. ....	72
<b>Tabela 4.7.</b> A apresentação dos significados de cada categoria da balança. ....	75
<b>Tabela 4.8.</b> Número de referências de acordo com a categoria e a atividade da balança. ....	75
<b>Tabela 4.9.</b> Indicadores para as categorias na atividade 1 da balança. ....	76
<b>Tabela 4.10.</b> Indicadores para as categorias na atividade 2 da balança. ....	78
<b>Tabela 4.11.</b> Níveis de acertos dos alunos para o questionário 2. ....	80

## Capítulo 1 - Introdução

Na literatura específica da área de Ensino de Física é comum encontrar trabalhos que discorrem sobre a importância das atividades experimentais como ferramentas pedagógicas para o Ensino de Ciências. Dentro dessa temática as propostas de aplicação mudam conforme o contexto e os aspectos de aplicação, porém, em geral, ainda se tem a necessidade de utilizar materiais de apoio ao professor que busquem abordagens inovadoras na utilização de atividades experimentais em sala de aula [Araújo e Abib 2003].

Propomos duas ferramentas pedagógicas inovadoras em seus aspectos estruturais e procedimentais em duas experiências: uma *Balança de Corrente em Campo Magnético* e um *Capacitor a Alta Tensão*. A *Balança* tem braço móvel que é percorrida por uma corrente e inserida em campo magnético, onde o braço da balança move-se indicando a orientação da força eletromagnética. O *Capacitor* tem placas paralelas submetidas à alta tensão que faz movimentar papelotes de alumínio depositados sobre a placa inferior. Para facilitar sua reprodução por outros professores de física os experimentos aqui propostos possuem as características de: facilitar a interação aluno – conteúdo – professor, ser experimento de baixo custo e poder ser reproduzido em diferentes contextos.

Este trabalho foi aplicado em três diferentes contextos educacionais, no nível superior com acadêmicos em Licenciatura Integrada em Matemática e Física (LIMF), no Ensino Médio regular com alunos de uma escola da rede pública de Santarém e com alunos do Sistema de Organização Modular de Ensino (SOME) (Anexo A), de uma comunidade ribeirinha. Estes contextos serão explicitados mais detalhadamente nos capítulos 1 e 3.

Essa abordagem inovadora é proposta na aplicação da *balança de corrente*, por trabalhos como os de Gaspar (1990), Fernandes (2015) e Mustafa *et al.* (2018), que apresentam modelos de balança de corrente em campo magnético como proposta de ferramentas didáticas na abordagem do conteúdo de força eletromagnética, porém, a balança de corrente em campo magnético proposto nesse trabalho, como parte de um produto educacional de cunho qualitativo, possui as características conjuntas de ser de baixo custo, ser de fácil manuseio e possuir boa portabilidade.

No caso do *capacitor*, esta abordagem inovadora é proposta para facilitar o ensino dos conceitos de eletrostática nos trabalhos de Beilner e Muchenski (2015) e

Rocha Filho *et al.* (2005) que propõem trabalhar com capacitores, e os de Laburú *et al.* (2008) e Andrade (2017) que fazem uma contextualização a partir da formação de descargas elétricas atmosféricas (raios), sendo que nenhum deles propõe atividades experimentais didáticas associadas à construção de uma capacitor a alta tensão.

No decorrer desse trabalho buscaremos responder as perguntas: Os experimentos do capacitor alta tensão e da balança de corrente em campo magnético podem ser situações problema potencialmente significativas para alunos do SOME?

O processo de elaboração do produto ocorreu durante o programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, realizado na Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, no período de Abril de 2016 a agosto de 2018. O objetivo desse trabalho é apresentar como produto educacional uma sequência didática através de um guia didático, para a utilização do professor, que oriente a construção e aplicação dos dois experimentos, bem como analisar indícios de aprendizagem significativa dos alunos do SOME.

Além de analisar a aplicação dos produtos sob o ponto de vista da aprendizagem significativa, pretendemos caracterizar as realidades de aplicação do produto que aconteceram em três circunstâncias diferentes, explicar sobre as bases teóricas e metodológicas que guiaram a aplicação dos produtos, descrever a construção e aplicação dos experimentos, saber se os alunos do curso de LIMF/UFOPA utilizariam o experimento de eletrostática em suas futuras atividades educacionais e verificar se o experimento de eletrostática é fator motivador para os alunos de ensino médio da rede estadual de ensino situado no município sede.

Consolidando esta abordagem, pretende-se realizar a análise dos relatos e dos questionários dos alunos do terceiro ano do ensino médio do SOME buscando evidências de aprendizagem significativa dos conceitos de eletrostática e força eletromagnética.

## Capítulo 2 - Referencial Teórico

Nesse capítulo abordaremos, inicialmente os pontos fundamentais para que ocorra uma aprendizagem significativa, as características principais do método de ensino por investigação e algumas vantagens e características dos experimentos de baixo custo. Também ressaltamos sete características comuns entre ensino por investigação e aprendizagem significativa. Essas teorias base para criar e implementar os experimentos de eletrostática e eletromagnetismo, para desenvolvermos a metodologia utilizada e para analisar os resultados da aplicação desse produto.

### 2.1. Aprendizagem significativa

Segundo Moreira (2010a), houve uma grande divulgação sobre a aprendizagem significativa através de diversos trabalhos, eventos e publicações, porém, no meio escolar, a apropriação de tais ideias ocorreu de forma superficial. O termo *aprendizagem significativa* passou a ser usado de forma genérica “de modo que qualquer estratégia de ensino passou a ter a Aprendizagem Significativa como objetivo sendo que todas as estratégias educacionais passaram a objetivar uma aprendizagem significativa” (Ibid. p. 29), contudo, “na prática a maioria dessas estratégias, ou a escola de um modo geral, continuam promovendo muito mais a aprendizagem mecânica, puramente memorística, do que a significativa” [ibid, p. 56].

Para não recairmos nos mesmos problemas apontados por Moreira (2010a) apropriamo-nos da teoria e filosofia da Aprendizagem Significativa que serão importantes para aprofundar o entendimento e a análise do processo de aprendizagem durante a aplicação desse produto educacional. Para facilitar a compreensão dos principais pontos da Aprendizagem Significativa, iremos trabalhar com tópicos que abordam de forma resumida os aspectos e conceitos principais dessa teoria.

#### 2.1.1. *Um breve histórico da aprendizagem significativa*

A Aprendizagem Significativa é uma teoria construtivista que busca explicar como o ser humano consegue assimilar grandes quantidades de conhecimento [Moreira 1997]. Portanto, tal teoria pode ser amplamente utilizada para compreender processos de ensino e aprendizagem. Ela foi inicialmente “proposta por Ausubel, em 1963, na obra *The psychology of meaningful verbal learning* [...] e, em 1968, no livro *Educational psychology: a cognitive view* [...]” [Moreira 2010a, *grifo do autor*, p. 30], desde então a aprendizagem significativa tem se difundido pelo mundo. No Brasil um

dos cientistas que trabalha com essa teoria é o Dr. Marco Antônio Moreira, autor de diversas obras que abordam a aprendizagem significativa.

### 2.1.2. *Condições para a aprendizagem significativa*

A Aprendizagem Significativa é definida como sendo um “processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira **não arbitrária** e **substantiva** (não-literal) à estrutura cognitiva do aprendiz.” [Moreira 1997, p. 1]. Para que a relação seja não arbitrária, os conhecimentos novos e os pré-existentes (subsunçores) devem ser relevantes entre si, ou seja, o novo conhecimento não irá se relacionar com qualquer conhecimento na estrutura cognitiva do estudante, dessa forma, um subsunçor “serve de matriz ideacional e organizacional para a incorporação, compreensão e fixação de novos conhecimentos” [Ibid p. 2] na estrutura cognitiva.

A relação dos novos conhecimentos com a estrutura cognitiva do aluno de forma substantiva se refere à “substância” do conhecimento e não a uma mera reprodução das palavras. Então, quando o aluno externalizar o conhecimento aprendido significativamente, este não será apenas uma reprodução literal (repetição) da fala do professor [Moreira 1997].

Moreira (2005) aponta duas condições necessárias para ocorrer a aprendizagem significativa.

Nessa perspectiva, as *condições* para a aprendizagem significativa são a *potencialidade significativa* dos materiais educativos (i.e., devem ter significado lógico e o aprendiz deve ter subsunçores especificamente relevantes) e a *pré-disposição do sujeito para aprender* (i.e., intencionalidade de transformar em psicológico o significado lógico dos materiais educativos). [Moreira 2005, *grifo do autor*, p. 2]

Para ocorrência de Aprendizagem Significativa, um material didático (livros, revistas, vídeos) deve ser potencialmente significativo, ou seja, deve possuir significado lógico para o aluno, de maneira a relacionar os conceitos novos com os subsunçores de forma não literal e não arbitrária. Desta forma, o material só pode ser **potencialmente significativo**, pois o significado não está no material, mas no aluno. A pré-disposição do aluno para aprender está na capacidade de ele relacionar seus subsunçores de maneira não literal e não arbitrária ao novo conhecimento presente no material potencialmente significativo. [Moreira 2010a, p. 37]

### 2.1.3. *Conhecimento prévios relevantes ou subsunçor*

Moreira (2010a) aponta que a proposta de trabalhar com os conhecimentos prévios não é exclusiva da aprendizagem significativa.

Assim como Ausubel fala em subsunçor, cada teoria construtivista tem seu construto básico. Na de Piaget o construto básico é *esquema*; poder-se-ia dizer, então que o indivíduo aprende, ou constrói novos esquemas, a partir dos esquemas que já construiu. Na de Kelly (1963) o construto básico é o de *construto pessoal*, de onde vem que o sujeito aprende, ou constrói novos construtos, a partir dos construtos que já construiu. Na de Johnson-Laird (1983) o construto fundamental é o de *modelo mental*, do qual decorre que o sujeito constrói novos modelos mentais a partir da recursividade de modelos anteriores, de primitivos conceituais e da percepção. Vergnaud (1990) também usa o conceito de esquema, mas seus esquemas contêm *invariantes operatórios* que se constituem em conhecimento prévio implícito e têm grande influência na construção de novos esquemas e novos conceitos. [Moreira 2010a, *grifo do autor*, p. 54].

Na teoria da Aprendizagem Significativa, os conhecimentos pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno e relevantes para a aprendizagem tem papel destacado. Segundo Moreira (2017), [p. 44] “o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa”, portanto o subsunçor seria a variável isolada mais importante no processo da aprendizagem significativa de novos conhecimentos [Moreira 2010a].

Para Moreira (2005) os subsunçores são conhecimentos existentes no cognitivo do aluno que são **especificamente relevantes** para a aprendizagem de novos conhecimentos. Ele surge do dinamismo presente nas interações dos novos conhecimentos com os subsunçores. No modelo ausubeliano a assimilação de novos conhecimentos possui uma sequência de três fases.

1º - A assimilação: O novo conhecimento se “ancora” ao subsunçor de forma significativa (não arbitrária e não literal) – o novo conhecimento modifica o subsunçor e este modifica o novo conhecimento.

2º - Fase da retenção: O novo conhecimento e o subsunçor que foram modificados coexistem na estrutura cognitiva do aluno, sendo que eles podem ser identificados como novo conhecimento e subsunçor modificados.

3º - Assimilação obliteradora (esquecimento): O novo conhecimento modificado se “funde” ao subsunçor modificado, fazendo os dois se tornarem um único

conhecimento. Nesse momento não é mais possível distinguir o que foi aprendido e o que é subsunçor, durante esse processo ocorre a obliteração ou esquecimento, e o que resta na estrutura cognitiva do aluno será o subsunçor modificado.

Estes processos assimilativos fundam-se em interações dinâmicas, não arbitrárias e não literais, o que implica em contínua aquisição de novos significados. “Então, ao longo de sucessivas aprendizagens significativas o subsunçor vai adquirindo muitos significados, tornando-se cada vez mais capaz de servir de ideia-âncora para novos conhecimentos” [Moreira 2010a, p. 32].

Como a construção de subsunçores mais elaborados é um processo muito dinâmico, no contexto escolar, o professor deve estar constantemente se comunicando com o aluno para poder acompanhar o desenvolvimento cognitivo do mesmo. A linguagem subsidia exatamente o processo de comunicação entre o professor e o alunado.

#### *2.1.4. Uso da linguagem na aprendizagem significativa e o conhecimento explícito.*

No processo de ensino e aprendizagem significativa, deve haver a negociação de significados dos conceitos entre professor, aluno e material didático. Nesse processo é evidente “que a linguagem é também um fator essencial” [Moreira 2003, p. 14]. A linguagem possui tal importância para a aprendizagem significativa que a mesma foi considerada por Moreira como uma “espécie de terceira condição para a aprendizagem significativa” [Ibid].

Durante os processos que buscam facilitar a aprendizagem significativa três pontos associados a linguagem devem ser levados em consideração:

- 1- A linguagem que permite a negociação de significado entre professor e aluno e entre aluno e aluno.
- 2- A interação entre conhecimentos prévios e os subsunçores que normalmente são mediadas por pessoas que utilizam da linguagem para se comunicar.
- 3- O conhecimento que é basicamente linguagem, pois o conhecimento de um conteúdo consiste, em partes, em conhecer sua linguagem.

Para Moreira (2002)

O ensino de ciências não pode deixar de lado a simbolização e a formalização, porque a ciência é simbólica, formal e explícita, mas é preciso ter sempre em mente que o conhecimento do aluno, como de qualquer outro

sujeito, é, em grande parte, implícito. O ensino de ciências deve facilitar a transformação do conhecimento implícito em explícito, sem nunca subestimá-lo ou desvalorizá-lo [Moreira 2002, p. 22].

No processo educacional, os alunos devem explicitar seus conhecimentos para que o professor possa “verificar se os significados que o aluno captou são aqueles compartilhados pela comunidade de usuários da matéria de ensino” [Moreira 2003, p. 8]. Nos casos em que o aluno não explicita seu conhecimento, ou quando explicita com um significado diferente daquele aceito pela comunidade científica, então não foi alcançado o compartilhamento de significado entre o professor e o aluno. Nessa situação, o professor deve procurar novos meios de ensino que possibilitem essa negociação de significado [ibid].

A aprendizagem significativa “se ocupa exatamente da aquisição de conceitos explícitos e formalizados” [Moreira 2002, p. 15]. Conhecimento explícito por permitir a negociação de significados, e formalizados por ser um conhecimento aceito em comunidade. Em uma visão interacionista social da aprendizagem significativa, a negociação de significados se utiliza da linguagem como meio de comunicação e ocorre em uma relação triádica entre: aluno, professor e material didático [Moreira 2005]. Portanto a importância do conhecimento explícito está em que “O conhecimento explícito pode ser comunicado a outros e discutido, o conhecimento implícito não.” [Moreira 2003, p. 6].

## **2.2. Ensino por Investigação**

O ensino por investigação se caracteriza como uma metodologia didática construtivista. Ela é uma metodologia didática por trabalhar com uma sequência de atividades/procedimentos que visam facilitar o processo de ensino-aprendizagem, e é considerada construtivista, pois o professor deve considerar os conhecimentos prévios e as realidades trazidos pelos alunos para a construção do conhecimento científico [Carvalho *et al.* 2013].

As principais bases teóricas do ensino por investigação estão nas teorias de Piaget e Vigotsky. Da teoria piagetiana Carvalho *et al.* (2013) destaca as principais contribuições como:

- A “importância de um problema para o início da construção do conhecimento” (p. 2),

- “o entendimento que qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior” (p. 2)
- A “necessidade da passagem da ação manipulativa para ação intelectual” (p. 3)
- A “importância do erro na construção de novos conhecimentos” (p. 3).

O ensino por investigação se utiliza da teoria vigotskiana, levando em consideração as condições reais de uma sala de aula que, normalmente, possuem um número muito grande de alunos. Para Carvalho *et al.* (Ibid), tal teoria trouxe:

- A “necessidade de prestarmos atenção no desenvolvimento da linguagem em sala de aula” (p. 4).
- A importância das atividades em grupo para facilitar a troca de ideias entre os alunos.
- “muito valor ao papel do professor na construção do novo conhecimento” (p. 5).

Segundo Azevedo (2004) os processos de ensino por investigação devem possuir as características de uma investigação científica, em que o aluno irá: observar, manipular, refletir, discutir, explicar e relatar os fenômenos estudado, portanto “Não podemos dizer que temos “método científico”, entretanto temos etapas e raciocínio imprescindíveis em uma experiência científica” [Carvalho *et al.* 2013, *grifo do autor* p. 7].

Vieira (2012) aponta quatro pontos básico para que um método possa ser considerado investigativo.

Os pressupostos básicos considerados neste trabalho para que o ensino se torne investigativo deve;

- fazer os alunos sentirem-se interessados em participar da investigação colocando uma ou mais questões que sejam interessantes para eles;
- oportunizar a elaboração de hipóteses para explicar o fenômeno estudado, estimulando sua cognição;
- oportunizar a discussão entre os alunos, bem como mecanismos para comprovarem ou refutarem suas hipóteses e,
- estabelecer uma relação entre os alunos e o professor, que se coloca como orientador, dando liberdade ao aluno no processo de construção do seu próprio conhecimento. [Vieira 2012, p. 48]

Levando em consideração um ensino com abordagem investigativa, Azevedo (2004) faz uma classificação desse modelo de ensino em: Demonstração Investigativa;

Laboratório Aberto; Problemas Abertos e Questões Abertas. Destas as que possuem um foco na atividade experimental são apenas as duas primeiras. Para Carvalho *et al.* (2013), as atividades investigativas podem ser classificadas em: Problema Experimental; Demonstração Investigativa e Problemas não Experimentais. De todas essas possibilidades, a metodologia dos Problemas Experimentais, descrita por Carvalho *et al.* (Ibid), foi escolhida por nós, por possuir como características a possibilidade do aluno manipular o aparato experimental e pode ser aplicado depois de uma abordagem teórica.

### 2.2.1. *Problema experimental*

Segundo Carvalho *et al.* (2013), as principais características de um material didático para ser usado em uma proposta de problema experimental são: Estar classificado como experimento quantitativo ou qualitativo; não oferecer riscos à segurança; ser intrigantes, ser de fácil manejo; permitir a resolução do problema e possibilitar o manejo de parâmetros físicos.

Listamos na tabela 2.1 os passos que consideramos importantes para desenvolver um ensino por problema experimental. Utilizamos como principal referência para a determinação desses passos o trabalho de Carvalho *et al.* (2013).

N	PASSO
1	<b>Proposição de uma Situação-Problema:</b> O professor inicia a atividade, apresentando para os alunos os materiais a serem utilizados no experimento e o problema a ser resolvido. Ele organiza, então, os grupos de alunos. O problema deve ser em forma de pergunta que possa gerar discussão, o que, em geral, envolve questões abertas.
2	<b>Resolvendo o problema:</b> Os alunos devem manipular os experimentos com a intenção de resolver o problema durante esse processo e durante este eles deverão levantar suas hipóteses e poderão testá-las. Durante a verificação experimental das hipóteses, estão ou não corretas, devem ser levadas em consideração. O professor deve verificar se os grupos entenderam o problema e permitir que eles trabalhem.
3	<b>Construção de Hipóteses:</b> Depois de observados os fenômenos no experimento, o aluno deverá construir uma hipótese ou explicação científica apoiado por algum material didático ou pelo conteúdo já trabalhado em sala de aula. É importante que o aluno registre sua hipótese de forma escrita.
4	<b>Sintetização dos conhecimentos:</b> Os alunos deverão registrar seus resultados e conclusões de forma escrita e/ou através de desenhos, de modo a sintetizar e organizar os conceitos e ideias que foram trabalhadas em sala de aula.
5	<b>Apresentação das conclusões à turma:</b> Os grupos são desfeitos, os experimentos recolhidos e o professor promove, então, uma socialização com todos os alunos. Nesse momento é importante que haja a sintetização do que foi visto em cada grupo, possibilitando ao aluno expressar a sua explicação para o fenômeno. Com isso, ele terá a oportunidade de ampliar seu vocabulário científico.
6	<b>Aprofundamento do conteúdo:</b> Cabe ao professor aprofundar as conclusões dos alunos e relacionar os conhecimentos construídos por eles com o conhecimento científico.

**Tabela 2.1** Erro! Indicador não definido.. Passos para desenvolver um problema experimental.

### 2.2.2. *O professor no ensino por investigação*

Para o professor, a proposta de um ensino por investigação é desafiadora, pois além de exigir uma mudança de sua postura em sala de aula, tal metodologia cobra que o professor se torne “[...] questionador, que argumente, saiba conduzir perguntas, estimular, propor desafios, ou seja, passa de simples expositor a orientador do processo de ensino.” [Azevedo 2004, p. 25].

Segundo Carvalho et al. (2013) em uma proposta de ensino por investigação, o professor irá trazer o problema para ser resolvido pelos alunos, e isso será o grande diferencial de uma aula expositiva para uma investigativa. Utilizando a teoria de Vigotsky como referencial teórico, Carvalho *et al.* (ibid) afirma que o papel do professor se destaca durante as interações socioculturais na sala de aula, onde a linguagem é usada “com a função transformadora da mente do aluno” (p. 4), é utilizando a linguagem que o professor atua para ajudar o aluno a resolver problemas mais elaborados que ele não resolveria sozinho.

Para ajudar no desenvolvimento do aluno, Azevedo (2004) diz que:

[...], o professor deve conhecer bem o assunto para poder propor questões que levem o aluno a pensar, deve ter uma atitude ativa aberta, estar sempre atento às respostas dos alunos, valorizando as respostas certas questionando as erradas, sem excluir do processo o aluno que errou, e sem achar que a sua resposta é a melhor, nem a única [Azevedo 2004, p. 32].

Na prática em sala de aula, Carvalho *et al.* (1998) destaca algumas das ações que o professor deve desenvolver em um ensino investigativo: propor as situações problemas; administrar matérias; zelar pela segurança dos alunos; perguntar; instigar e estimular o aluno para participar das aulas. Isso deve produzir um ambiente de ensino em que ocorra a investigação, possibilitando ao aluno liberdade para pensar, sentir e agir sobre o seu objeto de estudo.

### 2.2.3. *O aluno no ensino por investigação*

Durante a aplicação de um ensino por investigação o aluno deve possuir uma postura ativa e participativa. Para que isso seja possível, tal método deve possibilitar que o aluno seja atuante na resolução do problema proposto pelo professor. Portanto para Azevedo (2004), tal metodologia deve produzir uma mudança de atitude do aluno sobre o ensino.

Numa proposta que utilize a investigação com os objetivos descritos anteriormente, o aluno deixa de ser apenas um observador das aulas, muitas vezes expositivas, passando a ter grande influência sobre ela, precisando argumentar, pensar, agir, interferir, questionar, fazer parte da construção de seu conhecimento [Azevedo 2004, p. 24-25]

Para Carvalho *et al.* (2013), o papel de um aluno no processo de ensino e aprendizagem é maior do que a simples participação na construção de seu conhecimento, ele também auxilia na construção do conhecimento dos seus colegas.

Com o conceito de zona de desenvolvimento proximal podemos entender o porquê os alunos se sentem bem nesta atividade: estando todos dentro da mesma zona de desenvolvimento real é muito mais fácil o entendimento entre eles, às vezes mais fácil mesmo do que entender o professor. Além disso, como mostra o conceito, os alunos têm condições de se desenvolver potencialmente em termos de conhecimento e habilidades com a orientação de seus colegas [Carvalho *et al.* 2013, p. 5].

São nas atividades em grupo que as interações entre os alunos são potencializadas. No ensino por investigação, as atividades em grupos devem ser consideradas não como uma opção e sim com uma necessidade para a aprendizagem do aluno. Segundo Carvalho *et al.* (2013) as atividades em grupos dentro de sala de aula só serão eficazes em momentos “quando na atividade de ensino tiver conteúdos e/ou habilidades a serem discutidos, ou quando eles terão a oportunidade de trocar ideias e ajudar-se mutuamente no trabalho coletivo” [Ibid. p. 5].

### **2.3. Pontos comuns entre aprendizagem significativa e ensino por investigação**

Analisando a teoria da aprendizagem significativa e a metodologia do ensino por investigação é possível notar que eles possuem diversas características semelhantes. Estes pontos comuns nos levam a perceber que que ambos se fundamentam em pressupostos epistemológicos compatíveis.

Iremos aqui ressaltar os pontos comuns: origem no construtivismo, conhecimentos prévios, situação problema, disposição para aprender, relato dos resultados, uso de experimentos e o papel do professor, como sendo comuns a aprendizagem significativa e ao ensino por investigação. Existem outros aspectos comuns a elas que são ressaltados por Zompero e Laburú, (2010), porém consideramos esses setes pontos como os mais relevantes para esse trabalho.

### 2.3.1. *Origem no construtivismo*

O primeiro aspecto comum à aprendizagem significativa e ao ensino por investigação está associado às suas origens que, segundo Valadares (2011) e Cachapuz *et al.* (2005), são construtivistas.

Segundo Alves Filho (2000), o construtivismo é uma teoria de aprendizagem em que o aluno se utiliza de seus conhecimentos do cotidiano para construir seus novos conhecimentos. O mesmo princípio é perceptível tanto na aprendizagem significativa como no ensino por investigação.

A ideia de construção de conhecimento é amplamente utilizada por Carvalho, *et al.* (2013) e Azevedo, (2004) para designar o processo de aprendizagem no ensino por investigação. Acreditamos que essa abordagem retoma a sua origem nas teorias construtivistas de Piaget e Vigotsky. Segundo Moreira, *et al.* (1997) a aprendizagem significativa é uma teoria construtivista, pois o aluno constrói novos subsunçores durante o processo de aprendizagem, tal característica possibilita a compatibilidade entre a aprendizagem significativa e outras teorias construtivistas como o próprio ensino por investigação.

### 2.3.2. *Conhecimentos prévios*

Outro aspecto envolve os conhecimentos prévios dos alunos. Na teoria da aprendizagem significativa, quando esses conhecimentos são relevantes para a resolução de um problema, eles recebem o nome de subsunçores. São os subsunçores que interagem de maneira não arbitrária e não literal com os novos conhecimentos para formar novos subsunçores mais elaborados [Moreira 2010a].

No ensino por investigação “os conhecimentos prévios – espontâneos ou já adquiridos – devem dar condições para que os alunos construam suas hipóteses e possam testá-las procurando resolver o problema.” [Carvalho *et al.* 2013, p. 7], ou seja, o conhecimento prévio é um fator indispensável na compreensão do processo de aprendizagem. Portanto o professor durante sua atividade em sala de aula deve considerar os conhecimentos prévios dos alunos, pois são esses conhecimentos que darão suporte ao novo conhecimento [Carvalho *et al.* 1998].

### 2.3.3. *Situação problema*

Os alunos irão se utilizar de seus conhecimentos prévios na tentativa de solucionar as situações problema. Essas situações problema são definidas por Moreira (2017) como:

*Situação-problema*: significa tarefa, não necessariamente problema de fim de capítulo; pode ser a explicação de um fenômeno, de uma aparente contradição, a construção de um diagrama, as possibilidades são muitas, mas, independente de qual for a tarefa, é essencial que o aprendiz a perceba como um problema [Moreira 2017, grifo do autor, p. 44].

Quando aos alunos se propõe a tarefa de resolver novos problemas, a sua estrutura cognitiva se modifica, eles constroem novos subsunçores e isto capacita o aluno a resolver outros problemas mais elaborados. É durante “a resolução de problemas, em particular de situações problemáticas novas e não familiares que requeiram máxima transformação do conhecimento adquirido, [...]” [Ausubel *et al.* 1980, apud, Moreira 2002, p. 23] que teremos a principal evidência da aprendizagem significativa, ou seja, uma das evidencias<sup>1</sup> de aprendizagem significativa está em quando o aluno consegue resolver situações problemas novos não familiares.

Todo processo de resolução de problema deve:

[...] levar à explicação do contexto mostrando aos alunos que Ciências não é a natureza, mas leva a uma explicação da natureza. É nessa etapa que aparecem raciocínios científicos como “se” / “então”, relacionando duas variáveis e a eliminação de variáveis que foram levantadas como hipótese, mas que a realidade mostrou que não interferem no problema [Locatelli e Carvalho 2007 apud Carvalho *et al.* 2013, p. 7]

Dessa forma, todo processo investigativo deve partir de uma situação problema. Esta deve possibilitar ao aluno a criação de tese e hipóteses [Cañal e Porlan, 1987]. Para Azevedo (2004), o aluno “[...] diante de um problema colocado pelo professor, [...] deve refletir, buscar explicações e participar com mais ou menos intensidade [...] das etapas de um processo que leve a resolução do problema” (p. 21).

Portanto, no contexto escolar, as situações problemas podem ser utilizadas dentro de propostas metodológicas que fomentem tanto a participação do aluno de

---

<sup>1</sup> Quando nos referimos a “uma das evidencias” estamos levando em consideração que a não capacidade de resolução de um problema novo não significa necessariamente que ele não tenha aprendido significativamente, ou seja, o aluno pode ter aprendido significativamente e mesmo assim não conseguir resolver um problema novo [Ausubel 2000].

forma mais efetiva nas aulas como a utilização de seus subsunçores durante o processo de resolução do problema.

#### 2.3.4. *Disposição para aprender*

Tanto a aprendizagem significativa como o ensino por investigação trabalham com a ideia de que o aluno deve ter disposição para aprender [Zompero e Laburú 2010], porém as abordagens desse aspecto ocorrem de forma diferentes em cada um.

No ensino por investigação a disposição do aluno em aprender está diretamente ligada à sua participação nas atividades de resolução de problemas em sala de aula, nas quais o interesse do aluno surge quando ele se depara com um problema que está contido em sua cultura social, ou seja, é o problema que gera a disposição em aprender [Carvalho *et al.* 2013].

Na aprendizagem significativa é o próprio processo de aprender significativamente que desenvolve sentimentos afetivos positivos (o aluno se sente empoderado) [Moreira 1997], devido ao ganho de compreensão, isso promove uma disposição para aprender. O inverso também é válido: Quando o aluno não aprende significativamente, desenvolve sentimentos afetivos negativos (o aluno se sente incapaz), criando uma barreira, ou uma indisposição para aprender. Dessa forma a relação entre a aprendizagem significativa e a disposição do aluno em aprender ocorre de forma praticamente cíclica. Onde “a aprendizagem significativa requer predisposição para aprender e, ao mesmo tempo, gera este tipo de experiência afetiva” [Ibid. p.32].

Para [Moreira 2017], essas duas visões não são excludentes, mas complementares, pois “são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos”. Antes de o aluno aprender significativamente, deve ser-lhe apresentada a situação problema, ou seja, serão as situações problemas que inicialmente gerarão disposição do aluno em aprender significativamente. Depois surge o sentimento de empoderamento que deve levar o aluno a se tornar disponível para novos conhecimentos.

#### 2.3.5. *Relatos dos resultados*

Durante o ensino de ciências é comum a aprendizagem ser associada a capacidade do aluno em compreender e representar os conceitos através de modelos, gráficos e da matematização, porém o uso da linguagem (escrita e falada) é tão importante quanto as outras formas de representação dos conceitos [Moreira 2003]. Os relatos orais devem ocorrer com maior intensidade nos momentos das atividades em

grupos quando os alunos estarão interagindo com seus colegas e com o professor. Os relatos escritos serão trabalhados durante a elaboração do relatório individual escrito que será entregue ao professor [Carvalho *et al.* 2013].

No ensino por investigação as atividades em grupo possibilitam as trocas de ideias (negociação de significados) entre os membros do grupo. Isso contribui para gerar, classificar, compartilhar e distribuir ideias, um processo que ocorre normalmente utilizando a linguagem falada. Entretanto, são nas atividades de relato escrito que o conhecimento se organiza, consolida tornando-se mais coerente e bem estruturado, dessa forma “O registro escrito é um importante instrumento de aprendizagem na construção pessoal do conhecimento. O uso da escrita é importante para a retenção de conhecimentos científicos desde que a discussão entre os alunos tenha ocorrido.” [Oliveira e Carvalho 2005, p. 350]

Dentro do ensino por investigação deve ser oportunizada a socialização das ideias e resultados, porém o professor deve estar atento que os alunos sejam coerentes nesta exposição.

Observamos que, quando os alunos têm oportunidade de expor suas ideias, elaborar hipóteses, questionar e defender seus pontos de vista, as ideias que surgem nas respostas são diferentes, relacionadas às conversas ocorridas nos diferentes grupos de estudantes, ficando o professor com a função de acompanhar as discussões, provocar, propondo novas questões e ajudar os alunos a manterem a coerência de suas ideias [Duschl 1998 apud Azevedo 2004 p. 25]

Para Zompero e Laburú (2010), a escrita de relatórios por parte dos alunos durante o ensino por investigação também está associada à aprendizagem significativa. Nestas atividades, o aluno deve sintetizar seus conhecimentos e expressar o que entendeu, e é nesse momento que são evidenciados os significados adquiridos (conhecimento explícito) durante o processo investigativo. É importante lembrar que a simples reprodução literal de um texto ou da fala do professor, no relato, não configura aprendizagem, os alunos devem expressar o que eles entenderam.

### 2.3.6. *Uso de experimentos*

Tradicionalmente, durante o ensino de ciências, são trabalhados três aspectos considerados principais: o conhecimento teórico, as práticas de laboratório e a resolução de problemas. Essa distinção dos aspectos é uma artificialidade, pois “[...] o

conhecimento científico é produzido através da interação entre o domínio conceitual e o metodológico” [Moreira 2002, p. 22].

Para Moreira (2003) o Ensino de Ciências pode ser facilitado através de situações problemáticas experimentais.

No ensino de ciências, por exemplo, seria mais fácil para o aluno lidar com situações problemáticas experimentais, pois poderia percebê-las diretamente e construir modelos mentais não só funcionais para si mesmo, mas também coerentes com os modelos conceituais científicos que se lhe quer ensinar. [Moreira 2003, p. 9]

Quando se trata de experimentos em sala de aula, devemos lembrar que eles sempre serão potencialmente significativos. Então, podemos dizer que, no aspecto cognitivo, embora a utilização de experimento durante as aulas não garanta a aprendizagem significativa, ela pode facilitar a mesma.

Para Carvalho *et al.* (2013), a atividade experimental é importante como ações manipulativas de parâmetros físicos, podendo ser utilizada durante construção de novos conceitos. Durante o ensino por investigação o professor pode valer-se do experimento como parte da metodologia para transformar a simples ação manipulativa em ação intelectual.

Dessa forma, seja na aprendizagem significativa ou no ensino por investigação, a utilização de experimentos não deve ser a finalidade do ensino. O experimento deve ser entendido como: um meio para melhorar a explicação do professor sobre o fenômeno estudado; facilitar a construção de modelos mentais; levantar hipóteses e explicações mais verdadeiras [Cachapuz *et al.* 2005].

### 2.3.7. *Papel do professor*

O professor tem papel fundamental em qualquer teoria de aprendizagem, sendo imputado a ele diferentes ações e atitudes. Buscaremos aqui apontar as principais ações e atitudes do professor, dentro das interações sociais em sala de aula, que devem nortear a aplicação do ensino por investigação com o objetivo de fomentar uma aprendizagem significativa.

Iniciaremos com as atribuições do professor em uma aprendizagem significativa:

1- O professor desenvolve o processo de ensino na zona cinza do contínuo entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa. Então suas ações podem conduzir o aluno para uma aprendizagem mais significativa ou mecânica [Moreira 2010b].

2- O professor deve diminuir sua fala para promover a participação do aluno, isso ocorre quando o professor incentivar a discussão, a negociação de significados, a apresentação dos resultados dos alunos para a turma e permite aos alunos receber e fazer críticas [Ibid].

3- O professor tem papel de mediador, provedor e estimulador das interações entre o aluno e as situações problemas [Moreira 2002].

4- O professor deve organizar o ensino provendo situações potencialmente significativas e mediar a captação e a negociação de significados [Moreira 2017].

No ensino por investigação destacamos:

1- O professor é responsável por trazer as situações problemas, administrar os materiais do experimento e zelar pela segurança dos alunos [Carvalho *et al.* 1998].

2- O professor precisa assumir uma nova postura em sala de aula, passando a ser questionador, saber conduzir perguntas, estimular e propor desafios [Azevedo 2004].

3- O professor deve estimular a participação do aluno valorizando as respostas corretas e questionando as respostas erradas [Ibid].

4- O professor deve conduzir as aulas oportunizando aos alunos um ambiente investigativo, em que haja liberdade para pensar, sentir e agir sobre as situações problemas [Carvalho *et al.* 1998].

Portanto, as duas teorias deixam claro que a função do professor, como agente de interações sociais, é fundamental no processo de aprendizagem, porém o ensino deve estar focado no aluno e o professor passa a assumir a função de guia, tutor ou orientador, que deve produzir um ambiente propício para o aluno construir seu conhecimento.

### 2.3.8. *Resumo sobre os pontos comuns entre aprendizagem significativa e ensino por investigação*

Para sintetizar a relação entre as características da aprendizagem significativa e do ensino por investigação organizamos a tabela 2.2 com os setes pontos comuns entre as duas teorias.

Aspectos comuns.	Aprendizagem significativa.	Ensino por investigação.
Origem no construtivismo	Surge como teoria construtivista, pois o aluno se utiliza de seu subsunçor para adquirir novos conhecimentos, também possui características comuns a outras teorias construtivista como o ensino por investigação.	Surge como uma metodologia didática de ensino apoiado pelas teorias construtivistas de Piaget e Vigotsky.
Conhecimentos prévios	Só terá aquisição de novos conhecimentos se houver conhecimentos prévios que se relacionem de forma não literal e não arbitrária com o novo conhecimento. [Moreira 2017]	Sem conhecimentos prévios não será possível construir hipóteses e testá-la durante o processo investigativo. [Carvalho <i>et al.</i> 2013]
Disposição para aprender	Existe em uma relação cíclica entre a disposição em aprender e aprendizagem significativa, a disposição em aprender leva à aprendizagem significativa que cria no aluno um sentimento positivo gerando uma disposição em aprender.	A predisposição em aprender surge de um problema contextualizado com a realidade do aluno. Deve levar o aluno a uma participação efetiva do processo de ensino.
Situações problemas	As Situações problemas auxiliam na construção de novos conhecimentos. É durante a resolução de novas situações problemas que se evidencia a aprendizagem significativa.	O Método investigativo deve iniciar com uma situação problema que possibilite ao aluno atuar sobre seu objeto de estudo, facilitando a construção de seu conhecimento científico.
Relatar seus resultados	Os relatos estão associados ao uso da linguagem, o que possibilita a negociação de significado de forma oral ou escrita.	Os relatos fazem parte da metodologia por possibilitar a construção dos conhecimentos sociais e pessoais.
Experimento	Os experimentos podem facilitar a aprendizagem, contribuindo para a construção de modelos mentais. Só podem ser potencialmente significativos.	Os experimentos podem iniciar a metodologia através de uma situação problema experimental, permitindo inicialmente ações de manipulação para depois se trabalhar com o intelectual.
Professor	O professor atua tornando o aluno o centro do processo de ensino e aprendizagem, negociando significados com eles e verificando se estes estão de acordo com o modelo científico. Também propõe diferentes abordagens para os processos de renegociação de significados.	O professor propõe as atividades para os alunos que estimulem sua participação no processo de construção de seu conhecimento. Também verifica se as respostas dadas pelos alunos às situações problemas estão corretas ou erradas, assim conduzindo para um conceito científico.

**Tabela 2.2.** Pontos comuns entre aprendizagem significativa e ensino por investigação.

## 2.4. Experimentação

Na subseção 2.4.6 abordamos a importância da experimentação como atividade pedagógica para o desenvolvimento, no aspecto cognitivo, da aprendizagem significativa bem como no aspecto metodológico da implementação de um ensino por investigação. Aqui buscaremos ressaltar as atividades experimentais como possíveis respostas a problemas crônicos da educação em ciências e ferramenta pedagógica na construção do conhecimento em sala de aula.

As atividades experimentais são reconhecidas tanto por alunos e professores como sendo importantes para o processo de ensino e aprendizagem, pois estimula a participação, curiosidade e o interesse do aluno, favorecendo a construção de conhecimento, bem com a apropriação de um ambiente educacional motivador, agradável e estimulante [Araújo e Abib 2003]. Apesar de os professores reconhecerem as vantagens da atividade experimental, ainda é possível perceber resistência à implementação efetiva da atividade de laboratório em sala de aula [Borges 2002].

Para Coelho *et al.* (2008 *apud* Pena, 2009) e Pena e Ribeiro Filho (2009) e Borges (2002), as principais causas para a não utilização de experimento, por parte dos professores da educação básica, são: 1- falta de apoio material e pedagógico, 2- limitação na formação acadêmica, 3- falta de recursos para aquisição de componentes e materiais de reposição, 4- falta de tempo do professor para planejar as atividades e 5- laboratório fechado e sem manutenção.

Outro problema apresentado por Seré *et al.* (2003) está no enfoque dado aos experimentos durante a sua aplicação em sala de aula. Esses enfoques podem ser clássicos (tradicionais) ou inovadores. Na abordagem clássica, os experimentos são meras repetições de roteiros e coletas de dados (receita de bolo), segundo Espejo (2017), esse enfoque ainda se encontra nos meios educacionais. Em um enfoque inovador, o experimento se torna um instrumento pedagógico de mediação entre professor, aluno e conteúdo, deixando de ser um objeto a ser ensinado e passa a ser uma ferramenta didática [Alves Filho 2000]. Dessa forma, a atividade experimental deve ser abordada em sala de aula como ferramenta pedagógica que busque primordialmente a construção do conhecimento [Rosa e Rosa 2012]. Tais ideias também são consonantes com as propostas da teoria da aprendizagem significativa e do ensino por investigação.

As pesquisas na área de ensino com experimentação têm apontado como possível solução, para alguns dos problemas citados pelos professores, a utilização de

experimentos de baixo custo, pois os mesmos possuem características que permitem sua aplicação em diferentes contextos escolares [Araújo e Abib 2003].

#### 2.4.1. *Vantagem da utilização de experimento de baixo custo*

Em pesquisa realizada por Laburú (2005), os professores escolhem as atividades experimentais para serem usadas em sala de aula levando em consideração os seguintes critérios:

Motivacional – professores buscam experimentos que chamam a atenção do aluno, gerando no mesmo o interesse por compreender o fenômeno. Nesse aspecto, nota-se uma preocupação dos professores em centrar as atividades no aluno.

Funcional (aplicabilidade) – docentes buscam experimentos que possam ser implementados em sala de aula e que sejam de fácil manuseio e montagem. Neste sentido, seleciona-se atividades de rápida execução que não gerem riscos para os alunos.

Instrucional – professores procuram por experimentos que facilitem o processo de ensino e aprendizagem. “A prática experimental deve facilitar a explicação, a apresentação dos conceitos e modelos [...]. Em síntese, equipamentos ou experimentos que agregam vários conteúdos, habilidades e, ainda, por exemplo, trabalhe com a tecnologia, cotidiano, entre outros aspectos, têm escolha preferencial do que aqueles que dão uma opção única.” [Ibid. p. 166].

Epistemológico – “tende a dar um apelo forte para a construção do conhecimento, ou, mais especificamente, para a capacidade da formulação teórica em tratar a realidade. A ênfase epistemológica aponta para uma disposição em realizar atividades experimentais que estabeleçam uma relação entre empírico versus construção teórica e de demonstrar as implicações das teorias e leis.” [Ibid. p. 167]

Todos esses aspectos podem ser contemplados pelas atividades experimentais de baixo custo, entretanto, levando em consideração as características educacionais do sistema público de educação, o argumento de funcionalidade é o que tornaria os experimentos de baixo custo tão atraentes, pois segundo Laburú *et al.* (2008), em muitos contextos escolares o uso de um laboratório estruturado com equipamentos é algo inviável, devido ao alto custo de aquisição e manutenção dos equipamentos que, muitas vezes, são de grande porte, o que impõe dificuldades tanto ao transporte deste e, em outros casos, insuficiência de materiais para grandes turmas. Nesse aspecto, os experimentos de baixo custo possuem vantagem em sua utilização que são apontadas por Laburú *et al.* (ibid).

1. Possibilidade de construção pelos próprios alunos.
2. Baixo custo de manutenção e aquisição, portanto reposição imediata de peças e equipamentos;
3. Facilidade de manuseio;
4. Estar ao alcance das destrezas manuais de professores e alunos;
5. Segurança de trabalhar com equipamentos que são dominados pelos professores;
6. Possibilidade de favorecer a relação de alunos e professores com os materiais;
7. Possibilidade de utilização em diferentes ambientes escolares.

É importante ressaltar que a abordagem dada ao experimento não está associada ao material utilizado, ou seja, uma atividade experimental inovadora pode utilizar equipamentos de laboratório ou materiais de baixo custo. Porém, a utilização de experimentos de baixo custo pode facilitar a inserção da atividade experimental em diferentes contextos escolares, pois os mesmos possuem características que facilitam sua execução [Araújo e Abib 2003]. Portanto, o enfoque inovador da atividade experimental está na metodologia de sua aplicação [Seré *et al.* 2003].

Portanto as propostas experimentais devem ser algo flexível e que se adapte às diferentes realidades e necessidades dos professores e alunos de determinado contexto escolar. Nesse sentido, os projetos devem ir ao encontro das necessidades diárias dos professores, permitindo a estes a customização dos experimentos de acordo com as circunstâncias locais [Seré *et al.* (2003) e Barab e Luehmann (2003) *apud* Gouw *et al.* 2013].

#### 2.4.2. *Revisão bibliográfica*

Desenvolveremos nesta secção trabalhos que utilizaram experimentos de eletrostática e eletromagnetismo com aparato experimental semelhante com o Capacitor a Alta Tensão e a Balança de Corrente em Campo Magnético. Durante as citações desses trabalhos ressaltaremos algumas semelhanças e diferenças entre eles e o nosso produto.

##### 2.4.2.1 *Experimentos com Capacitor*

Durante as nossas pesquisas não encontramos nenhum trabalho que possua uma proposta de aparato experimental parecido com o Capacitor de Alta Tensão. Alguns trabalhos como os de Beilner e Muchenski (2015) e Rocha Filho *et al.* (2005) tratam de capacitores no aspecto de determinação de capacitância ou análise do campo elétrico,

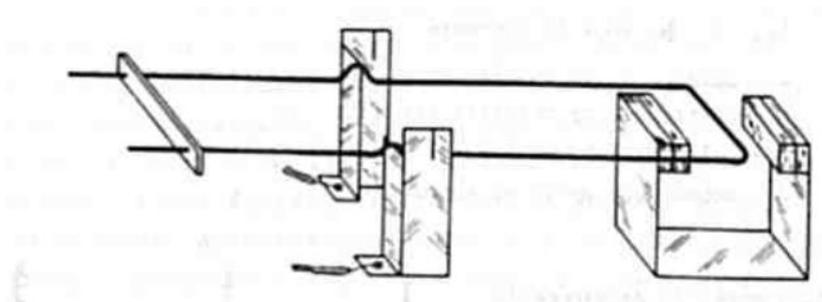
porém nenhuma desses propõe observar o movimento de materiais condutores entre as placas, a comparação da descarga entre as placas com a formação de raios e não trabalham o processo de eletrização por contato.

Outros trabalhos também apresentam uma proposta de ensino para os conceitos de eletrostática, processos de eletrização, campo elétrico uniforme e força elétrica dentro de uma contextualização experimental relacionados à formação de raios [Laburú *et al.* 2008 e Andrade 2017], entretanto seus aspectos procedimentais experimentais não são relacionados a placas paralelas ou a um capacitor.

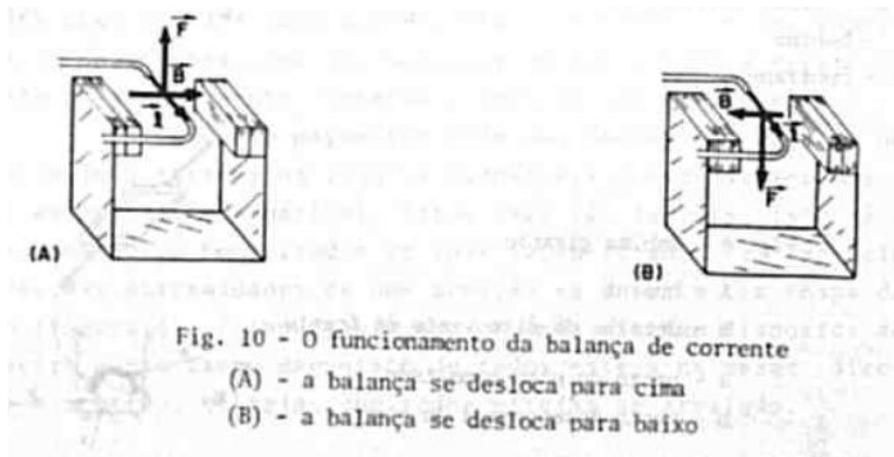
#### 2.4.2.2 Experimentos com Balança de Corrente em Campo Magnético

Os trabalhos que estão apresentados abaixo foram escolhidos por dois critérios: 1- A estrutura do aparo experimento proposto deve possuir semelhança com a estrutura do trabalho. 2 – Os trabalhos devem ter como proposta trabalhar com as variáveis campo magnético, corrente elétrica e força eletromagnética.

A proposta mais antiga de uma balança de corrente em campo magnético como ferramenta didática foi realizada por Gaspar 1990. O esquema dessa balança pode ser visto na Imagem 2.1, composta pela estrutura da balança: em uma extremidade fica um contrapeso e na outra extremidade estão ímãs em forma de U, enquanto que ao meio, fica a dobra para apoio no suporte que também servirá de conexão elétrica. Na Imagem 2.2 temos uma representação dos vetores campo magnético, força e corrente elétrica relativos à Situação empírica descrita de maneira teórica.



**Imagem 2.1.** Balança de corrente proposta por Gaspar em 1990. Fonte: *Gaspar (1990)*



**Imagem 2.2.** Funcionamento da balança proposta por Gaspar. Fonte: *Gaspar (1990)*.

O trabalho de Gaspar. é semelhante ao nosso, pois enfatiza o movimento da balança; possui uma abordagem qualitativa; possibilita mudanças na direção no campo magnético, e trabalha com materiais de baixo custo. Entretanto, com as diferenças de a corrente ter sentido único, a estrutura ser dotada de maior simplicidade, e os ímãs estarem fixos, o que limita a liberdade do aluno em manipulá-los.

O trabalho de Fernandes (2015) consiste na elaboração de um produto educacional composto por um dispositivo que mensura a força eletromagnética através de uma balança digital. Ele trabalha com uma balança de corrente em que um fio condutor percorrido por uma corrente está inserido dentro de um campo magnético, esse esquema pode ser visto na imagem 2.3.

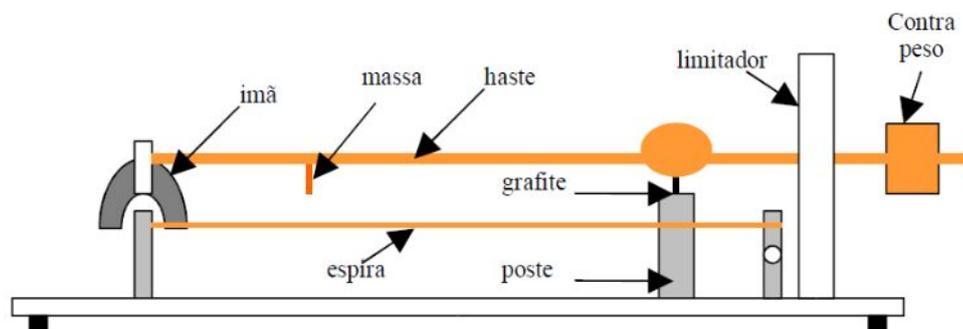


**Imagem 2.3.** Esquema do produto de Fernandes (2015). Fonte: *Fernandes (2015)*.

A proposta de Fernandes (ibid) possui os seguintes pontos comuns com o nosso trabalho, quais sejam: as Balanças podem ser consideradas de baixo custo; foi aplicado

em uma sequência didática. As diferenças são que a balança não se movimenta, o ímã é fixo e existe uma forte ênfase matemática<sup>2</sup>.

Outra proposta com estrutura semelhante a nosso foi a de Mustafa *et al.* (2018) como mostra a imagem 2.4. Nesse esquema o ímã em formato de U fica na estrutura móvel, enquanto o fio fica fixo na base.



**Imagem 2.4.** Perfil do esquema da balança de Mustafa *et al.* (2018). Fonte: Mustafa *et al.* (2018).

As semelhanças entre nossa proposta e a de Mustafa só que é possível movimentar a balança e utilizou-se o mesmo suporte (lápiz). As diferenças são que possui uma abordagem quantitativa, o ímã é fixo na parte móvel (o que dificulta a mudança no campo magnético) e não pode ser considerada um experimento de baixo custo.

---

<sup>2</sup> Usaremos o termo “Ênfase Matemática” no mesmo sentido que Araújo e Abib (2003) utilizam para “nível de matematização e de utilização do formalismo matemático, classificando-se os trabalhos neste momento em Qualitativos e Quantitativos.” [Ibd p. 178]

## Capítulo 3 - Metodologia

Nesse capítulo descreveremos a metodologia de aplicação do produto educacional especificando as metodologias que foram utilizadas para analisar os relatos dos alunos, os aspectos técnicos de construção do aparato experimental, as mudanças feitas na estrutura com intenção de aperfeiçoar os experimentos e os conteúdos de física trabalhados durante a aplicação do produto. Também relataremos as características dos locais de aplicação e os três contextos de aplicação do produto de forma que o leitor possa identificar os passos de uma sequência didática de ensino por investigação.

### 3.1. Metodologia de análise

A metodologia desse trabalho parte dos princípios construtivistas das teorias de aprendizagem significativa e do ensino por investigação. A análise dos dados coletados durante a aplicação dos experimentos foi de cunho qualitativo [Moreira 2016]. Para o experimento de eletrostática iremos analisar três aspectos: sua ludicidade, sua reprodutibilidade e sua potencialidade em ser significativo. Para o Experimento de eletromagnetismo iremos analisar apenas sua potencialidade em ser significativo.

As análises das atividades foram divididas em três contextos diferentes, cada qual observando um aspecto do processo ensino-aprendizagem, listados abaixo, onde também são citadas as ferramentas utilizadas para coleta de dados.

- 1- No primeiro contexto buscamos saber se o experimento do *Capacitor* foi bem aceito como possível ferramenta pedagógica para ser utilizada pelos alunos da graduação em LIMF/UFOPA. Para obtermos essa informação iremos analisar a fala desses alunos durante uma entrevista em grupo focal que ocorreu depois da aplicação do experimento.
- 2- No segundo contexto buscamos saber como os alunos de uma escola pública localizada no centro de Santarém reagiram a um primeiro contato com o *Capacitor*, ou seja, focaremos na questão lúdica da atividade. Para isso analisamos as respostas dos alunos para a sétima questão do questionário (Apêndice B) e a atitude dos alunos durante a aplicação dos experimentos.

É importante ressaltar que nas duas primeiras aplicações o objetivo das aulas foi proporcionar melhores condições de ensino-aprendizagem dos conteúdos de física. Porém, ficou a cargo dos professores titulares das turmas realizarem as devidas avaliações. Para nós o que interessa analisar nesses dois contextos são os aspectos de reprodutibilidade e ludicidade.

Outro motivo para a não avaliação da aprendizagem dos alunos, nos dois contextos acima, consiste em entendermos que nesses dois casos não seria possível distinguir o que foi aprendido por influência do experimento e o que foi aprendido por influência das atividades docentes dos professores titulares das turmas.

- 3- No terceiro contexto buscamos observar se as atividades pedagógicas, utilizando os experimentos, dentro do contexto proposto de um ensino por investigação, geram nos alunos indícios de aprendizagem significativa. Para essa análise iremos utilizar os relatos escritos pelos alunos e as respostas do questionário 2 (ver apêndice C). Nos relatos iremos fazer a análise de conteúdo proposta por Bardin (1977) e Moraes (1999). Para o questionário iremos utilizar análises estatísticas simples.

### **3.2. Construção dos Experimentos**

Para melhor organizar as ideias e sequências de cada experimento, os dividimos nas subseções abaixo, porém é importante lembrar que o processo de escolha e construção dos dois experimentos ocorreram de forma concomitante.

As duas atividades foram construídas com a proposta de serem experimentos de baixo custo, com flexibilidade na execução, abordando diversos conceitos e possuindo características que possibilitem sua aplicabilidade em diferentes contextos. Acreditamos que estas características contribuam para facilitar os processos de ensino dos conceitos de eletrostática e eletromagnetismo, para as diferentes realidades educacionais da região amazônica.

#### *3.2.1. Descrição do Experimento do capacitor*

Os materiais necessários para montar um Capacitor a Alta Tensão estão descritos na Tabela 3.1. Com suas respectivas quantidades, especificações, e valores estimados de cada Item.

Materiais	Quantidade	Especificações	Custo estimado (R\$)
Fita adesiva	1	Largura 4,5 cm	2,00 – 3,00
Raquete elétrica	1	Tensão de saída 2800V a 3000V, Potencia 1 W.	15,00 – 25,00
Capa de caderno ou Placas de papelão.	2	19 cm x 28 cm	0,00
Borracha escolar ou Pedacos de isopor.	12 – 24	5 cm x 1,7 cm x 0,7 cm	3,00 – 4,00 ou 0,00
Papel alumínio	1 rolo	14 cm x 17 cm	3,00 – 4,00
Fios condutores	2	50 cm	0,00
Clipes	2	Nº 2/0	0,10
		Total	20,10 – 36,10

**Tabela 3.1.** Materiais necessários para a montagem do Capacitor de Alta Tensão.

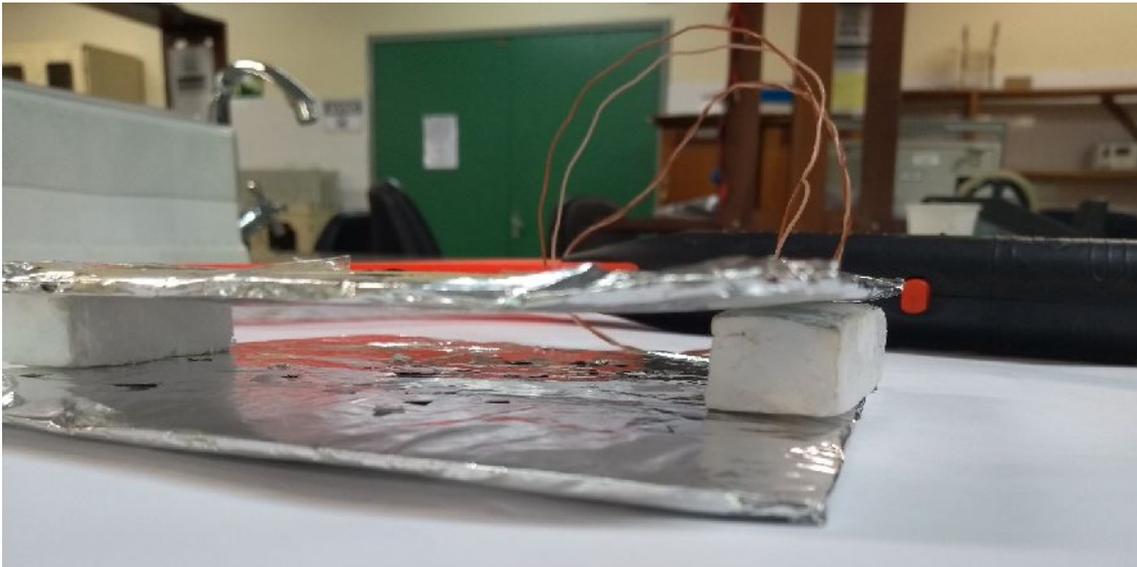
A estrutura do aparato experimental segue o esquema mostrado na imagem 3.1. As duas placas estão na horizontal, separadas por duas a quatro borrachas escolares, com espessura de 0,7 cm, que corresponde a uma distância entre placas entre 1,4 a 2,8 cm. Papelotes de alumínio picado são depositados sobre a placa inferior, com tamanhos (0,5 cm X 0,5 cm) menores que a distância entre as placas (caso contrário eles fariam a conexão elétrica entre as duas placas, descarregando-as). Por fim conecta-se as placas à raquete utilizando os fios elétricos e os *clips*.



**Imagem 3.1.** Capacitor de Alta Tensão Aplicado no SOME. Fonte: *os autores*.

### 3.2.1.1. Histórico da construção do capacitor.

Durante o processo de aplicação do *capacitor*, foram realizadas várias reformulações tanto em relação à estrutura quanto à execução do experimento, de forma a proporcionar melhorias no projeto original. Acreditamos que outras melhorias podem ser feitas, entretanto consideramos o modelo final com boa completeza. A imagem 3.2 mostra o primeiro modelo aplicado e a imagem 3.1 mostra o último modelo que foi utilizado no SOME.



**Imagem 3.2.** Capacitor de Alta Tensão aplicado na turma de Matemática – física. Fonte: *os autores.*

Nas sequências entre os vários contextos de aplicação foram feitas as seguintes mudanças: 1 - O separador entre as placas, que eram pequenos paralelepípedos de isopor, passou a ser borrachas escolares. Tal alteração permitiu variar a distância entre as placas de forma mais fácil. 2 – O tamanho das placas se tornou maior, o que possibilitou aumentar a distância entre elas, o que também mantém os papelotes por mais tempo dentro do capacitor, já que estes ficam “pulando” entre as placas de forma aleatória, eventualmente escapando da região entre elas. 3 – Retiramos as cabeças das raquetes, isso facilita o transporte e impossibilita descargas que poderiam ocorrer através das grades da cabeça da raquete.

### *3.2.1.2. Conteúdos de física relacionados ao Capacitor.*

O capacitor de alta tensão pode ter algumas de suas características alteradas com a intenção de trabalhar conteúdos específicos. Consideramos as seguintes situações para o capacitor de alta tensão: Capacitor (o mesmo proposto na sessão 3.2.1), Fita isolante na placa de cima, Bolinhas de papelotes e Mudando a distância entre as placas.

#### ➤ Capacitor

Quando energizamos o capacitor, carregando-o, a densidade de cargas nas placas gera um campo eletrostático uniforme entre as mesmas, excetuando a região próximo às suas bordas. O sentido do campo eletrostático será determinado pelo sinal dos

portadores de carga, “saindo”<sup>3</sup> das cargas positivas para as negativas. Como o alumínio é um material condutor, o contato entre os papelotes deste material com a superfície da placa de baixo eletriza-os por contato, com cargas de mesmo sinal da placa.

Os papelotes de alumínio carregados sofrerão a ação de uma força (eq. 3.1) eletrostática por efeito do campo elétrico existente entre as placas do capacitor. Esta força acelerará os papelotes preferencialmente para cima, em direção à placa superior. Uma pequena força lateral é responsável por, eventualmente, lançar os papelotes para fora da região entre as placas (Imagem 3.3).

A força elétrica resultante que atua nos papelotes, sendo corpos extensos carregados dentro do campo elétrico produzido pelas placas do capacitor, é bastante complexa, haja vista ser a distribuição de cargas na superfície e extremidades dos papelotes, onde existe efeito de borda não desprezível, também bastante complexa.

Podemos, entretanto, aproximar a componente da força elétrica resultante na direção perpendicular às placas,  $F = F_z$ , pela expressão,

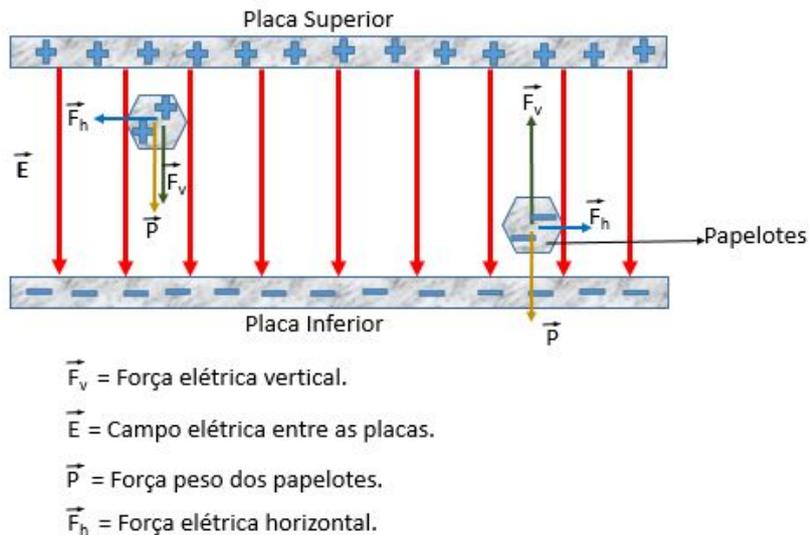
$$F = \alpha_1 Q_p \cdot E \quad \text{eq.3.1}$$

onde  $E$  é o campo elétrico entre as placas,  $Q_p$  é a carga elétrica total nos papelotes e  $\alpha_1$  um fator que depende da geometria dos papelotes.

Quando tocam a placa superior os papelotes irão sofrer novamente eletrização por contato, de maneira que a força eletrostática agora será direcionada para baixo, contribuindo com a força peso para acelerar os papelotes. Quando os papelotes entram e contato com a placa de baixo todo o processo reinicia, formando um ciclo (Imagem 3.3).

---

<sup>3</sup> O verbo sair, no gerúndio, foi posto entre aspas, pois de forma literal indica ideia de movimento. Aqui o usamos para dar uma ideia qualitativa e conceitual da orientação do Campo Elétrico no Espaço.

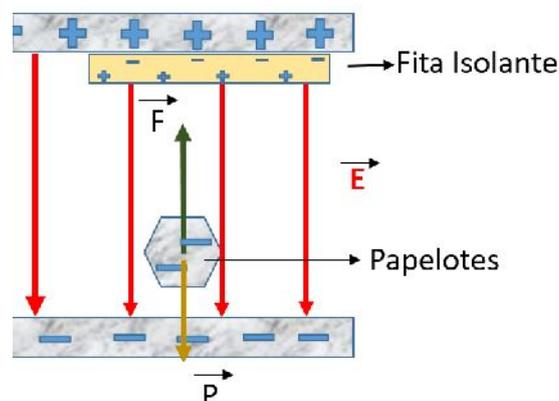


**Imagem 3.3.** Representação vetorial da componente vertical do campo elétrico, das forças elétricas e da força peso. Fonte: *os autores*.

- Fita isolante na placa de cima.

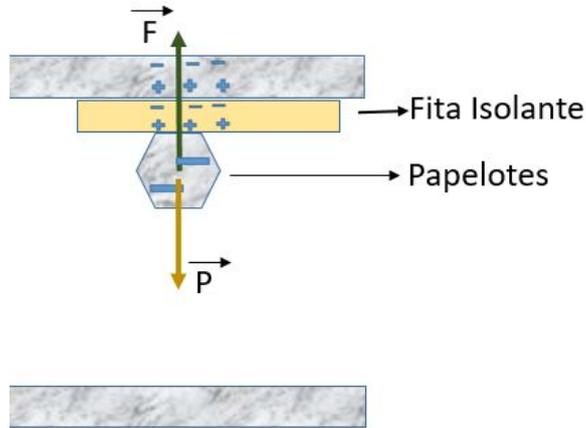
Com a mesma montagem descrita anteriormente colamos um pedaço de fita adesiva na placa superior. Percebe-se que os pedaços de papel que tocam a placa superior na região da fita adesiva ficam “grudados”. Tal mudança permite trabalhar com os conceitos: materiais *condutores* e *isolantes elétricos* e *atração e repulsão* entre corpos carregados e neutros.

Quando os papelotes chegam na placa de cima o processo de eletrização por contato não ocorre, pois a fita adesiva, que é um material isolante, não permitirá que isto aconteça, portanto os papelotes permanecerão carregados com cargas de mesmo sinal que a placa de baixo, de maneira que a força eletrostática induzida pelo campo elétrico continuará sendo exercida para cima e, sendo maior que o peso do papelote, irá mantê-lo “colado” à placa superior (imagem 3.4).



**Imagem 3.4.** Representação das forças com a inserção da fita isolante. Fonte: *os autores*.

Mesmo depois de descarregar as placas os papelotes continuam grudados (com força de atração), pois o campo elétrico criado pelos papelotes carregados gera uma polarização na fita isolante e na placa metálica, o que mantém uma força de atração entre a placa e fita com os papelotes (imagem 3.5).



**Imagem 3.5.** Atração entre a fita e os papelotes mesmo as placas não estando carregadas. Fonte: *os autores*.

➤ Bolinhas de alumínio

Outra proposta de mudança no experimento é a utilização de bolinhas ao invés de usar pedaços de papel alumínio na forma de papelotes. Mantendo as mesmas configurações experimentais é perceptível que as bolinhas não se deslocam entre as placas.

Podemos supor que a quantidade de carga,  $Q_p$ , em um pequeno objeto sobre as placas do capacitor seja proporcional à área de sua superfície,  $A$ , portanto,

$$Q_p = \beta \cdot A \quad \text{eq. 3.2}$$

onde  $\beta$  uma constante que depende da geometria do objeto.

Admitindo que o fator geométrico seja da ordem das dimensões dos próprios objetos – o comprimento dos lados,  $L$ , para os papelotes, e o raio da esfera,  $r$ , para as bolinhas, que possuem a mesma ordem de grandeza. Ademais, observando que, ao amassarmos uma folha de papel quadrada, de lado  $L$ , em formato de uma esfera, de raio  $r$ , teremos uma razão  $L/r \approx 10$ , entre suas dimensões lineares e de  $A_p/A_b \approx 15$  entre suas dimensões superficiais. Deste modo, teremos aproximadamente, de acordo com a eq. 3.1,

$$\frac{F_p}{F_b} \approx \frac{A_p}{A_b} \approx 10^1$$

Ou seja, sob as mesmas condições, a força elétrica resultante nos papelotes é ao redor de uma ordem de grandeza maior que a força nas bolinhas de alumínio.

Deste modo, as mesmas condições de contorno que fazem os papelotes subirem não o farão necessariamente com as esferas de alumínio, conforme é observado na experiência.

➤ Mudando a distância entre as placas.

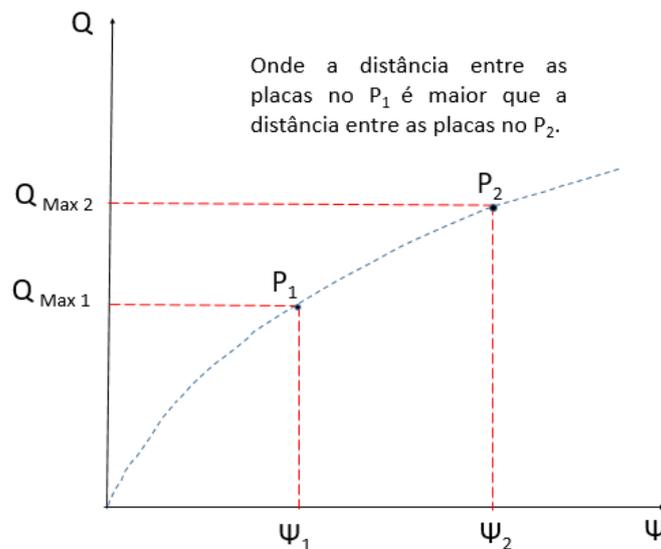
Com a adição de mais espaçadores (borracha) aumenta-se a distância entre as placas até que o movimento dos papelotes cessa. Isso ocorre devido à diminuição na força elétrica que está associada a dois fatores (eq. 3.1), quais sejam, o campo elétrico e a carga nos papelotes.

O módulo do campo elétrico médio é dado pela expressão [Halliday *et al.* 2009],

$$E = \frac{\Delta V}{\Delta z} \quad \text{eq. 3.4}$$

onde  $\Delta V$  é a diferença de potencial entre as placas e  $\Delta z$  a distância entre as placas.

Para descrever a possibilidade ou não de movimento dos papelotes, observamos que, para condições de contorno pré-definidas, o experimento impõe um valor máximo para a carga,  $Q_{max}$ , que se pode depositar no papelote caso este fique preso à superfície do capacitor. O gráfico 3.1 mostra dois valores diferentes para  $Q_{max}$  em função de  $\psi$ , que pode representar qualquer uma das grandezas: o campo elétrico ( $E$ ), a densidade de carga ( $\sigma$ ), o gradiente do potencial ( $\nabla V$ ) ou o inverso da distância entre as placas ( $1/Z_0$ )



**Gráfico 3.1.** Representação das relações entre carga máxima e  $\psi$ .

Quando se passa da situação 1 para a 2, de  $P_1 \rightarrow P_2$  no gráfico 3.1, diminuindo a distância entre as placas, o valor do campo elétrico aumenta, assim como a densidade de cargas e o gradiente do potencial elétrico, o que provoca também aumento no valor da carga máxima.

Quando este valor for maior que a carga mínima,  $Q_{min}$ , necessária para acelerar o papelote para cima, então o movimento acontecerá, caso contrário, não acontecerá.

A força resultante vertical,  $R$ , no papelote é dada pela expressão,

$$R = F - (P + F_c) \begin{cases} > 0, \text{ acontecerá movimento} \\ = 0, \text{ condição de equilíbrio} \\ < 0, \text{ não acontecerá movimento} \end{cases} \quad \text{eq. 3.5}$$

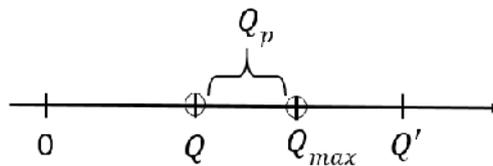
onde  $P$  é o peso e  $F_c$  é a força de coesão molecular entre o papelote e a superfície da placa.

A carga mínima necessária para mover o papelote pode ser estimada quando a resultante das forças atuantes é nula, usando as eqs. 3.5 e 3.1,

$$Q_{min} = \frac{P+F_c}{\alpha_1 E_z} \quad \text{eq. 3.6}$$

O valor da carga no papelote é um pouco maior que este valor limite mínimo devido à sua inércia translacional, sua extensão geométrica e sua flexibilidade estrutural, que possibilitam um maior tempo de contato com a placa antes de iniciar o movimento ascendente, permitindo ao papelote adquirir uma carga ligeiramente superior à carga limite mínima,  $Q_p \gtrsim Q_{min}$ .

Enquanto a carga do papelote ( $Q_p$ ) for menor que a carga máxima os papelotes poderão adquirir carga suficiente, entre  $Q_{min}$  e  $Q_{max}$ , para subir (gráfico 3.1). Quando a carga  $Q_{min}$  se tornar igual ou maior à carga máxima os papelotes não poderão mais subir, e o movimento cessará.



**Gráfico 3.2.** Intervalo da carga dos papelotes entre a carga máxima e a carga mínima.

Quando  $Q_{min} = Q$ ,  $\{Q_{min} < Q_p < Q_{max}, \text{ acontecerá movimento}\}$ ,

quando  $Q_{min} = Q'$ ,  $\{Q_p = Q_{max}, \text{ não acontecerá movimento}\}$ .

### 3.2.2. Descrição do Experimento da balança

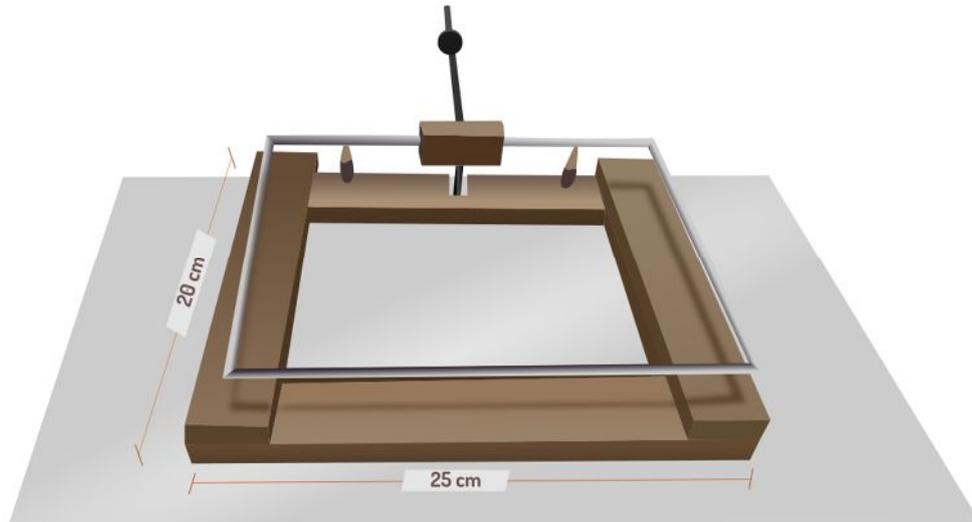
A tabela 3.2. Lista os materiais necessários para montar uma Balança Corrente e Campo Magnético. Nela estão relacionados a quantidade, especificações, e valores estimados de cada Item.

<b>Materiais</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Especificações</b>	<b>Valor estimado (R\$)</b>
Base de madeira	1	Tamanho (20,0 x 25,0 cm)	0,00
Suporte de madeira	1	Tamanho (2,2 x 5,0 x 1,4 cm)	0,00
Barra de rosca zincada	1	Tamanho 3/16'	3,50/m
Fio de alumínio	1	Diâmetro (4,0 mm) Comprimento (77,0 cm)	0,00
Porcas sextava zincada	2	Tamanho 3/16'	0,16
Arruela zincada	3	Tamanho 3/16'	0,24
Fios condutores (cabos jacaré – jacaré)	2	50 cm	0,00
Lápis	1	B 6	1,00
Bateria	1	12 V, 5 A/h	0,00
Ímãs	2		0,00
		<b>Total</b>	<b>4,90</b>

**Tabela 3.2.** Materiais necessários para uma Balança Corrente e Campo Magnético.

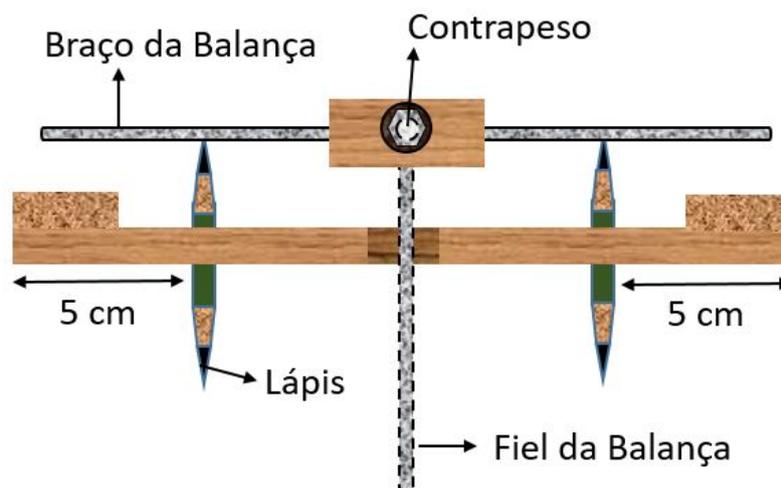
A construção do aparato experimental da Balança Corrente em Campo Magnético segue o esquema da imagem 3.6. Essa estrutura é composta por um fio de alumínio de 4,0 mm em forma de retângulo, as extremidades dos fios estão encaixadas no suporte de madeira. O contrapeso é composto por 16,0 cm de barra (diâmetro de 4,7 mm ou 3/16') de rosca sendo adicionadas a ele porcas e arruelas conforme a necessidade equilibrar a balança. O fiel da balança possui 11,0 cm da barra de rosca, de mesma espessura. Tanto o contrapeso como o fiel da balança são enroscados na base de madeira.

A conexão elétrica é feita através do grafite dos lápis que servem de fulcro para a balança, que também atuam no circuito elétrico como resistências elétricas – o aumento da resistência elétrica da balança permite que ela fique ligada por mais tempo antes de descarregar a bateria, já que a corrente elétrica será proporcionalmente menor. Os lápis são encaixados nos furos feitos na base, de modo a permitir a graduação da altura da parte móvel.



**Imagem 3.6.** Estrutura da balança. Fonte: *os autores*.

Na imagem 3.7 tem-se uma visão da balança em perfil de sua parte de traseira, nela é possível percebermos detalhes do fiel da balança e dos lápis como ponto de apoio.



**Imagem 3.7.** Visão de traz da balança em perfil. Fonte: *os autores*.

### 3.2.2.1 *Histórico da construção da Balança*

A primeira proposta para esse experimento seria uma balança de corrente, que consiste de dois fios condutores paralelos, um na parte móvel da balança, acima, o outro na parte fixa, abaixo (imagem 3.8). Quando uma corrente elétrica passa por estes fios, em sentidos opostos, gera uma força repulsiva entre eles, devido à interação do campo magnético gerado e a corrente elétrica. A força poderia ser perceptível pelo movimento da balança para cima ou para baixo (conforme o sentido da força).



**Imagem 3.8.** A primeira proposta para a balança de corrente. Fonte: *os autores*.

Essa primeira proposta foi modificada, pois o movimento da balança era quase imperceptível para o valor máximo de corrente fornecido pela fonte de tensão, de 3 A. Atribuímos tal fato ao atrito entre o braço e os parafusos, usados como conectores elétricos e suporte. Para aumentar a força eletromagnética aumentamos o comprimento dos fios e diminuimos a distância entre os centros dos fios.

Essas decisões foram tomadas tendo por base a equação 3.9 que determina a força eletromagnética para dois fios percorridos por correntes elétricas. Na equação é possível perceber que a força é inversamente proporcional à distância entre os centros dos fios e diretamente proporcional ao comprimento dos fios.

$$F_m = \frac{\mu_0 L}{2\pi r} i_1 i_2 \quad \text{eq. 3.7}$$

onde  $F_m$  é a força eletromagnética,  $\mu_0$  a constante de permissividade do meio,  $L$  o comprimento do fio,  $r$  a distância entre os centros dos fios e  $i_1$  e  $i_2$  as correntes que passam pelos fios.

Como a intuito de intensificar a força aumentamos a largura da balança de 34 cm para 50 cm, também substituímos parte do braço por um cabo de aço de diâmetro menor que o fio de alumínio. A imagem 3.9. mostra a segunda proposta de montagem para a balança de corrente, onde também substituímos os parafusos por lápis, para minimizar o atrito entre o contato da parte móvel com a fixa.



**Imagem 3.9.** Segunda proposta para a balança de corrente. Fonte: *os autores*.

Mesmo com essas modificações o deslocamento da balança não foi significativo. Atribuímos tal resultado à dilatação do cabo de aço, por aquecimento pelo efeito Joule, e à flexibilidade do cabo que encurvava diminuindo o movimento da balança.

Com a proposta de aplicação desse produto no SOME decidimos utilizar ímãs como fonte de campo magnético e suprimir o fio paralelo inferior fixo. Com um campo magnético de maior intensidade e as melhorias feitas na balança o movimento da balança se tornou bem visível (imagem 3.6).

Outras vantagens da adoção da balança com o ímã foi a possibilidade de usar uma fonte de tensão alternativa (bateria de moto), isso permitiu a implementação do experimento em local que não possui energia elétrica. Essa última estrutura experimental também possibilita uma melhor visão conceitual dos parâmetros vetoriais de campo magnético, corrente elétrica e força eletromagnética.

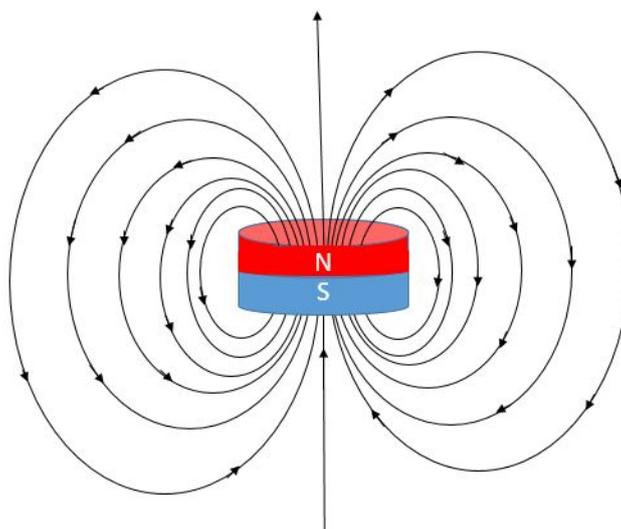
### 3.2.2.2. Conteúdos de física relacionados a balança.

A Balança de corrente em campo magnético propõe trabalhar de forma qualitativa a relação entre campo magnético, corrente elétrica e força eletromagnética dada por,

$$\vec{F}_m = i \cdot \vec{L} \times \vec{B} \quad \text{eq. 3.8}$$

Onde  $\vec{F}_m$  é o vetor força eletromagnética,  $i$  a corrente elétrica que percorre a balança,  $\vec{L}$  o vetor comprimento com o sentido convencional da corrente e  $\vec{B}$  o vetor campo magnético.

A imagem 3.10 representa o campo magnético gerado por um ímã em formato de anel com os polos magnéticos em suas extremidades. Foi esse tipo de ímã, que são largamente usados na fabricação de altos falantes, que utilizamos durante a aplicação da balança de corrente.

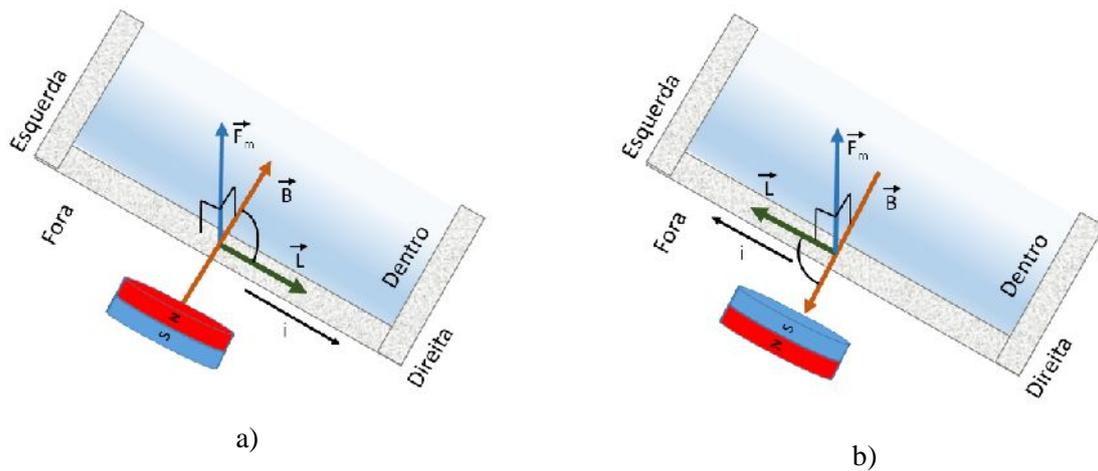


**Imagem 3.10.** Configuração do campo magnético de um ímã de alto-falante. Fonte: *os autores*.

Como o campo magnético produzido pelos ímãs não é uniforme as forças geradas terão diferentes direções, entretanto, consideramos apenas a direção da força resultante para efeito de análise qualitativa do experimento, ou seja, se formos fazer medidas deveremos configurar a posição dos ímãs para que o campo magnético se torne uniforme na região do fio como propõe Fernandes (2015). Haja vista que a balança pode movimentar-se apenas na direção tangencial a um círculo, a cada momento, cabe-nos apenas analisar a força eletromagnética resultante nesta direção e sua dependência com as direções da corrente e do campo magnético.

➤ Balança sobe.

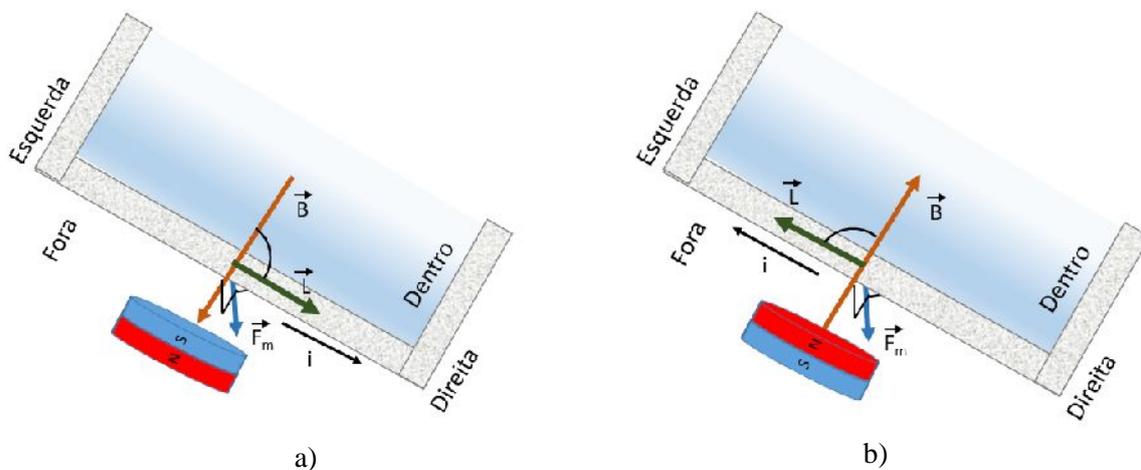
Para a balança subir, a força eletromagnética resultante deve ter direção vertical e sentido de baixo para cima, como mostram as imagens 3.11 a) e b). Conseguiremos essa orientação da força com duas possibilidades: a) Sentido do campo magnético para dentro da balança e corrente elétrica da esquerda para a direita (imagem 3.11 a); e b) Sentido do campo magnético para fora da balança e corrente da direita para a esquerda, como mostra a imagem 3.11 B).



**Imagem 3.11.** a) Campo magnético para dentro e corrente elétrica da esquerda-direita. b) Campo magnético para fora e corrente da esquerda-direita. Fonte: *os autores*.

➤ Balança desce.

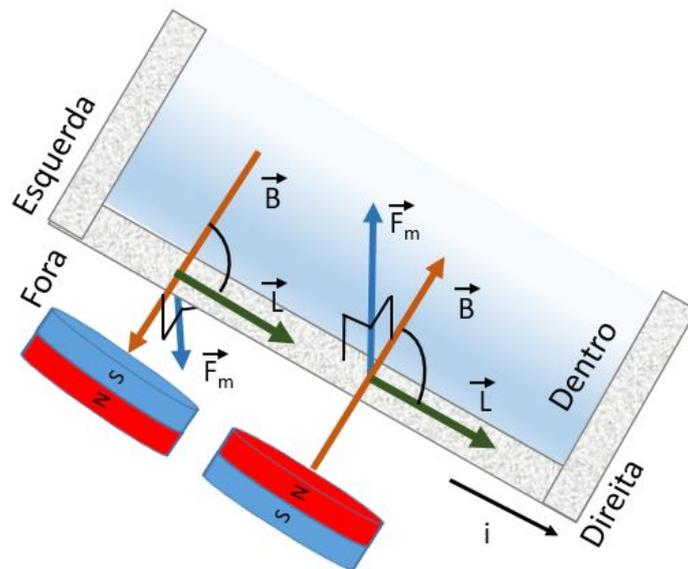
Para a balança descer, a força eletromagnética deve ter sentido de cima para baixo e as configurações de campo magnético e corrente devem ser: a) campo magnético com sentido para fora e a corrente elétrica da esquerda para a direita (Imagem 3.12 a); b) campo magnético com sentido para dentro e corrente elétrica da direita para a esquerda (Imagem 3.12 b)).



**Imagem 3.12.** a) Campo magnético para fora e corrente da esquerda-direita. b) Campo magnético para dentro e corrente da direita-esquerda. Fonte: *os autores*.

➤ Balança não se move.

Ao colocar os dois ímãs um ao lado do outro com polos magnéticos diferentes na frente da balança a mesma praticamente não se move. Isso ocorre pois teríamos a força gerada por um ímã orientado para cima e a força gerada pelo outro ímã orientada para baixo. Considerando que os ímãs produzem campos magnéticos de intensidade iguais as duas forças iriam se anular deixando assim a balança estática ver imagem 3.13.



**Imagem 3.13.** Configuração de duas forças eletromagnética em sentidos contrários. Fonte: *os autores*.

### 3.3. Aplicação do Produto.

Em todos os contextos de aplicação do produto procurou-se utilizar como metodologia o ensino por investigação segundo a proposta de problema experimentais [Carvalho 2013]. Durante a aplicação as atividades desenvolvidas se diferenciaram conforme as características do ambiente, o público alvo e o tempo disponível, entretanto os seguintes pontos são comuns aos contextos, devido à metodologia de aplicação utilizada ser a mesma.

- 1- As atividades começam com uma situação problema proposta segundo os experimentos.
- 2- As turmas foram divididas em grupos, o que facilita a interação aluno – experimento – aluno.
- 3- Os alunos foram incentivados a formular hipóteses.
- 4- Buscou-se uma interação alunos – experimento – professor possibilitando a negociação de significados.
- 5- Buscou-se valorizar os conhecimentos prévios dos alunos e possibilitar a construção de novos conhecimentos.

A aplicação do *Capacitor* ocorreu nos três contextos citados: (1) Numa classe no Ensino Superior, (2) em uma Escola de Ensino Médio, e (3) em uma turma do SOME, na região de várzea. A *Balança de Corrente*, só foi aplicada no terceiro contexto, pois estava em fase de construção no período correspondente às duas primeiras aplicações.

Desse modo, nos dois primeiros contextos somente o experimento de eletrostática foi aplicado, enquanto que no terceiro, no SOME, ambas as instrumentações foram aplicadas.

É importante ressaltar que nos três contextos, em que aplicamos o produto, as turmas não estavam sob nossa tutela – foram cedidas por colegas professores no período predeterminado para a execução do trabalho. Entretanto, os professores titulares das turmas acompanharam todo o processo de produção do material e elaboração das estratégias didáticas.

Como essas três aplicações correspondem a realidades educacionais diferentes, iremos descrever os contextos educacionais de cada uma delas de forma separada.

### *3.3.1. Descrição da primeira aplicação*

A aplicação ocorreu em uma turma de graduação do curso de LIMF/UFOPA na disciplina de Laboratório de Física 3. Essa turma possuía 15 alunos que foram divididos em 4 grupos para a realização dos trabalhos da disciplina. Essa turma tinha concomitante as disciplinas, ministradas pelo mesmo professor, Laboratório de Física 3 e Física Básica 3, que contém em sua ementa a área de eletromagnetismo em caráter básico. O professor organizou sua metodologia de ensino em termos de *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas* (UEPS) [Moreira 2017].

A aplicação aconteceu no laboratório de ensino de física LAB situado no campus Rondon da UFOPA (imagem 3.14). Mesmo sendo um laboratório estruturado com equipamentos, ferramentas e um técnico disponível, continuamos utilizando materiais de baixo custo. Tal escolha está embasada na proposta de facilitar aos alunos da graduação a transposição do que se tem no nível superior para o ensino básico [Ferreira 1978 apud Grandini e Grandini 2004].



**Imagem 3.14.** Visão interna do laboratório de ensino LAB . *Fonte: os autores.*

O professor titular da turma estava usando em suas atividades didáticas a metodologia de ensino por UEPS – Unidades de Ensino Potencialmente Significativa, segundo modelo proposto por Moreira (2017). Sendo que a aplicação desse produto se deu como umas das atividades das UEPS, sendo portanto importante deixar claro que a descrição aqui proposta não consiste de um UEPS, pois a mesma é composta por diversas atividades e materiais de ensino distintas utilizadas em nossa proposta. O que estamos caracterizando é apenas a aplicação do produto que foi uma das várias atividades propostas durante a aplicação da UEPS do professor.

O tempo total disponível para aplicação do produto nessa turma foi de 2h horas. Na tabela 3.3 apresentamos o tempo necessário para a execução das atividades de aplicação do produto. As atividades estão ordenadas de forma cronológica de execução seguindo a proposta de execução da tabela 2.1 para uma abordagem de problema experimental.

Antes da aplicação do produto, iniciamos as atividades didáticas reforçando os conceitos de carga elétrica, processos de eletrização, campo elétrico, força elétrica e potencial elétrico. Esses conceitos os alunos já tiveram no ensino médio e estavam revendo durante as aulas teóricas com o professor titular da turma.

N	Tempo	Atividade
1	30 minutos	<b>Apresentação do problema Experimental:</b> Os alunos foram divididos em grupos <sup>4</sup> e foram orientados quanto a construção do aparato experimental, em seguida executaram as observações experimentais. Então eles foram indagados sobre o que observaram no experimento e como explicariam os fenômenos observados.
2	15 minutos	<b>Resolvendo o problema experimental:</b> Os alunos começaram a discutir entre si sobre o que estava acontecendo, depois de um tempo determinado perguntamos à turma o que eles observaram, eles responderam que os papelotes se movimentavam entre as placas e que ocorriam descargas.
3	30 minutos	<b>Construção das hipóteses:</b> Identificado os fenômenos, reforçamos a pergunta inicial porque os papelotes sobem e descem (explicar o fenômeno observado). Novamente os alunos voltaram a discutir entre si. Quando surgiram dúvidas e posições diferentes entre os alunos, eles chamavam os professores para tirarem as dúvidas, entretanto buscávamos não responder de forma direta as perguntas dos alunos fazendo novas perguntas do tipo: Como vocês explicam o fenômeno? Porque você acha isso? Como podemos testar essa hipótese?
4	45 minutos	<b>Respondendo às perguntas:</b> Depois de trabalharem suas hipóteses e criarem uma explicação para o movimento dos papelotes, os grupos foram orientados a formular uma resposta por escrito do fenômeno observado seguindo as perguntas do apêndice A. As perguntas propostas geraram novas possibilidades de execução nas atividades experimentais como: a adição de uma fita isolante na placa de cima, a diminuição da área dos papelotes e o aumento na distância entre as placas.
5		<b>Socializando as respostas:</b> Devido ao curto tempo ficou a cargo do professor titular da disciplina de receber as respostas dos acadêmicos e propor a socialização nas próximas aulas.
6		<b>Reorganizando as ideias:</b> O aprofundamento e a consolidação dos conteúdos construídos, abordados durante a atividade experimental, foram realizados nas aulas teóricas com o professor titular das disciplinas.

**Tabela 3.3.** Sequencia didática da primeira aplicação do produto.

A montagem do aparato experimental consistiu em encapar as placas de papelão com papel alumínio, recortar os papelotes (imagem 3.15), e fazer a ligação elétrica da raquete com cabos jacaré-jacaré às placas. Depois de aplicado o produto os alunos ainda realizaram outras atividades de eletrostática com o gerador de Vander Graf, entre elas estava a substituição da raquete por um gerador.

<sup>4</sup> Segundo Moreira (2010a) as atividades em grupos podem facilitar a aprendizagem significativa pois, permite a negociação de significados entre alunos – alunos e alunos – professor.



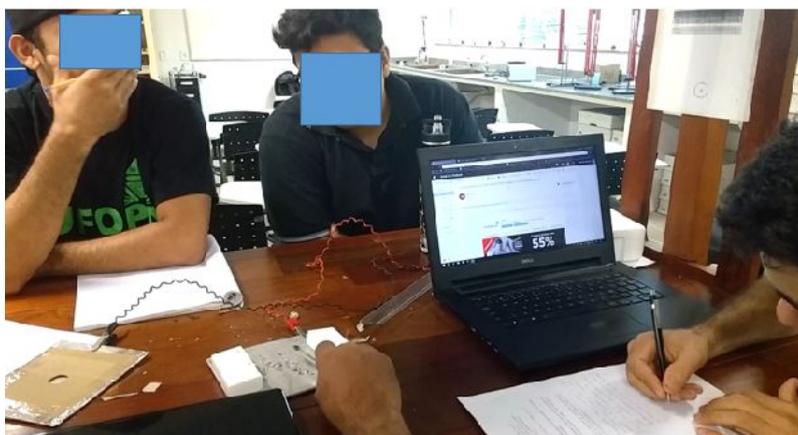
**Imagem 3.15.** Acadêmicos do curso de Matemática – Física construindo o experimento. Fonte: *os autores*.

Na imagem 3.16 mostram os acadêmicos discutindo nos grupos para tentar resolver o problema experimental. É possível notar que os alunos reutilizam o aparato experimental disposto na bancada para facilitar a organização de suas ideias.



**Imagem 3.16.** Acadêmicos discutindo em grupos propondo solução para o problema experimental. Fonte: *os autores*.

A imagem 3.17 um grupo de acadêmicos está discutindo entre si para apresentarem uma resposta por escrito às perguntas propostas durante a atividade experimental (apêndice A).



**Imagem 3.17.** Acadêmicos respondendo às perguntas propostas no Apêndice C. Fonte: os autores.

### 3.3.2. Descrição do segundo aplicação

Depois da aplicação no nível superior surgiu o questionamento: O experimento do *capacitor* chama a atenção dos alunos do ensino médio? Durante a disciplina de Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental surgiu a oportunidade, através do convite de um colega professor mestrando, de aplicação do experimento em uma turma do terceiro ano do ensino médio da escola Madre Imaculada.

Contribuíram para a montagem e aplicação dessa atividade, cinco alunos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, todos com formação em licenciatura em Física e com experiência no ensino público estadual, entre eles o autor desse trabalho (imagem 3.18 à direita professor titular da turma). Essa aplicação aconteceu como requisito avaliativo da disciplina Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental do referido curso de mestrado.

A atividade de aplicação foi na escola Madre Imaculada pertencente à rede pública estadual de educação, situada em um bairro central do município de Santarém – PA. Foi escolhida uma turma do terceiro ano do ensino médio regular com 28 alunos que foram divididos em 5 grupos. Segundo o professor da turma, a maioria dos alunos são de classe média baixa com idades em torno de 17 anos, cursando o final do segundo bimestre letivo, portanto os mesmos tiveram, na disciplina de física, contato com os conteúdos de eletrização e força elétrica. A imagem 3.18 mostra o interior da sala de aula climatizada do colégio Madre Imaculada. Essa sala era pequena o que dificultava a locomoção para atender os alunos. A escola disponibilizou projetor multimídia para ser usado durante as aulas. Possui também um laboratório multidisciplinar que, entretanto, não foi utilizado para a aplicação do produto, pois segundo o professor da turma o laboratório não estava funcional para receber os alunos.



**Imagem 3.18.** Sala de aula do colégio Madre Imaculada. Fonte: *os autores*.

A pedido do professor da turma a aplicação do experimento serviria de revisão para os alunos que iriam recuperar as notas, também o tempo total disponível para a aplicação foi de 2 horas. Os alunos começaram a chegar de forma paulatina, depois de 15 minutos de atraso a maioria estavam em sala, foi quando iniciamos as atividades.

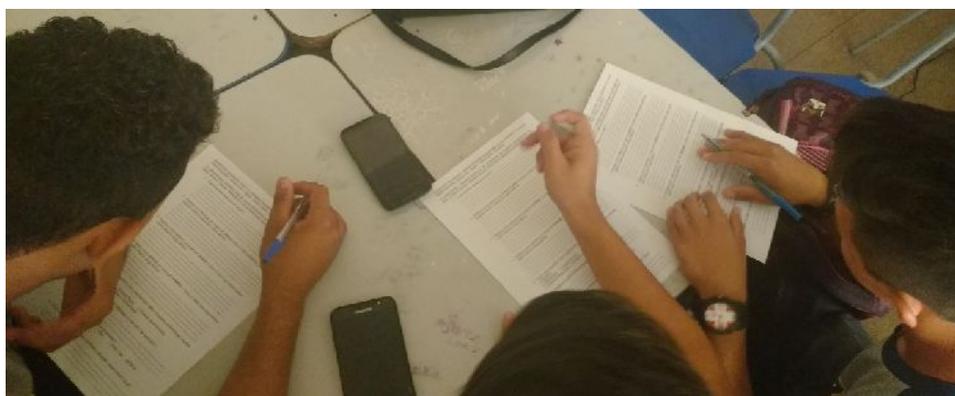
O professor titular da turma apresentou os quatro colegas professores e explicou que o objetivo da aula era fazer uma revisão sobre cargas, processos de eletrização e força eletrostática. Nos primeiros 30 minutos realizamos um reforço nos conceitos básicos ligados ao capacitor, portanto, restaram 1 hora para a execução e análise do experimento e 15 minutos para os alunos responderem o questionário do apêndice B. A sequência das atividades de aplicação do experimento está descrita na tabela 3.4.

N	Tempo	Atividade
1	5 minutos	<b>Apresentação do problema Experimental:</b> Orientamos os alunos quanto à montagem do experimento e execução do mesmo. Em seguida perguntamos, - O que vocês observam que está acontecendo? - Porque os papelotes sobem e descem entre as placas?
2	5 minutos	<b>Resolvendo o problema experimental:</b> Os alunos se voltaram novamente para o experimento buscando resolver o problema do movimento dos papelotes.

3	20 minutos	<p><b>Construção das hipóteses:</b> Como os alunos não pareciam estar associando o experimento com o conteúdo de física iniciamos o seguinte diálogo com a turma:  Professor: - Vocês já têm alguma ideia do porque os papéis se movem?  Turma: - Não.  Professor: - OK! na hora que ligo a raquete o que ela faz? Como vocês acham que ficam as placas?  Alunos: - Eles ficam cheias de elétrons.  Professor: O que acontece com os pedaços de papel alumínio na placa inferior? Quando o pedaço de papel alumínio chega na placa superior o que acontece com ele?  Os alunos foram orientados a discutir com seus colegas de grupo sobre essas perguntas e tentarem relacionarem isso com o movimento dos papelotes.</p>
4	10 minutos	<p><b>Respondendo às perguntas:</b> Em seguida, passamos pelas equipes perguntando se eles conseguiram formular uma resposta para o problema.  Alguns alunos sugeriram que ocorria eletrização por contato entre a placa e os papelotes, e por isso eles sofriam uma repulsão, então eles foram indagados de como poderiam testar essas hipóteses.  Outros sugeriram que ocorria um processo de eletrização por atrito ou por indução entre a placa e os papelotes fazendo surgir uma força elétrica, este foram indagados como as características desses dois processos poderiam ser observados dentro do experimento.</p>
5	8 minutos	<p><b>Socializando as respostas:</b> Depois nos voltamos para a turma e pedimos que um representante de cada equipe compartilhasse com os colegas as respostas desenvolvidas pela equipe.</p>
6	7 minutos	<p><b>Reorganizando as ideias:</b> Por fim, utilizando as respostas apresentadas pelos alunos explicamos o processo de eletrização por contato e o surgimento da força eletrostática relacionados ao experimento. Para comprovarmos que o processo de eletrização entre os papelotes e as placas era por contato, pedimos que os alunos colocassem uma fita na placa de cima e observassem novamente os resultados. Então voltamos a explicar porque os papelotes ficaram grudados na fita.</p>

**Tabela 3.4.** Sequencia didática da segunda aplicação do produto.

Depois das explicações foi pedido para os alunos responderem o questionário do como mostra a imagem 3.19 (Apêndice B).



**Imagem 3.19.** Alunos do madre imaculada respondendo o questionário. Fonte: *os autores*.

### *3.3.3. Descrição da terceira aplicação*

Dos três contextos de aplicação, o terceiro, que ocorreu em uma comunidade ribeirinha com uma turma do SOME, possui características únicas que são desconhecidas pela maioria dos brasileiros, portanto, iremos ser mais detalhistas na caracterização dessa realidade educacional, possibilitando ao leitor uma percepção mais precisa das peculiaridades de implementação das atividades experimentais nesse contexto.

#### *3.3.3.1. Caracterizando o SOME*

O Sistema de Organização Modular de Ensino (SOME) foi criado pelo governo do Estado do Pará no início da década de 1980 e sancionado pela lei nº 7806/14 PA, com o objetivo de democratizar a educação de nível médio para comunidades de difícil acesso ou longe dos centros urbanos. As características da região amazônica são bastante peculiares, com comunidades localizadas em beiras de rios e lagos, somente acessíveis via fluvial, através de barcos de médio e pequenos portes, que são os meios de transporte disponíveis e factíveis de acesso à estas comunidades ribeirinhas.

Hoje a 5ª URE - 5ª Unidade Regional de Educação atua nos municípios de Santarém, Belterra, Mojui dos Campos e Aveiro no ensino regular e no SOME. Somente no SOME são atendidas 58 comunidades rurais totalizando cerca de 1862 alunos.

O ano letivo do SOME é dividido em quatro módulos, cada módulo correspondendo a cinquenta dias letivos [Oliveira 1999], dessa forma são cumpridos os duzentos dias letivos exigidos pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) [Brasil 1996]. Quando surge algum problema que impossibilita a oferta de uma disciplina são oferecidos módulos, ditos de “reposição”, no início do ano letivo subsequente, que ocorrem normalmente em trinta dias corridos respeitando a carga horária mínima da disciplina.

Ao longo dessas quatro décadas de implementação do SOME muitos dos problemas enfrentados pelos professores e alunos nesse sistema ainda persistem. Para Oliveira (1999) os principais problemas são:

[...] as condições sócio–econômicas dos professores e dos alunos, as precárias condições do meio ambiente [educacional] em que os mesmos estão inseridos, as péssimas condições materiais das escolas, a falta de preparo em

termos técnico e pedagógicos, aliando-se a isso o descompromisso de um número significativo de professores [Oliveira 1999, p. 6].

### 3.3.3.2. *Caracterizando o local da aplicação*

Em decisão conjunta entre o autores desse trabalho, o orientador e o professor titular da turma onde foi aplicado o produto, foi escolhida a comunidade de *Boca de Cima do Aritapera* para a terceira aplicação desse produto. Os critérios de escolha foram a disponibilidade em viajar no período de 19 a 27 de fevereiro de 2018, a compatibilidade do circuito<sup>5</sup> do professor titular com uma turma do terceiro ano do ensino médio na disciplina de física e a localidade próxima a cidade, comparada com outras localidades.

A comunidade de Boca de Cima do Aritapera localiza-se à beira de um dos braços do rio Amazonas e a escola municipal utilizada pelo SOME nesta comunidade localiza-se próximo às coordenadas geográficas 2°09'19'' S 54°46'25'' W, em uma região de várzea<sup>6</sup>. A Imagem 3.20 mostra o percurso do porto de Santarém à referida comunidade, com aproximadamente 33,25 km de distância do porto de partida de Santarém com tempo de viagem de aproximadamente 3 horas e 30 minutos e a imagem 3.21 mostra um típico meio de transporte da região.

---

<sup>5</sup> **Circuito** no SOME é definido por Oliveira (1999) como sendo as comunidades que foram designados ao professor para desenvolver suas atividades pedagógicas. Conforme a área de formação do professor e as demandas das turmas o professor pode mudar de disciplina ou de série.

<sup>6</sup> **Várzea** é um tipo de vegetação característico da Amazônia, que ocorre ao longo dos rios e planícies inundáveis. Esse ambiente é periodicamente inundado e está sob o regime hidrológico do Rio Amazonas e de seus tributários mais próximos, por isso é bastante dinâmico, sendo constantemente remodelado pelos rios [Suçuarana 2018].



**Imagem 3.20.** Rota de Santarém a comunidade de Boca de Cima do Aritapera. Fonte: *Google Maps 2018 adaptado pelo autor.*



**Imagem 3.21.** Barco utilizado para viajar de Santarém a comunidade. Fonte: *os autores.*

As salas de aula em que foi aplicado o produto estão localizadas ao lado da escola municipal e administradas pela mesma. Como mostra a Imagem 3.22 o alojamento dos professores do SOME está a aproximadamente 50 metros da sala de aula o que facilita o transporte dos materiais dos experimentos, porém essa proximidade entre o alojamento dos professores e o local de aula nem sempre corresponde à realidade de outras comunidades onde funcionam o SOME. Como os professores se encontram longe dos centros urbanos eles devem levar em suas viagens para as comunidades diversos

recursos como: mantimento, água mineral, utensílios de cozinha, gelo e material didático (imagem 3.23).



**Imagem 3.22.** Localização da sala de aula, escola e alojamento dos professores. Fonte: Google Maps 2018 adaptado pelo autor.



**Imagem 3.23.** Parte da bagagem dos professores do SOME. Fonte *os autores*.

A comunidade só possui energia elétrica das 19:00 às 22:00 horas, ou seja, durante o horário matutino e vespertino (horário das aulas) não tem energia elétrica. O sinal de telefonia só é possível com uma antena externa, mesmo assim, em determinadas horas e locais este sinal desaparece, dependendo também, ao que parece, das condições climáticas.

As três salas de aulas podem ser vistas na Imagem 3.24. Foram construídas na estrutura de um baração dividido em 3 partes por paredes feitas de PVC. Na Imagem 3.25 é possível notar, em uma destas salas, que elas não possuem paredes externas, apenas guarda corpos de madeira. O chão é de assoalho de madeira e o telhado de telhas

de fibrocimento. Quando chove aparecem diversas goteiras e nos dias ensolarados sofríamos com a radiação térmica do telhado.



**Imagem 3.24.** Sala de aula utilizada durante a aplicação do produto visão externa. Fonte: *os autores.*



**Imagem 3.25.** Sala de aula utilizada durante a aplicação do produto visão interna. Fonte: *os autores.*

A turma que participou da aplicação era composta por 12 alunos na faixa etária dos 17 aos 24 anos. As principais fontes de renda dos moradores dessa região é a agricultura familiar, pecuária e pesca. Muito dos alunos ajudam suas famílias nas atividades econômicas, por isso no período das safras é comum os alunos chegarem na sala de aula exaustos.

Segundo o professor titular da turma, no início do módulo a turma já tinha tido contato com os conteúdos de carga elétrica, processos de eletrização, força elétrica e

campo elétrico. As nossas atividades com a turma iniciaram no dia 19/02/2018 e se estenderam até o dia 27/02/2018, quando findou esse módulo de reposição. No primeiro dia iniciamos às 16:00 e finalizamos às 17:00 horas, portanto, tivemos 1 hora para desenvolver as seguintes atividades.

➤ Apresentação dos pesquisadores (duração 10 minutos):

O professor titular da turma nos apresentou, aos alunos, como pesquisadores da UFOPA e disse que eles foram escolhidos para participar de uma metodologia de ensino diferenciada, em seguida falamos previamente de como seriam as atividades a serem desenvolvidas com eles e qual a sua importância para o seu processo de aprendizagem, também pedimos participação de todos durante as atividades para que o processo proposto fossem completado com sucesso.

Aproveitamos o momento para informar aos alunos que iríamos registrar as atividades com fotos, alguns alunos demonstram uma certa inquietação em serem fotografados, então foi-lhes explicado que eles não seriam identificados e que seus rostos seriam desfigurados quando as fotos fossem utilizadas em alguma publicação.

➤ Aplicação do questionário (duração 45 minutos):

Na aplicação do questionário (apêndice C) os alunos ficaram concentrados tentando analisar as afirmativas, durante o processo nenhum aluno fez perguntas e os mesmos ficaram livres para assinalar de acordo com seus conhecimentos. Alguns terminaram um pouco mais rápido do que outros, porém todos ficaram aguardando para entregar juntos.

### 3.3.3.3. Descrição da aplicação do capacitor no SOME

No primeiro dia, em 5 minutos, apresentamos os materiais que compunham o experimento do capacitor e em seguida foi solicitado aos alunos que trouxessem de suas casas capas de cadernos (duras) já fora de uso.

No dia seguinte os alunos foram divididos em dois grupos, cada grupo ficou responsável por construir seu experimento (imagem 3.26). Os alunos foram executar o experimento, porém, eles não funcionaram adequadamente, então perguntamos para as equipes o que poderia estar acontecendo para os experimentos não estarem funcionando? Eles pensaram por um tempo, deram algumas sugestões, até que descobriram que os papéletes que eles cortaram estavam muito grandes o que permitia o contato elétrico entre as placas fazendo com que descarregassem. A montagem do experimento durou 1 hora e 30 minutos.



**Imagem 3.26.** Alunos do SOME construindo o Capacitor de alta tensão. Fonte: *Os autores.*

A experimentação foi desenvolvida em duas fases: a *apresentação do capacitor em si* e o *capacitor com fita isolante na placa superior*.

N	Tempo	Atividade
1	5 minutos	<b>Apresentação do problema Experimental:</b> Com o sucesso na construção do experimento passamos para o problema. Em tão fizemos as perguntas que nortearam o primeiro relato da atividade. O que acontece quando ligamos a raquete? Porque os papelotes sobem? Porque os papelotes descem?
2	10 minutos	<b>Resolvendo o problema experimental:</b> Eles passaram a executar o experimento observado com calma o que estava acontecendo.
3	20 minutos	<b>Construção das hipóteses:</b> Então os alunos começaram a modificar o experimento como mostra imagem 3.27. Nesse momento os alunos buscavam confirmação de suas hipóteses sobre o funcionamento do experimento, então nos policiávamos para não responder as perguntas feitas, sempre usando perguntas do tipo: “como vocês podem comprovar ou testar essas hipóteses?”
4	5 minutos	<b>Respondendo às perguntas:</b> Em seguida pedimos para os alunos registrarem o que eles observavam e quais as suas explicações para o fenômeno observado (imagem 3.28). Nesses momentos buscamos deixar os alunos livres para agir sobre o problema. Antes dos alunos terminarem a atividade, a embarcação que os transporta chegou para leva-los. Então orientamos que eles trouxessem a atividade no próximo dia de aula.
5	40 minutos	<b>Socializando as respostas:</b> No terceiro dia recolhemos as respostas escritas dos alunos e em seguida pedimos que cada um relatasse à turma o que eles observaram no experimento e como eles explicavam o que eles observaram, porém, os alunos não quiseram fazer o relato oral e mesmo depois de insistirmos, eles não mudaram sua postura. Para iniciar a discussão em sala de aula, decidimos ler o que eles tinham escrito, então percebemos que os alunos estavam desconfortáveis com a socialização de suas respostas, mesmo não identificando os autores das mesmas. Achamos por bem passar para a próxima parte.

6	65 minutos	<b>Reorganizando as ideias:</b> Com o objetivo de esclarecer a explicação para o problema proposto, utilizando as respostas dos alunos como base fizemos uma breve revisão sobre os processos de eletrização e força eletrostática, em seguida associamos esses conteúdos ao experimento. Durante toda a aula buscamos fazer perguntas com o objetivo de envolver os alunos na construção das ideias, também iniciamos os conteúdos de corrente elétrica e efeito Joule associados a descarga das placas, nesse momento associamos tais efeitos ao surgimento dos raios, do relâmpago e do trovão.
---	------------	--

**Tabela 3.5.** Sequencia didática da aplicação do capacitor no SOME.

A abaixo temos a imagem 3.27 que consiste dos alunos do SOME fazendo modificações em seus capacitores a alta tensão para testando suas hipóteses.



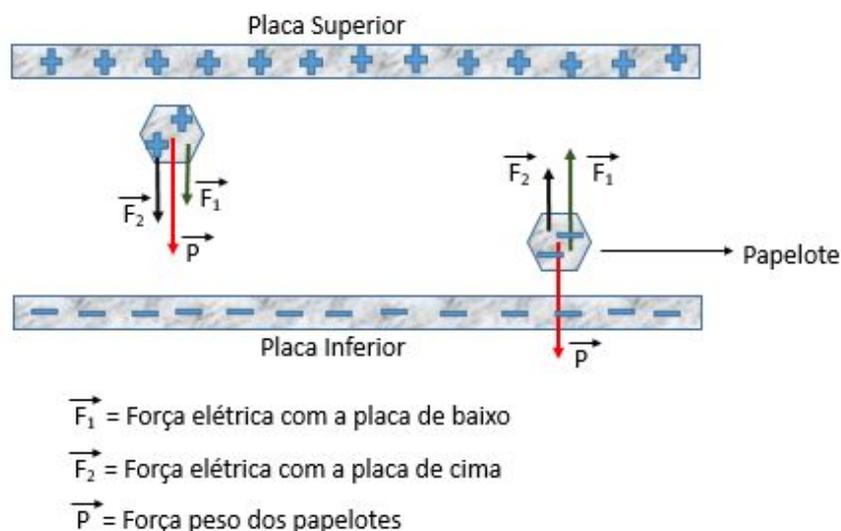
**Imagem 3.27.** Alunos do SOME executando versões diferentes do Capacitor a alta tensão na forma simples. Fonte: *Os autores.*

Na imagem 3.28 os alunos do SOME estão começando a responder por escrito aos problemas experimentais “O que acontece quando ligamos a raquete? Porque os papelotes sobem? Porque os papelotes descem?”.



**Imagem 3.28.** Alunos do SOME respondendo o problema experimental. Fonte: *Os autores.*

Durante a reorganização das ideias tivemos dificuldades de trabalhar com os alunos com os conceitos de campo elétrico uniforme entre as placas e de força elétrica em uma carga dentro de um campo elétrico. Como o tempo de aula é limitado, decidimos fazer uma abordagem somente com força elétrica de atração e repulsão como mostra a imagem 3.29.



**Imagem 3.29.** Configuração das forças entre placas e os papelotes no momento de subida e descida. Fontes: *os autores*.

Iniciamos a segunda fase no terceiro dia, como um novo problema experimental adicionamos um pedaço de fita durex (material isolante) na placa de cima. A sequência para essa fase está detalhada na tabela 3.6.

N	Tempo	Atividade
1	5 minutos	<b>Apresentação do problema experimental:</b> Mostramos para a turma uma placa com um pedaço de fita durex colada e lhes perguntamos: “se colocarmos uma fita durex (isolante) na placa de cima, o que você acha que vai acontecer? Explique sua resposta”
2	5 minutos	<b>Resolvendo o problema experimental:</b> Nesse momento não foi distribuído o experimento para os alunos, pois a proposta era saber se eles conseguiram entender o que estava acontecendo no <i>capacitor</i> e se conseguiram prever as consequências das alterações. Orientamos para que eles montassem grupos e discutissem sobre o problema.
3	15 minutos	<b>Construção das hipóteses:</b> Os alunos se reuniram nos grupos e começaram a discutir o que iria acontecer.
4	5 minutos	<b>Respondendo às perguntas:</b> Eles começaram a registrar suas respostas em sala de aula. Com o encerramento das atividades escolares, pedimos para eles entregarem suas respostas no dia seguinte.

5	30 minutos	<p><b>Socializando as respostas:</b> No dia seguinte, quando fomos recolher as respostas escritas, ocorreu o seguinte diálogo.</p> <p>Professor: cadê a sua resposta?</p> <p>Aluno: o senhor vai ler as nossas respostas? como foi feito ontem.</p> <p>Professor: não.</p> <p>Aluno: Tá bom! Está aqui.</p> <p>Percebemos que esta turma não se sentia confortável com o processo de socialização.</p> <p>Então para termos uma ideia de como os alunos estavam pensando, fizemos perguntas de forma geral. Alguns alunos chegaram a responder.</p>
6	80 minutos	<p><b>Reorganizando as ideias:</b> Para os alunos poderem testar suas hipóteses, voltamos a distribuir o aparato experimental entre os grupos. Em seguida eles realizaram os experimentos e com os resultados alguns vibraram “eu sabia!”, enquanto outros disseram “mas a placa não está toda envolta em fita”. Para esses, propomos envolver a placa de cima em fita para observarem o que iria acontecer. Utilizando as respostas dos alunos explicamos novamente o experimento, abordando agora o aspecto da mudança da condutividade da placa superior devido a adição da fita isolante.</p> <p>Também respondemos com os alunos as seguintes perguntas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Se colocarmos uma fita durex na placa de baixo, o que você acha que vai acontecer?</li> <li>Durante o andamento do experimento é possível perceber faíscas entre as placas. Existe relação entre as faíscas e um raio em uma tempestade? Quais?</li> </ol>

**Tabela 3.6.** Sequencia didática da aplicação com fita isolante na placa de cima.

Como atividade de fechamento do capacitor de alta tensão, ao final da aula do quarto dia, foi pedido aos alunos que elaborassem um relatório descrevendo e explicando as duas atividades; a entrega do relatório seria na próxima aula. No quinto dia, o nosso horário de aula seria reduzido devido o retorno para a cidade, então tínhamos como proposta iniciar o conteúdo de magnetismo, porém quando fomos recolher as atividades, muitos dos alunos não a tinham feito, portanto pedimos para eles fazerem na sala de aula. Atribuímos a não elaboração do relatório em casa à falta de tempo, pois no quarto dia os alunos saíram as 17:15 e no quinto dia eles já tinham aula as 7:00.

#### 3.3.3.4. Descrição da aplicação da balança no SOME

Iniciamos as atividades da balança de corrente em campo magnético, no quinto dia, mostrando que ao aproximamos o ímã do braço da balança o mesmo se movia e quando desligávamos a balança da bateria o ímã não movia a balança. Como atividade para o fim de semana pedimos para os alunos tentarem explicar porque o ímã conseguia mover o braço da balança.

No sexto dia demos prosseguimento às atividades, recolhendo as respostas dos alunos para o problema da balança que havia sido proposto na semana anterior e

explicamos o conteúdo de magnetismo. Em 2 horas abordamos os conceitos de força de atração e repulsão entre ímãs, diferenciamos os polos dos ímãs dos polos elétricos. Trabalhamos com os conceitos de monopólo magnético e elétrico, campo elétrico e campo magnético, polos magnéticos e geográficos da terra, orientação por bússolas e a não relação de forças entre a eletrostática e a magnetostática.

Nessa primeira aplicação da balança tínhamos como objetivo abordar o conteúdo de força eletromagnética mostrando sua relação com os polos magnético e o sentido da corrente. Também iríamos trabalhar com representação dos vetores do campo magnético, corrente elétrica e força, tal proposta seria trabalhada no sétimo dia. Na tabela 3.7 descreveremos a sequência de aplicação da balança que ocorreu no sexto dia.

N	Tempo	Atividade
1	5 minutos	<b>Apresentação do problema experimental:</b> Dividimos a turma em duas equipes e cada uma delas ficou com uma balança. Marcamos uma posição com borrachas e pedimos para os alunos tentarem fazer o braço da balança chegar à altura determinada (ver Imagem 3.30).
2	10 minutos	<b>Resolvendo o problema experimental:</b> Os alunos de posse dos ímãs, movimentavam os mesmos próximo ao braço da balança buscando encontrar uma posição para o ímã equilibrar a balança na altura determinada.
3	15 minutos	<b>Construção das hipóteses:</b> Quando as equipes conseguiam equilibrar a balança, perguntamos para elas como eles conseguiram equilibrar a balança na altura determinada? Inicialmente eles deram respostas superficiais “aproximamos o ímã da balança”. Então perguntamos “qual polo do ímã vocês aproximaram da balança? o resultado é o mesmo se mudarmos o sentido da corrente? Porque a balança sobe? Porque a balança desce?”. Com essas perguntas os alunos repetiram os experimentos agora com mais atenção, buscaram identificar os polos magnéticos do ímã o sentido da corrente elétrica e como a balança se comportava em cada situação.
4	10 minutos	<b>Respondendo às perguntas:</b> Também orientamos os alunos a anotarem os resultados que obtidos durante a experimentação e suas respostas para o que estava acontecendo (ver imagem 3.31).
5	10 minutos	<b>Socializando as respostas:</b> Voltamos a perguntar para os alunos como eles fizeram para equilibrar a balança no ponto determinado? Os alunos passaram a responder de forma mais elaborada indicando o polo magnético o sentido da corrente e o que acontecia com a balança.
6	25 minutos	<b>Reorganizando as ideias:</b> Então utilizando as respostas dos alunos começamos a organizar o que eles disseram e a identificar o sentido da força segundo já proposto na subseção 3.3.2.2 para cada situação apontada pelos alunos.

**Tabela 3.7.** Sequencia didática da aplicação da balança de corrente em campo magnético.

Na imagem 3.30 temos um aluno manipulando os ímãs com a intenção de equilibrar a balança de corrente em campo magnético até a altura determinada pelo nível improvisado (imagem abaixo).



**Imagem 3.30.** Aluno do SOME equilibrando a balança no nível determinado. Fonte: *os autores*.

A imagem 3.31 mostra os alunos do SOME registrando suas hipóteses do experimento da balança de corrente e campo magnético.



**Imagem 3.31.** Os alunos registrando seus dados e hipóteses sobre o experimento da balança. Fonte: *os autores*.

Como atividade, para ser entregue no próximo dia, foi proposto aos alunos que sintetizassem o que eles viram em sala de aula em um relatório buscando explicar o funcionamento da balança. Também foi entregue fones de ouvidos e pedimos que eles desmontassem os fones e observassem quais os componentes destes aparelhos e pensassem se seu funcionamento tinha alguma coisa parecida com a balança.

No sétimo dia amanheceu chovendo e no horário da aula a chuva se intensificou, como a sala de aula não possuía paredes, tivemos que paralisar nossas atividades. Depois que a chuva diminuiu, o tempo não seria suficiente para trabalhar a representação vetorial do funcionamento da balança, então recolhemos as atividades propostas na aula anterior, explicamos que o fone de ouvido é uma das aplicações da força eletromagnética e aplicamos o questionário do apêndice C.

## Capítulo 4 - Análise dos resultados

Neste capítulo analisaremos as informações obtidas durante a aplicação do produto nos três contextos educacionais. Na primeira aplicação buscamos saber se o capacitor a alta tensão é bem aceito como possível ferramenta pedagógica, ou seja, estaremos interessados em observar se os alunos da graduação consideram que o capacitor possui boa reprodutibilidade. Em seguida traremos as respostas e as atitudes dos alunos do ensino médio sobre o capacitor permitindo inferirmos quanto a sua ludicidade. Também iremos considerar os questionários e as respostas escritas nos relatórios dos alunos do SOME como fonte de indícios de aprendizagem significativa vinculadas a aplicação do produto educacional.

### 4.1. Resultados da aplicação no primeiro contexto.

Para a obtenção dos dados realizamos uma entrevista com os acadêmicos do curso em LIMF/UFOPA. Eles foram entrevistados em três grupos com quatro, três e seis componentes, esses alunos tiveram contato com o *capacitor* durante sua aplicação na disciplina de Laboratório de Física 3, cuja descrição está na subsecção 3.2.1.

A metodologia utilizada para análise dos resultados foram entrevistas de grupo focal<sup>7</sup>, com modalidade exploratória<sup>8</sup>, para registro das falas dos alunos gravamos as conversas em mídia digital.

Antes de iniciarmos a entrevista repassamos as seguintes informações, propostas por Pinheiro (2011), para os alunos participantes dos grupos:

- Apresentação dos objetivos da entrevista.
- Organização da dinâmica pretendida.
- Garantias do anonimato dos alunos.
- Pedido de autorização para publicar as falas.
- Cada aluno falaria por vez.
- Ressaltamos que a atenção de todos seria importante, portanto, evitar conversas paralelas.
- Todos têm direito de expor suas opiniões.

---

<sup>7</sup> “Morgan (1997) define grupos focais como das interações grupais ao se discutir um tópico especial sugerido pelo pesquisador.” [Morgan (1997) apud Gondim 2003, p. 151]

<sup>8</sup> “Os grupos exploratórios estão centrados na produção de conteúdo; a sua orientação teórica está voltada para a geração de hipóteses, o desenvolvimento de modelos e teorias, enquanto que a prática tem como alvo a produção de novas ideias, a identificação das necessidades e expectativas e a descoberta de outros usos para um produto específico. Sua ênfase reside no plano intersubjetivo, ou melhor, naquilo que permite identificar aspectos comuns de um grupo alvo.” [Ibid. p. 152]

A entrevista se desenvolveu na sala de aula onde os alunos tinham a disciplina Física Básica 3 e Cálculo Aplicado.

A pergunta que norteou as respostas dos acadêmicos que iremos analisar foi “Como vocês se consideram quanto a possibilidade de inserção das atividades, experimentos, em suas futuras atividades pedagógicas? Porque?”

Na entrevista não delimitamos as discursões ao experimento do *capacitor*, ou seja, os alunos poderiam citar qualquer atividade experimental desenvolvida durante a disciplina de Laboratório de Física 3. Entretanto, iremos analisar nos áudios apenas as citações feitas diretamente ao *capacitor*, aos experimentos de baixo custo e aos experimentos de forma geral (entendemos que quando o aluno fala de todas as atividades experimentais está incluindo o *capacitor*). Citações às outras atividades experimentais, desenvolvidas durante a disciplina de Laboratório de Física Básica 3, não irá nos interessar nesse trabalho.

Para realizarmos uma análise qualitativa das respostas dos alunos iremos utilizar como método de análise a categorização das falas dos alunos. Objetivamos com essa análise saber se os alunos da graduação utilizariam o capacitor de alta tensão como ferramenta pedagógica em suas futuras atividades escolares e quais as justificativas de suas respostas. Iremos diferenciar os acadêmicos que participaram da entrevista pelo código A1, A2, A3, ..., A13, onde o número de 1 a 13 foi atribuída de forma aleatória.

Dos quinze alunos da turma de Laboratório de Física 3 apenas treze participaram da entrevista, os demais não compareceram no local marcado. As respostas dos alunos foram categorizadas em dois grupos – os que se consideravam aptos em reproduzir os experimentos, “Utilizaria”, e os que não se consideravam aptos em reproduzir os experimentos, “Não utilizaria”. As categorias são apresentadas na tabela 4.1.

Categoria	Justificativas	Nº de alunos	Exemplo de Fala
Não utilizaria	Ins. con. de física e técnico	3	(A4) no meu caso também, não me sinto preparado, porque primeiramente tem que conhecer o equipamento e também no meu caso tem a parte conceitual, que precisa ser melhor trabalhado a parte conceitual física. (30:36)
Utilizaria	Contribui para a P.D. e são M.B.C.	4	(A8) [...] também eu acho que como a gente fez uns 2 ou 3 experimento de baixo custo a gente pode sentir como a gente pode fazer a diferença em sala, [...] acho que das placas paralelas com alumínio lá foi um exemplo disso que a gente pode mostrar o que está acontecendo, foi importante para linkar o conceito com a pratica. (04:41)

	M.B.C.	2	(A10) No caso da gente ir pra pratica docente eu me sinto apta, então essa questão de recursos que foram utilizados pra construção dos experimentos, uma boa parte deles são acessíveis pra gente, pra mim, são de baixo custo. (36:48)
	Não justificados	4	(A7) Pelo menos eu conseguiriam tranquilo se eu pegasse um experimento desse, trabalhasse uns três dias nele eu conseguiria transmitir ele em uma sala de aula, desses que a gente recebeu, tipo agora teria que dá uma estudada um pouquinho antes. (13:02)

**Tabela 4.1.** Categorias das respostas dos acadêmicos sobre o capacitor.

Elegemos três subcategorias baseadas nas justificativas dadas pelos acadêmicos para a utilização dos experimentos em suas futuras atividades pedagógicas: 1- Contribui para a Prática Docente e são Materiais de Baixo Custo (*Contribui para a P.D. e são M.B.C.*): O experimento contribui para a prática docente por facilitar a abordagem do conteúdo de física também são construído com matérias de baixo custo o que facilita sua reprodução, 2- Matérias de Baixo Custo (*M.B.C.*): Os experimentos são constituídos com materiais de baixo custo e 3- *Não justificados*: são os alunos que não deram uma justificativa do porquê se sentiam aptos para reproduzir os experimentos.

Os três acadêmicos que não se consideravam aptos para reproduzir a atividade experimental deram como justificativa, a Insegurança nos Conhecimentos de Física e Técnico (*Ins. con. de física e técnico*) para a reprodução da atividade experimental.

Em suas respostas seis acadêmicos associaram sua capacidade de reprodução dos experimentos (incluindo o *capacitor*) ao fato do aparato experimental ser constituído de materiais de baixo custo e de fácil aceso. Desses acadêmicos, quatro também consideraram que a metodologia trabalhada durante as atividades experimentais também foi importante para facilitar a aplicação do *capacitor* em suas futuras práticas pedagógicas e para abordar os conceitos de física associando a teoria com a prática. Essas mesmas justificativas foram apontadas por Laburú (2005) em pesquisa realizada com professores quanto aos critérios de escolha das atividades experimentais para serem reproduzidas em sala de aula.

Agregada às respostas dos acadêmicos outros dois fatos nos levam a crer que o *capacitor* possui uma boa reprodutibilidade. a) Depois das aulas no laboratório alguns acadêmicos utilizaram o *capacitor* em outras atividades educacionais e b) Dentro do SOME o professor que nos cedeu a turma para a aplicação no terceiro contexto, descrito na subsecção 3.2.3.1, adotou o produto como parte de sua metodologia didática para ser reproduzido em suas aulas. Portanto, esses fatos nos levam a concluir que o produto

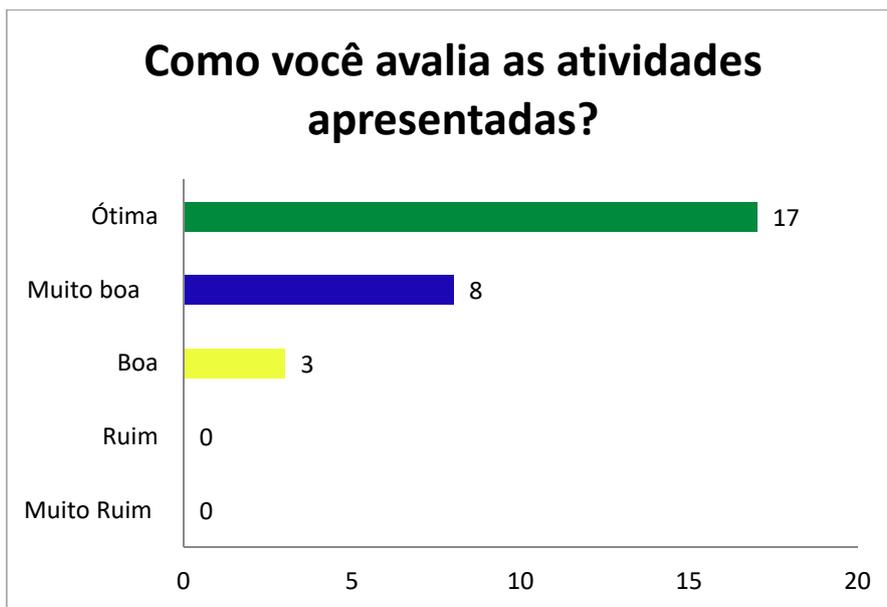
aqui apresentado possui boa reprodutibilidade. Sendo sua construção com materiais de baixo custo a principal característica ressaltada pelos acadêmicos.

#### **4.2. Resultados da aplicação no segundo contexto.**

Com a intenção de verificar a opinião dos alunos do terceiro ano do colégio Madre Imaculada sobre a ludicidade do experimento do capacitor, analisaremos a sétima questão do questionário aplicado na escola Madre Imaculada (Ver apêndice B). As demais questões do questionário não serão analisadas, pois entendemos que o domínio dos conteúdos trabalhados com os alunos não está associado somente a aplicação do *capacitor*. Também a não aplicação de um questionário de conhecimento prévio impossibilita averiguarmos as evoluções nas concepções dos alunos proveniente da aplicação do produto. Os dados obtidos pelas questões foram utilizados como fonte de informação para o professor titular da turma identificar se haveria a necessidade de aprofundar esse conceitos antes de realizar uma avaliação de recuperação com essa turma.

Então analisamos apenas a questão sete, onde os alunos poderiam responder como consideravam o experimento do capacitor quanto à sua ludicidade. Agregado às respostas dos alunos também iremos relatar suas ações no momento da execução do experimento.

Na questão sétima foi feita a seguinte pergunta “Como você avalia as atividades apresentadas?” os alunos poderiam assinalar as alternativas: muito ruim, ruim, boa, muito boa e ótima. No gráfico 4.1 demonstrando a distribuição das respostas dos alunos, sendo que, dos 28 alunos que participaram da atividade 17 afirmaram que a mesma foi ótima, 8 muito boa, 3 boa e nenhum aluno classificou a atividade como ruim ou muito ruim. A grande maioria dos alunos considera as atividades como ótimas ou muito boas.



**Gráfico 4.1.** Distribuição das respostas dos alunos do Madre imaculada para a questão.

Outro indicador da ludicidade da experiência do *capacitor* pode ser constatado pela iniciativa dos alunos em tirar fotos e filmar o experimento (imagem 4.1).



**Imagem 4.1.** Alunos do Madre Imaculada registrando o funcionamento do Capacitor a alta tensão. Fonte: *Os autores*.

As respostas dadas pelos alunos no questionário e as atitudes deles durante a aplicação da experiência do capacitor de alta tensão indicam que essa atividade experimental possui a capacidade de atrair a atenção desses alunos. Porém é importante lembrar que o objetivo de qualquer atividade de ensino é facilitar a aprendizagem [Moreira 2016], portanto, o aspecto lúdico do experimento tem sua importância quando

essa facilita a aquisição de conteúdo. Desse modo analisaremos o aspecto aprendizagem nas próximas subseções.

### **4.3. Resultados da aplicação no terceiro contexto.**

Como fonte de informação sobre a aprendizagem dos alunos do terceiro ano do ensino médio do SOME, utilizaremos os relatos escritos e o questionário aplicado aos alunos (apêndice C). Os relatos escritos são as respostas dos alunos aos problemas experimentais propostos no início da atividade investigativa e os relatórios requeridos no final de cada experimento.

Analisaremos nos relatos apenas os conhecimentos explícitos dos alunos, apresentados de forma escrita (respostas às perguntas feitas durante a aplicação do produto e os relatórios das atividades experimentais), ou seja, buscaremos na escrita dos alunos indícios de aprendizagem significativa, pois a linguagem surge como reflexo das operações mentais [Ausubel 1968, apud, Moreira 2003].

Para examinar os materiais escritos pelos alunos usaremos como método a Análise de Conteúdos por Categorização<sup>9</sup>. Através desse método buscaremos identificar como os alunos utilizaram seus conhecimentos iniciais para responder aos problemas propostos e às mudanças ocorridas nas explicações após a aplicação dos experimentos. Consideraremos como indícios de aprendizagem significativa quando os conhecimentos prévios explícitos dos alunos se modificarem para conhecimentos mais elaborados durante os seus relatos [Moreira 2010a, 2002].

Para identificar os relatos dos alunos usaremos o seguinte código: primeiro uma das duas letras C ou B correspondente ao experimento (Capacitor ou Balança respectivamente) depois um número de 1 a 12 identificando o aluno e por último outro número 1 a 3 identificando a atividade. Exemplo: C1.1 – experimento do capacitor a alta tensão, aluno 1 e atividade 1 (primeira atividade: Resposta para a pergunta “O que acontece quando ligamos a raquete? Porque os papelotes sobem? Porque os papelotes descem?”).

Como intenção de possuir uma ferramenta a mais de análise que possibilite uma melhor compreensão das mudanças nos conhecimentos da turma, propomos um questionário composto por catorze afirmativas que abordam os conteúdos de *cargas elétricas, força eletrostática, campo eletrostático, potencial elétrico, campo magnético*

---

<sup>9</sup> A metodologia de Análise de Conteúdo por categorização seguiu os modelos propostos por Bardin (1977) e Moraes (1999).

e *força eletromagnética*, com cinco alternativas cada questão. As respostas dos alunos serão apresentadas através de tabelas e gráficos.

#### 4.3.1. Resultados por categorização do capacitor de alta tensão.

No experimento do capacitor a alta tensão analisamos 3 dimensões (Força, Eletrização e Causa do movimento). Na dimensão “Força” observamos como os alunos utilizavam o conceito de força elétrica para explicar o movimento dos papelotes. Na dimensão “Eletrização” buscamos observar quais componentes do experimento os alunos consideravam que estavam carregados eletricamente. Na dimensão “Causa do movimento” atentamos para qual seria a causa do movimento dos papelotes, que foram apontados pelos os alunos.

Na dimensão Força surgiram cinco categorias, a dimensão *eletrização* é composta por quatro categorias e na dimensão *causa do movimento* são cinco categorias. A categoria *não responderam* se referem àqueles alunos que não entregaram a atividade. Na tabela 4.2 especificamos as concepções abordadas pelos alunos que permitia sua classificação em cada categoria.

Dimensões	Categorias	Concepções
Força	Atração	Uma força elétrica de atração entre placas e papelotes.
	Repulsão	Uma força elétrica de repulsão entre as placas e os papelotes.
	Atração e repulsão	Duas forças elétricas, atuando simultaneamente, uma de atração e outra de repulsão.
	Não codificados	São as respostas que não fazem referência a força ou não foi possível identificar a concepção do aluno.
	Não responderam	Alunos que não entregaram a atividade.
Eletrização	Placas	Apenas as placas estariam carregadas eletricamente.
	Papelotes	Apenas os papelotes estariam carregados eletricamente.
	Placas e papelotes	As placas e aos papelotes estariam carregados eletricamente.
	Não codificados	São as respostas que não fazem referência a eletrização ou não foi possível identificar a concepção do aluno.
Causa do movimento	Uma força	Para os alunos a causa do movimento é apenas uma força que pode ser de atração ou repulsão.
	Duas forças	Os alunos citam duas forças elétrica (atração e repulsão) como causa do movimento.
	Cargas	O Movimento dos papelotes surgiria das cargas elétricas.

	Outras	Os alunos citaram as seguintes causas para o movimento dos papelotes: materiais isolantes, materiais condutores e faísca (descargas elétricas).
	Não codificados	São as respostas que não fazem referência a causa do movimento ou não foi possível identificar a concepção do aluno.

**Tabela 4.2.** A apresentação dos significados de cada categoria do capacitor.

Na tabela 4.3 mostramos o resultado da qualificação do relato dos alunos para cada atividade, as atividades propostas que geraram os relatos são: Atividade 1 – Situação problema experimental “O que acontece quando ligamos a raquete? Porque os papelotes sobem? Porque os papelotes descem?”. Atividade 2 – Situação problema experimental “Se colocarmos uma fita durex (isolante) na placa de cima, o que você acha que vai acontecer? Explique sua resposta”. Atividade 3 – Relatório final proposto aos alunos “Faça um relatório detalhado dos experimentos feitos em sala de aula”.

Dimensões	Categorias	Atividade 1	Atividade 2	Atividade 3
Força	Atração	4	1	1
	Repulsão	0	4	2
	Atração e repulsão	1	3	6
	Não codificados	7	3	1
	Não responderam	0	1	2
Eletrização	Placas	1	3	1
	Papelotes	4	0	0
	Placa e papelotes	2	1	8
	Não codificados	5	7	1
Causa do movimento	Uma força	4	5	3
	Duas forças	1	3	6
	Cargas	3	0	1
	Outras	2	1	0
	Não codificados	2	2	0

**Tabela 4.3.** Número de referências de acordo com a categoria e as atividades de eletrostática.

A tabela 4.3 proporciona muitas informações, portanto para analisá-la melhor, iremos dividir em três tópicos, cada tópico comentará sobre uma atividade.

#### 4.3.1.1. Análise da Atividade 1

Na tabela 4.4 apresenta as categorias, o número de alunos que fazem referência as categorias na atividade 1, o código de referência dos registros e parte dos registros com indicadores para a categoria.

Categorias	Nº de alunos	Código	Relatos
Atração	4	C3.1	Ocorre uma redistribuição de cargas, a base neutra fica eletrizada e puxam os pedaços. Porque, já que ocorre a redistribuição as cargas ficam diferentes durante a eletrização atraindo seus opostos.
Atração e repulsão	1	C7.1	E com isso, ao mesmo tempo que eram atraídos, eram repelidos também. Por isso subiam e desciam
Não codificados	7	C5.1	Porque quando liga a raquete ela forma energia para os papeis e ai eles sobem em uma velocidade acelerada.
Placas	1	C3.1	Os pedacinhos saltam, entrando em contato com o papel alumínio carregada eletricamente.
Papelotes	4	C2.1	Os papelzinhos repicados recebem cargas tanto negativas quanto positivas, sendo assim começam a se movimentar, subindo e se espalhando.
Placas e papelotes	2	C6.1	Quando as placas recebem carga elétrica os pedaços de papel de alumínio também recebem e então acontece o sobe e desce dos papeis, [...].
Não codificados	5	C1.1	Os pedaços de papeis ficam todos embaralhados, todo se movimenta as cargas negativas. Porque todos os papelzinho se atraem em todos os movimento um do outros. Eles desce porque cada um dos papeis tem que sobe e no mesmo movimento desce.
Uma força	4	C8.1	E porque os corpos ficam eletrizados e tendem a si locomover para uma das duas placas sendo elas com cargas elétricas diferentes uma atrai a outra.
Duas forças	1	C7.1	E com isso, ao mesmo tempo que eram atraídos, eram repelidos também. Por isso subiam e desciam
Cargas	3	C6.1	Quando as placas recebem carga elétrica os pedaços de papel de alumínio também recebem e então acontece o sobe e desce dos papeis, [...].
Outras	2	C101	Sobem e descem, pelo fato de apresentarem átomos cujos elétrons tem capacidade de libertar-se e movimentar-se pelo material, [...].
Não codificados	2	C12.1	Ao ligar a raquete os papelzinho fica em movimento tendo contato com a outra placa. E porque as duas cargas não se liga ou mesmo tempo e não ser atrai. E Porque as duas cargas elétrica não ser atrai.

**Tabela 4.4.** Indicadores para as categorias na atividade 1 do capacitor.

Na primeira atividade apenas quatro alunos falam de uma força atrativa atuando entre as placas e os papelotes e um aluno faz referência a duas forças, uma de atração e outra de repulsão, como sendo responsável por movimentar os papelotes entre as placas.

Dos setes alunos que não trabalham com o conceito de força, três associaram o movimento dos papelotes como sendo resultados das cargas, dois alunos disseram que o

movimento está associado à condutividade do material das placas e papelotes e para outros dois não conseguimos identificar suas concepções sobre o surgimento do movimento.

Na dimensão eletrização apenas um aluno se refere às placas como estando carregadas eletricamente, quatro alunos percebem que os papelotes estão eletrizados e apenas dois alunos expressam que tanto as placas como os papelotes estão carregados eletricamente.

Para um primeiro contato com o experimento os alunos já utilizaram dos conceitos de força e/ou cargas elétricas para explicar o movimento dos papelotes, associamos isso ao fato da turma ter estudado esses conceitos com o professor titular no início do módulo. Também percebemos os seguintes aspectos:

- Cinco alunos usaram o termo força para explicar o movimento dos papelotes, desses, apenas um percebe a existência de duas forças de origem elétrica atuando nos papelotes.
- Para outros cinco alunos o movimento está associado somente a existência de cargas elétricas. Para trabalhar essa ideia sugerimos mudar o formato geométrico dos papelotes, para pequenas bolinhas<sup>10</sup>. Nesse caso os papelotes continuariam carregados, porém a força não iria movimentá-los.
- Nove alunos não afirmaram que as placas estariam carregadas, porém seis corroboraram com a ideia de que os papelotes estavam eletrizados.
- De forma geral os relatos demonstram uma certa dificuldade em organizar os conceitos para explicar os fenômenos ocorridos no experimento.

#### *4.3.1.2. Análise da Atividade 2*

Os resultados da análise da atividade 2 estão apresentados na tabela 4.5 bem como os parte dos registros dos relatos dos alunos com indicadores para as categorias.

---

<sup>10</sup> Abordamos, na subseção 3.1.1.2 no tópico Bolinhas de papelotes, os resultados por usar bolinhas de papelotes ao invés de plaquetas de papelotes.

Categorias	Nº de alunos	Código	Relatos
Atração	1	C3.2	Eu acho que vai dar uma carga positiva ou negativa que as cargas se atraem cada vez mais de uma de outras que fica as fitas Isolantes.
Repulsão	4	C6.2	[...] então pode acontecer que a base de baixo receberá cargas elétrica e ira repeli os papelzinho, sendo que a base de cima com fita “durex” não haverá o mesmo resultado pois é isolante.
Atração e repulsão	3	C5.2	Eu acho que não vai acontece nada, porque para acontecer alguma coisa é necessário que aja duas forças elétricas.
Não codificados	3	C4.2	Eu acho que a fita que está com o durex vai entrar em contato com a que está com alumínio, e com isso vai acontece a faísca
Não responderam	1	----	-----
Placas	3	C6.2	Na opinião, se uma das bases for de durex (e esse material for totalmente) isolante, a base não receberá cargas elétricas, então pode acontecer que a base de baixo receberá cargas elétrica e ira repeli os papelzinho, sendo que a base de cima com fita “durex” não haverá o mesmo resultado pois é isolante.”
Placas e Papelotes	1	C8.2	[...] uma pequena movimentação entre a placa de alumínio com os pedaços de alumínio pelo fato de o pedaço de alumínio está em contato com a placa ficando assim os dois com o mesmo sinais criando uma pequena força de repulsão,
Não codificados	7	C1.2	Eu acho que, si colocarmos a fita em uma das placas não haverá nenhuma reação pelo fato da fita ser isolante.
Uma força	5	C7.2	Na opinião, revestindo totalmente a placa com fita durex, haveria apenas a força de repulsão entre a placa de baixo e os papeis, ou seja, eles só iriam subir [...]
Duas forças	3	C9.2	Não acontecerá nada, porque para que ocorra algum tipo de carga elétrica são necessárias duas forças
Outras	1	C1.1	[...] não haverá nenhuma reação pelo fato da fita ser isolante.
Não codificados	2	C5.2	Eu acho que vai dar uma carga positiva ou negativa que as cargas se atraem cada vez mais de uma de outras que fica as fitas Isolantes.

**Tabela 4.5.** Indicadores para as categorias na atividade 2 do capacitor.

Nos resultados da segunda atividade nas dimensões *força*, *eletrização* e *causa do movimento*, tivemos três, sete e dois alunos, respectivamente, que foram categorizados como *Não codificados*. Durante suas respostas esses alunos deram poucas explicações para suas previsões, ou seja, a maioria das respostas eram do tipo acontece isso ou aquilo, porém não utilizaram ou utilizaram muito parcamente conceitos físicos para suas hipóteses.

Dos onze alunos que entregaram a atividade oito passaram a utilizar a ideia de força para tentar explicar as suas hipóteses, desses, um aluno usa a força de atração, quatro usam força de repulsão e três falam das duas forças, no aspecto da eletrização três alunos propõem que a adição da fita durex irá impedir a placa de carregar eletricamente.

Apesar de apenas um aluno citar que as placas e os papelotes estariam eletrizados é possível notar nos relatos de outros quatro alunos, de forma indireta, que as placas também estariam carregadas. Percebemos isso quando eles citam que os papelotes estariam carregados eletricamente por estarem em contato com a placa de baixo e quando falam da força de repulsão entre as placas e os papelotes.

Notamos que alguns alunos tiveram uma compreensão do problema experimental diferente da proposta durante a pergunta. Na proposta apenas um pedaço de fita seria grudado na placa de cima mas para eles a placa toda seria envolta em fita (indicador C6.2). Com essa mudança apenas a placa de baixo iria carregar, pois a placa de cima não possuiria conexão elétrica com a raquete. Os alunos também começaram a utilizar do conceito de duas forças (atração e repulsão) para prever o que iria acontecer, ou seja, o movimento dos papelotes passou a depender da existência de uma força elétrica de repulsão e outra de atração atuando simultaneamente no papelote.

#### 4.3.1.3. Análise da Atividade 3

Como última atividade proposta, para o experimento do capacitor de alta tensão, pedimos a turma que fizessem um relatório das atividades desenvolvidas durante as aulas. As respostas e parte dos registros dos relatórios dos alunos podem ser visualizados na tabela 4.6 com indicadores para construção das categorias.

Categorias	Nº de alunos	Código	Relatos
Atração	1	C5.3	[...] a placa e os corpos ficam em atração é por isso que os corpos ficam grudados na fita.
Repulsão	2	C12.3	[...] em movimento porque as cargas vão ser repeli os elementos quando os papeis conecta na outra placa ela ser repele com a mesma cargas negativa e positiva.
Atração e repulsão	6	C3.3	Os pequenos pedaços são atraídos pela carga de sinal oposto (positiva) e as duas forças (repulsão e atração) atuam juntas.
Não codificados	1	C4.3	[...] já a faísca ela é um raio de luz isso fazia com que os papéis descesse e subisse,
Não responderam	2	----	-----
Placas	1	C4.3	Em todas essa experiência eu pude perceber que as duas capa sempre ficava eletrizada quando fizemos outra, experiência com os movimentos foi o mesmo,

Placas e papelotes	8	C5.3	Com o experimento podemos ver que a placa de baixo ela está positiva e a da cima negativa. E vimos que os corpos [papelotes] ao ter contato com a placa de baixo eles ficam com a mesma carga elétrica e é por isso que ao ligar a raquete os corpos sobem e ao chegar na de cima eles voltam por causa do contato.
Não codificados	1	C9.3	[...] a primeira experiência, como vimos, nos metais os papeis se libertavam facilmente e era atraídas, movimentando-se livremente pelo material. Isso determina que as cargas elétricas podem espalhar-se imediatamente sobre o papel alumínio.
Uma força	3	C6.3	Quando a placa de baixo recebia carga elétrica, ao mesmo ela transferia essa carga para os pedaços de papeis que ficavam positiva, daí se repelia.
Duas forças	6	C2.3	As forças elétricas são maiores que a força peso, por isso os papeis sobem.
Cargas	1	C5.3	Com o experimento podemos ver que a placa de baixo ela está positiva e a da cima negativa. E vimos que os corpos [papelotes] ao ter contato com a placa de baixo eles ficam com a mesma carga elétrica e é por isso que ao ligar a raquete os corpos sobem e ao chegar na de cima eles voltam por causa do contato.

**Tabela 4.6.** Indicadores para as categorias na atividade 3 do capacitor.

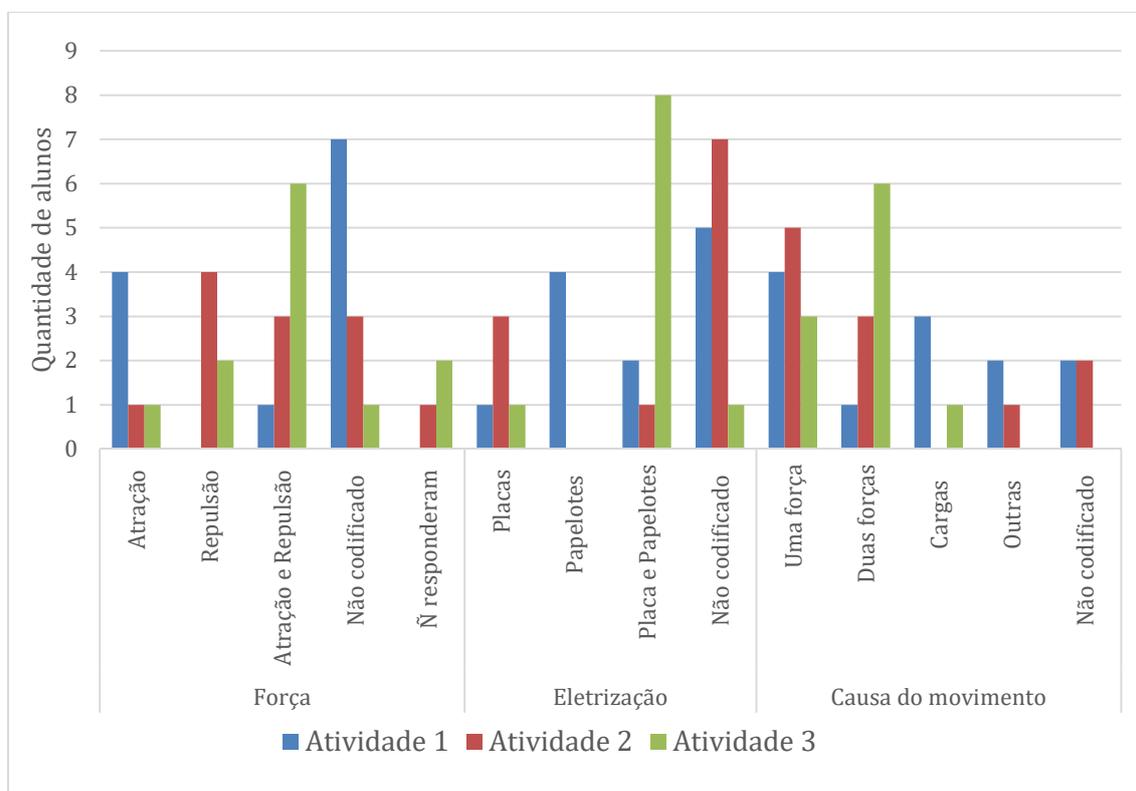
Dos doze alunos na turma somente dez entregaram essa atividade, desses, oito deixaram evidentes que as placas e os papelotes estão eletrizados, somente um aluno não identificou como seria a eletrização dos componentes do experimento e outro aluno só identificou as placas como estando carregadas. Para nove alunos a força atua nos papelotes provocando o movimento dos mesmos, desses, seis citam duas forças atuando simultaneamente nos papelotes, dois citam uma força de repulsão, e apenas um trata de atração.

Um fato que nos chamou atenção foi que dois alunos parecem não ter entendido o experimento, eles dizem que as descargas elétricas “faíscas” são as responsáveis por eletrizar as placas (Indicador C4.3). O aluno C1.3 declarou “ai eu pude entender que um do experimento era uma raquete e dois cliques encostado no ferro elétrico se apertava [apertava] no botão da raquete e **dava simplesmente uma faísca** os pedaços de papeis se dava um condutor com movimento entre duas carga”. Isso demonstra que a negociação de significados<sup>11</sup> com esses alunos, sobre a descarga elétrica entre as placas, não ocorreu de forma adequada, portanto segundo proposto por Moreira (2003), seria necessário uma renegociação dos significados desse conteúdo.

<sup>11</sup> Termo Negociação de Significado segundo proposta pela teoria da Aprendizagem significativa.

Nessa última atividade os alunos passaram a trabalhar com as duas forças elétricas e a força peso dos papelotes para explicar o movimento, eles também demonstraram uma melhor organização das ideias, os textos se tornaram mais claros.

No gráfico 4.2 apresenta a quantidade de alunos que se enquadraram em cada categoria para as três atividades desenvolvidas durante a aplicação do *capacitor*.



**Gráfico 4.2.** Comparação do número de categorizados nas três atividades.

Ao observar o gráfico 4.2 destacamos três aspectos relacionadas com as respostas dos alunos para antes e depois das atividades desenvolvidas.

- 1- Na primeira atividade os alunos utilizavam das ideias de forças elétricas de atração para explicar o movimento dos papelotes. Na terceira atividade os alunos passaram a abordar as forças elétricas de atração e repulsão atuando simultaneamente para movimentar os papelotes.
- 2- Da atividade 1 para a atividade 3 houve um acréscimo na quantidade de alunos que citaram que tanto as placas como os papelotes estavam carregados eletricamente. Sendo que os papelotes se eletrizam por contato com as placas de modo a ficarem com o mesmo sinal da placa que lhe cedeu cargas.

- 3- Em todas as dimensões a quantidade de relatos *não codificados* reduziram. Indicando também que muitos alunos passaram a escrever de forma mais clara e utilizar de forma mais coerente os conceitos físicos.

Portanto, depois da aplicação do produto, os alunos externalizaram que avançaram em termos quantitativos e qualitativos. Quantitativo devido ao número crescente de alunos que passaram a demonstrar uma concepção mais aceita cientificamente e qualitativa pois as suas explicações se tornam mais completas, compreensíveis e detalhadas. Consideramos que essas mudanças são indícios de aprendizagem significativa sobre os conteúdos trabalhados durante a abordagem experimental e teórica.

#### 4.3.2. *Resultados por categorização da balança de corrente em campo magnético.*

Durante a aplicação da balança de corrente em campo magnético foram propostas duas atividades para os alunos. A atividade 1: *Explique porque a balança se move quando aproximamos um ímã?* Foi proposta no primeiro contato dos alunos com o experimento, até esse momento eles não tinham tido o conteúdo de magnetismo nem de eletrodinâmica. Essa atividade nos proporciona ter uma percepção dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo.

A segunda atividade: *Faça um relato explicando o experimento da balança*, foi realizada depois da aplicação do produto descrito na subseção 3.2.3.2, com essa atividade podemos analisar as mudanças nos relatos dos alunos.

Ao analisarmos os relatos dos alunos consideramos as três dimensões:

- Força – Nessa dimensão buscamos identificar as ideias que os alunos tinham sobre a direção da força eletromagnética.
- Energizando o sistema – Nessa dimensão analisamos os conceitos utilizados pelos alunos para explicar o que acontece ao ligar a balança na bateria.
- Ímã – Nessa dimensão analisamos quais os conceitos os alunos associam ao ímã.

Na tabela 4.7 especificamos o que significa cada uma das categorias que surgiram das respostas dos alunos. A categoria “Não responderam” da dimensão “Força” corresponde aos alunos que não realizaram a atividade proposta, portanto, seus valores também correspondem às demais dimensões.

Dimensões	Categorias	Significados das categorias
Força	Horizontal	Consideramos as citações dos alunos para forças (atração e repulsão) como possuindo direção horizontal.
	Vertical	Força com direção vertical, ou seja, para cima ou para baixo.
	Não codificados	São os alunos que não fizeram referência a forças para explicar o movimento da balança ou não foi possível identificar a resposta do aluno.
	Não responderam	Alunos que não entregaram as atividades propostas.
Energizando o sistema	Eletrodinâmica	Utilizam ideias da eletrodinâmica como: Correntes, direção ou sentido da corrente.
	Eletrostática	Utilizam conceitos da eletrostática como: força eletrostática, campo elétrico e cargas elétricas.
	Não codificados	Alunos que não atribuíram nenhum conceito ao processo de energização ou não foi possível identificar a resposta do aluno.
Ímã	Campo magnético	O ímã possui campo magnético.
	Polos magnéticos	O ímã possui polos magnéticos
	Campo e Polos magnéticos	O ímã possui Campo magnético e Polos magnéticos.
	Não codificados	Alunos que não fizeram referências as características de um ímã ou não foi possível identificar a resposta do aluno.

**Tabela 4.7.** A apresentação dos significados de cada categoria da balança.

A tabela 4.8 possui os resultados dos resultados da categorização dos relatos dos alunos para as atividades 1 e 2.

Dimensões	Categorias	Atividade 1	Atividade 2
Força	Horizontal	4	0
	Vertical	0	6
	Não codificados	2	5
	Não responderam	6	1
Energizando o sistema	Eletrodinâmica	1	9
	Eletrostática	3	2
	Não codificados	2	0
Ímã	Campo magnético	3	1
	Polos magnéticos	0	9
	Campos e Polos magnéticos	0	1
	Não codificados	3	0

**Tabela 4.8.** Número de referências de acordo com a categoria e a atividade da balança.

Para facilitar a análise dos dados da tabela 4.8 iremos trabalhar em tópicos, no primeiro apresentaremos a exploração dos dados da atividade 1 e no segundo tópico abordaremos os dados da atividade 2.

#### 4.3.2.1. Análise da Atividade 1

A tabela 4.9 apresenta as categorias, o número de alunos, o código de identificação do registro e parte dos registros para identificação dos indicadores. Na tabela 4.9 são apresentados os relatos de seis alunos, pois dos doze alunos da turma apenas estes entregaram a atividade 1.

Categorias	Nº de alunos	Código	Relatos
Horizontal	4	B3.1	[...] ao aproximarmos o ímã esse mesmo lado é atraído por ele, estabilizando a balança enquanto o ímã estiver próximo ao lado de carga oposta e a balança estiver eletrizada.
Não codificados	2	B6.1	Quando colocamos os pedaços de ímãs, aproximando do ferro da base (balança). Quando ligamos a bateria a balança e colocamos os ímãs, aproximando, ela fica estável, sendo que quando não estar ligado a bateria a balança não fica estável.
Não responderam	6	----	-----
Eletrodinâmica	1	B2.1	Eu acho que ao ligar a bateria as correntes elétricas percorrem pelo alumínio, com cargas negativas e positivas, fazendo com que seja atraído pelo ímã.
Eletrostática	3	B8.1	[...] porque ao ligarmos os chicotes com as grafites passou a adquirir uma força elétrica sobre a base criando assim um campo eletrostática sobre a base.
Não codificados	2	B9.1	Quando fizemos o experimento houve dois tipos de reação, quando a bateria não estava conectada à balança, a mesma não se equilibrava e quando conectamos na bateria houve uma atração e o ímã começou a mover a balança deixando-a equilibrada.
Campo magnético	3	B8.1	[...] sendo que o ímã possui um campo magnético os dois campos se atraem um com o outro.
Não codificados	3	B1.1	Os dois ímãs cada um deles tinha duas forças elétrica duas cargas positiva e negativa que dava simplesmente força inicialmente neutra. Pode se ocorrer por atrito por contato por indução.

**Tabela 4.9.** Indicadores para as categorias na atividade 1 da balança

Dois relatos foram categorizados como *não codificados*, pois eles não utilizaram a ideia de força para explicar o funcionamento da balança, apenas fizeram uma descrição do experimento. Quatro alunos utilizaram o termo *atração* em seus relatos

para explicar o porquê a balança desce ou sobe, entendemos que a utilização do termo *atração* é indício que a força tem direção horizontal.

Ao analisar a dimensão *energização do sistema* apenas um aluno cita corrente elétrica como resultado da conexão com a bateria, outros três alunos usam de conceitos da eletrostática quando se referiam a energização do sistema e dois outros alunos foram categorizados como *não codificados* por não explicitar nenhum conceito associado a energização da balança.

Na dimensão *ímã* três alunos afirmam que os ímãs possuem campo magnético. Três relatos foram categorizados como *não codificados* por não atribuírem nenhuma característica ao ímã.

Analisando as respostas dos alunos para a atividade 1 ressaltamos os seguintes pontos:

- Como os alunos não tiveram contato com o conteúdo de eletromagnetismos eles utilizam de suas concepções sobre eletrostática para tentar explicar o funcionamento da balança, ou seja, os alunos utilizaram seus conhecimentos prévios sobre eletrostática para tentar explicar um novo fenômeno.
- Sempre que se referem à força entre o ímã e o fio eles usam o termo “*atração*”, levando a interpretação que a força eletromagnética teria direção horizontal, mesmo a balança se movendo em direção tangencial a um círculo.
- Os alunos escrevem que os ímãs possuem polos magnéticos, porém para eles parece que a magnetostática interage com a eletrostática. Nos conhecimentos prévios aparentam ter pouca distinção entre a magnetostática e a eletrostática.
- No relato B1.1 a maior parte parece ter sido copiada de um livro. A atitude de copiar não favorece a construção do conhecimento, porém, demonstra o interesse do aluno em buscar o conhecimento relacionado ao experimento.
- A proposta de identificar uma força perpendicular ao plano, formado pelo campo magnético e pela corrente elétrica, não é algo intuitivo para o aluno, portanto não é de se esperar que tais conceitos surjam espontaneamente para o estudante.

A utilização dos conceitos de eletrostática como polos elétricos, campo elétrico e força elétrica, pelos alunos para explicar o magnetismo também foi apontado por Borges (1998) em sua pesquisa como uma das concepções alternativas dos alunos para explicar fenômenos do eletromagnetismo.

#### 4.3.2.2. Análise da Atividade 2

A tabela 4.10 apresenta como resultado da atividade 2, as categorias, o número de alunos que possuem relatos enquadrados nas categorias, os códigos de identificação dos registros e partes dos relatos dos alunos com indicadores das categorias.

Categorias	Nº de alunos	Código	Relatos
Vertical	6	B6.2	[...] ao mesmo tempo que o sul tem força para baixo, o norte tem para cima, então elas tem a mesma força e se estabilizou.
Não codificados	5	B5.2	Na primeira tentativa ligamos a balança na bateria e colocamos os dois ímãs com o sentido polo norte e a balança subiu. Depois colocamos os imas um sentido sul e a balança desce. Logo depois colocamos os imas um sentido norte e a outro sentido sul e a balança na [não] mexem.
Não responderam	1	---	-----
Eletrodinâmica	9	B2.2	A corrente elétrica tem uma direção sempre sai do polo positivo e chega até o polo negativo.
Eletrostática	2	B11.2	Uma balança ele recebe uma carga de carbonos como no sul da balança ele sobe e norte desce ele tenho uma carga positiva e negativa.
Campo magnético	1	B1.2	Cada campo magnético tem uma corrente que se repelem porque as forças vão se atraindo por ao forças seus iguais.
Polos magnéticos	9	B7.2	E para tentar a sorte usamos um ímã com o polo norte e o outro com polo sul, o resultado foi que a balança nem subiu e nem desceu,
Campo e Polos magnéticos	1	B3.2	Sendo assim quando colocamos os dois juntos (polo sul e polo norte) próximo a balança ela se estabiliza ou seja a força muda. Ao mantermos a polaridade [da corrente] e o campo magnético ela desce, ou seja, os dois influenciam na força.

**Tabela 4.10.** Indicadores para as categorias na atividade 2 da balança.

A atividade 2 foi realizada por onze alunos dos quais seis citaram que a força eletromagnética teria direção vertical (pra cima ou para baixo) e cinco não fizeram referência à força.

Na dimensão *energização do sistema* dois alunos usaram conceitos de eletrostática para explicar o que acontecia com a balança ao ligar na bateria, os outros nove alunos usaram o termo *corrente* e se referem aos polos elétricos da bateria para determinar o sentido da corrente.

Apenas um aluno cita que os ímãs possuem campo magnético, outro aluno se refere aos ímãs como possuindo campo magnético e polos magnéticos e nove alunos associaram os ímãs com polos magnéticos norte e sul.

Durante nossa análise identificamos que parte do relato B9.2 era idêntico ao relato B7.2, então consideramos que um aluno copiou do outro, como não sabemos quem foi o autor, desconsideramos a parte copiada.

Através da análise dos relatórios dos alunos é possível identificar os seguintes aspectos:

- ✓ Os alunos explicitam perceber uma relação entre a força eletromagnética, o sentido da corrente elétrica e os polos magnético.
- ✓ O movimento da balança está associado a uma força com direção vertical e sentido para cima ou para baixo, correspondendo ao mesmo sentido do movimento.
- ✓ Os relatos B3.2, B6.2 e B7.2 também ressaltam que a distância entre os ímãs e a balança influencia na posição da balança.

Devido ao curto tempo<sup>12</sup> disponível para a aplicação do produto não foi possível aprofundar os conceitos associados ao experimento da balança. Além do curto tempo o conteúdo de eletromagnetismos é muito complexo, pois para entendê-lo é necessário ter domínios de outros conceitos da física. Mesmo com esses problemas, ao comparar os relatos dos alunos na atividade 1 e na atividade 2 é possível perceber que os alunos passaram a compreender melhor o sentido da força eletromagnética e suas relações com a corrente e o campo magnético. Os alunos também pararam de utilizar no eletromagnetismo conceitos da eletrostática e demonstraram avanços no entendimento inicial sobre corrente elétrica.

#### 4.3.3. Resultados pelo questionário.

O questionário 2, aplicado no SOME, é composto por 14 afirmativas, cada qual com cinco alternativas em uma gradação discordância-concordância, da seguinte maneira: *discordo totalmente, discordo, não sei, concordo ou concordo totalmente* (Apêndice C). Com esse questionário buscamos averiguar as concepções dos alunos sobre *cargas elétricas, força eletrostática, campo eletrostático, potencial elétrico, campo magnético e força eletromagnética*.

---

<sup>12</sup> O tempo de aplicação para a balança de corrente em campo magnético foi reduzido por dois fatores: 1 - A elaboração do último relatório do *capacitor* que deveria ser confeccionado em casa e os alunos fizeram em sala de aula, o que atrasou o início do conteúdo de magnetismos. 2 - A chuva no último dia o que impossibilitou a continuidade das atividades.

As respostas assinaladas pelos alunos do SOME para o questionário podem ser visualizadas na tabela 4.6 que contém as quatorze afirmativas e os respectivos níveis de acertos das respostas dos alunos para cada questão, para antes e depois da aplicação do produto. Onde Q.1, Q.2, ..., Q.14 são as questões do questionário, AA.1, AA.2, ..., AA.12 correspondem aos alunos antes da aplicação dos produtos e AD.1, AD.2, ..., AD.12 correspondem aos alunos depois da aplicação dos produtos.

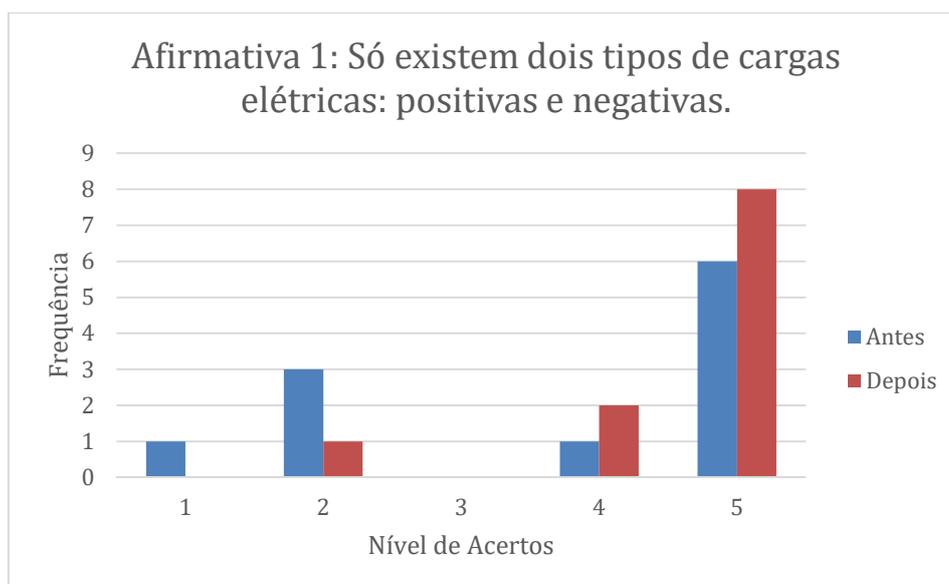
O aluno 7 não respondeu o questionário no primeiro dia, pois ele não estava presente. Apesar de ele ter respondido o questionário no último dia decidimos por não utilizar suas respostas finais. Por isso que as respostas do aluno 7 não aparecem na tabela 4.11 e também não estão contabilizadas nos gráficos abaixo.

Antes														
	Q.1	Q.2	Q.3	Q.4	Q.5	Q.6	Q.7	Q.8	Q.9	Q.10	Q.11	Q.12	Q.13	Q.14
AA.1	2	4	5	3	3	3	4	2	4	5	3	4	2	4
AA.2	2	4	2	1	3	4	3	2	5	4	3	3	2	3
AA.3	5	4	5	4	5	1	5	5	4	5	2	2	4	4
AA.4	5	4	4	2	3	3	3	2	4	4	3	4	2	3
AA.5	5	4	2	6	3	3	4	3	4	5	2	4	3	5
AA.6	2	2	4	2	1	4	4	4	4	1	6	4	4	5
AA.7														
AA.8	5	2	5	2	2	1	5	1	2	5	5	2	2	5
AA.9	5	4	5	4	3	3	4	2	4	4	4	2	4	4
AA.10	5	5	5	3	5	4	5	1	5	5	4	4	1	2
AA.11	1	4	5	2	4	4	4	4	5	4	2	3	4	4
AA.12	4	4	4	2	3	4	3	2	2	3	4	4	3	2
Depois														
	Q.1	Q.2	Q.3	Q.4	Q.5	Q.6	Q.7	Q.8	Q.9	Q.10	Q.11	Q.12	Q.13	Q.14
AD.1	5	5	3	4	5	4	4	2	4	4	2	5	2	2
AD.2	4	4	5	4	4	4	4	2	4	5	2	4	4	4
AD.3	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	1	4	2	4
AD.4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	1
AD.5	5	2	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	5	1
AD.6	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	5	1
AD.7														
AD.8	2	2	5	4	4	4	4	5	4	4	5	1	5	1
AD.9	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	5	1
AD.10	5	5	5	4	5	5	5	1	5	5	2	5	4	4
AD.11	4	5	3	3	4	5	4	2	3	4	3	4	1	5
AD.12	5	5	3	4	3	2	5	2	0	2	3	4	2	3

**Tabela 4.11.** Níveis de acertos dos alunos para o questionário 2.

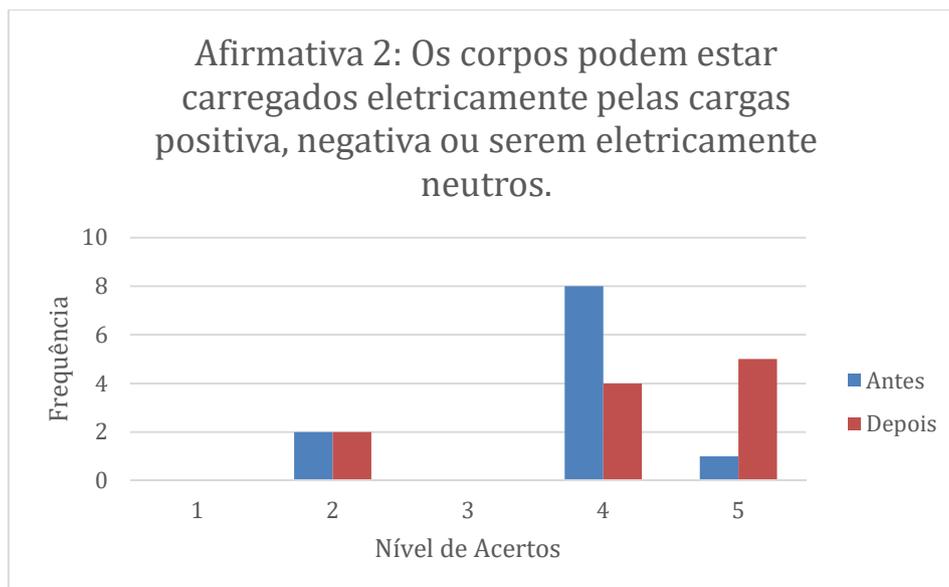
As respostas induzidas pelo questionário na escala Likert foram transformadas de modo que o valor 5 sempre indica maior nível de acerto, enquanto o número 1 indica uma resposta errada, ou o menor nível de acerto. Assim nove questões (1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 12 e 14) mantiveram seus valores e cinco (3, 4, 8, 11 e 13), tiveram seus valores permutados segundo a expressão:  $6 - n$ , onde  $n$  é o valor na escala Likert original da resposta.

No Gráfico 4.3 é possível perceber uma melhora no nível de acertos dos três alunos que *discordavam* e *discordavam totalmente* da afirmativa 1, antes das atividades pedagógicas, passaram a *concordar* e a *concordar totalmente* com a afirmativa, demonstrando que o número de alunos que passaram a compreender melhor o conceito de carga elétrica foi maior. Somente o aluno A8 que regrediu do nível 5 para 2. Também é possível perceber que inicialmente a maioria dos alunos (sete) responderam corretamente à afirmativa. Atribuímos isso ao fato dos alunos do SOME terem estudado esse assunto com o professor titular da turma.



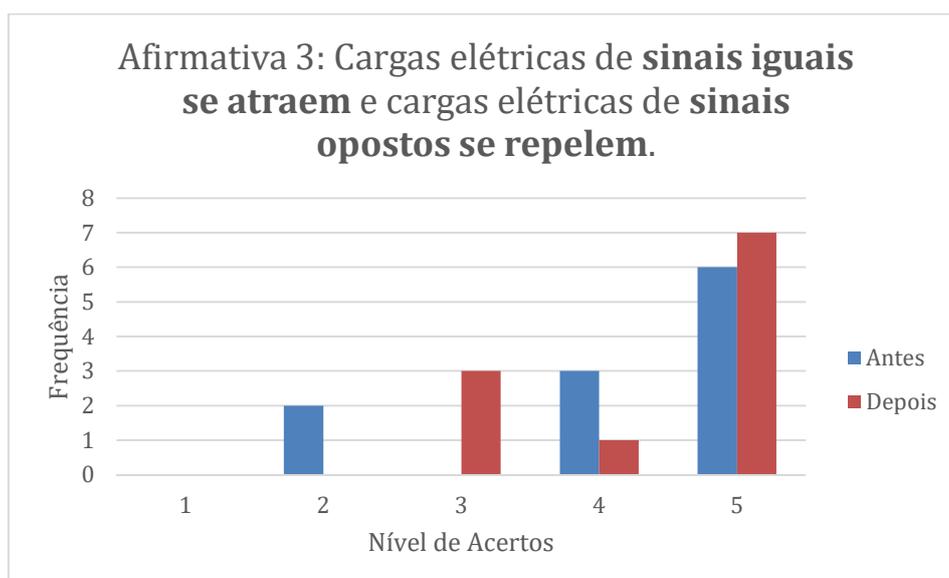
**Gráfico 4.3.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 1.

Na afirmativa 2 percebemos uma melhora qualitativa do nível de acertos dos alunos (Gráfico 4.4) onde quatro alunos que já *concordavam* com a afirmativa passaram a *concordar totalmente*, ou seja, os alunos passaram a ter mais confiança em suas concepções sobre cargas elétricas. Apesar dessas melhorias ainda percebemos que o aluno A8 não mudou sua resposta permanecendo com nível de acerto 2 e o aluno A5 regrediu do nível de acerto 4 para o nível de certo 2.



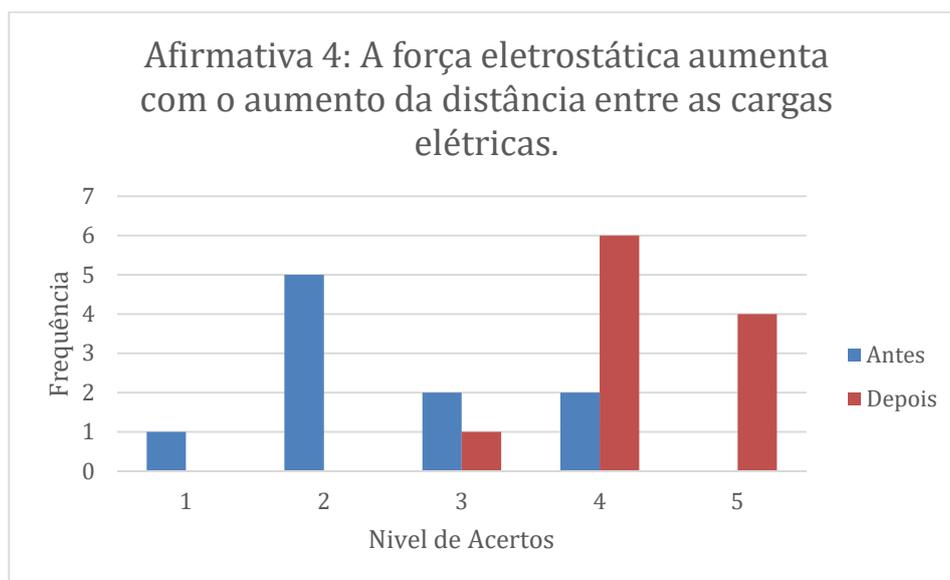
**Gráfico 4.4.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 2.

Para analisar os conhecimentos dos alunos quanto a relação entre a força elétrica com os sinais das cargas elétricas utilizamos a afirmativa 3. As frequências de cada resposta podem ser visualizadas no Gráfico 4.5. De forma geral as respostas dos alunos não tiveram grandes mudanças. Atribuímos isso às aulas ministradas pelo professor titular da turma no período anterior à aplicação do produto, de forma que os níveis de acertos iniciais dos alunos foram elevados. Entretanto três alunos A1, A11 e o A12 regrediram no nível de acerto passando a assinalar que não sabiam responder a afirmativa e os alunos A2 e A5 passaram do nível de acerto 2 para o nível de acerto 5. Os demais alunos permaneceram com os mesmos níveis de acertos.



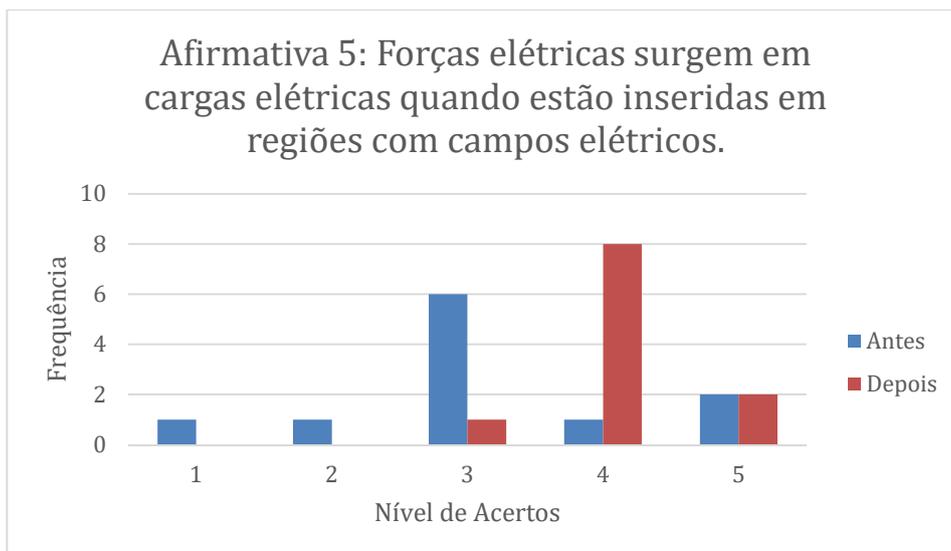
**Gráfico 4.5.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 3.

Diferente do ocorrido anteriormente, na afirmativa 4 as mudanças nas concepções dos alunos sobre a relação entre força elétrica e as distâncias entre as cargas foram muito intensas (Gráfico 4.6). Podemos perceber que todos os alunos melhoraram seus níveis de acertos, passando de uma concepção errônea de que a força elétrica seria maior com o aumento da distância entre as cargas, para a concepção que a força elétrica é menor com o aumento da distância entre as cargas elétricas. Apenas o aluno A11 que subiu de nível de acerto de 2 para 3.



**Gráfico 4.6.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 4.

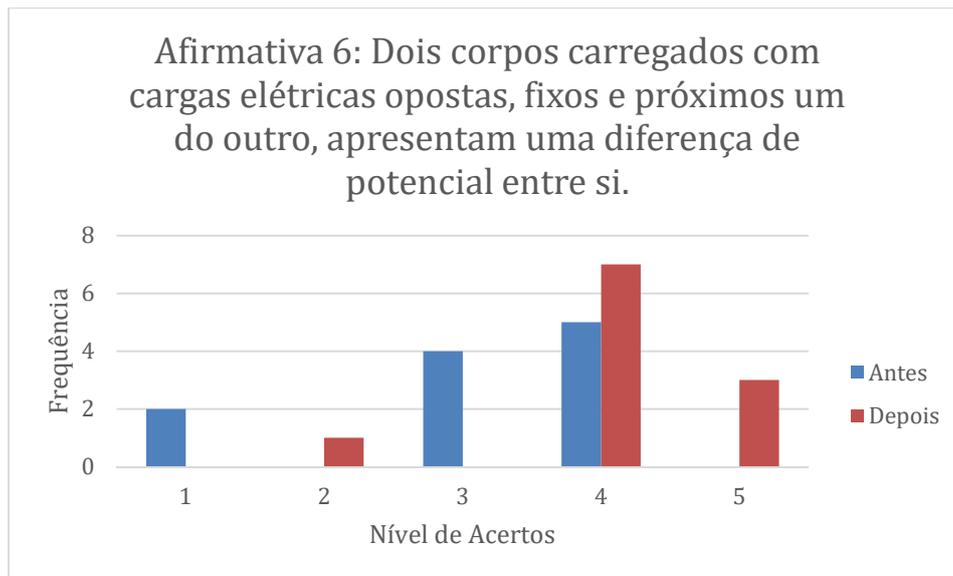
Na afirmativa 5 buscamos identificar como os alunos relacionavam campo elétrico, carga elétrica e força elétrica, através das respostas dos alunos antes da aplicação do produto. Percebemos que a maioria não sabia responder à questão e somados a esses existiam dois alunos que não *concordavam*. Depois passaram, em sua grande maioria, a *concordar* com a afirmativa.



**Gráfico 4.7.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 5.

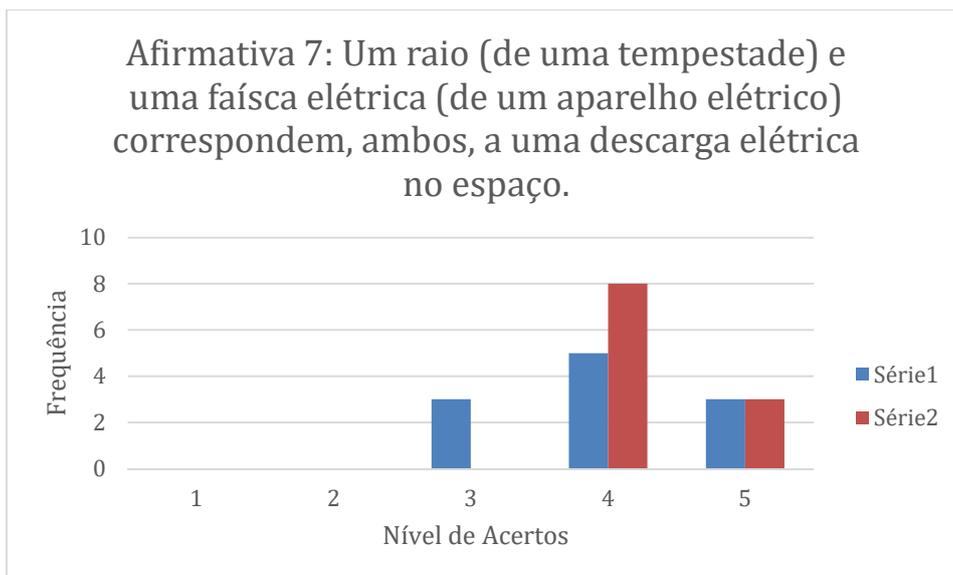
Os resultados apresentados nos gráficos 4.5, 4.6 e 4.7 demonstram que a maioria dos alunos possuíam uma concepção inicial sobre força elétrica limitada. Onde reconheciam que cargas elétricas de sinais iguais se repelem e cargas de sinais contrários se atraem, porém não relacionavam corretamente força eletrostática com distância entre as cargas e com campo elétrico. Depois da aplicação do produto percebe-se uma melhora significativa nas concepções dos alunos sobre a força eletrostática.

Ao observar o gráfico 4.8 é possível notar de forma geral uma melhora no nível de acerto dos alunos, se compararmos o antes e o depois e analisarmos a tabela 4.11 podemos observar que três alunos passaram a *concordar totalmente* com a afirmativa 6, outros quatro passaram a *concordar*, o aluno A12 regrediu do nível de acerto 4 para o 2 e dois alunos permaneceram *concordando* com a afirmativa.



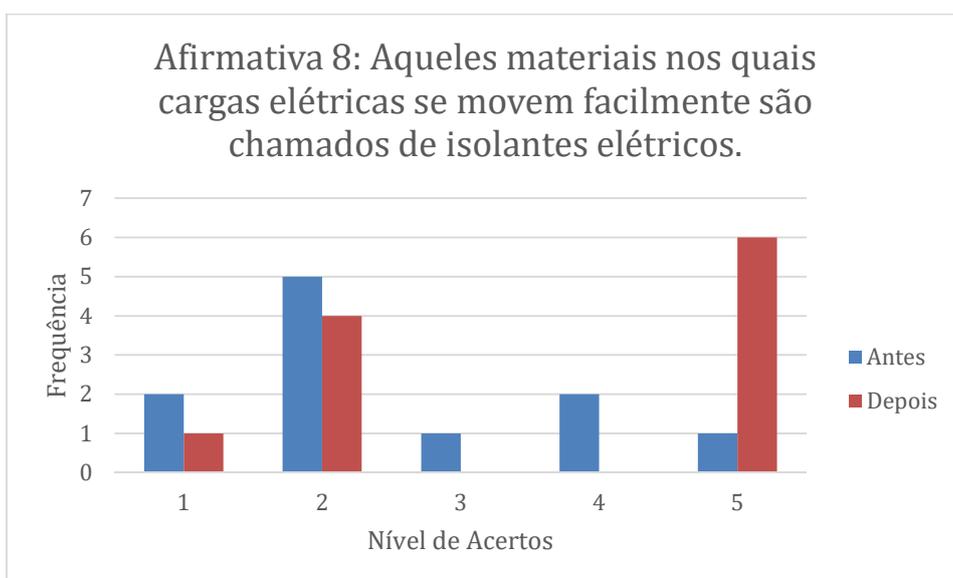
**Gráfico 4.8.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 6.

No gráfico 4.9 trabalhamos a afirmativa 7, buscamos averiguar se os alunos associavam os raios (descargas elétricas na atmosfera) como sendo um fenômeno similar às descargas elétricas proveniente de aparelhos elétricos. Se tal associação for concebida podemos trabalhar com as similaridades entres os fenômenos do *capacitor* com a de um raio. Através do gráfico 4.9 é possível notar que inicialmente cinco alunos *concordam* e três *concordavam totalmente* com a afirmativa, isso mostra que, nas concepções iniciais da maioria dos alunos, as descargas elétricas produzidas pelos raios podem ser comparadas com as dos aparelhos elétricos, depois da atividades desenvolvidas com a turma é possível perceber que alguns alunos passaram a relacionar com maior certeza as descargas elétricas de um aparelho elétrico com a de uma tempestade.



**Gráfico 4.9.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 7.

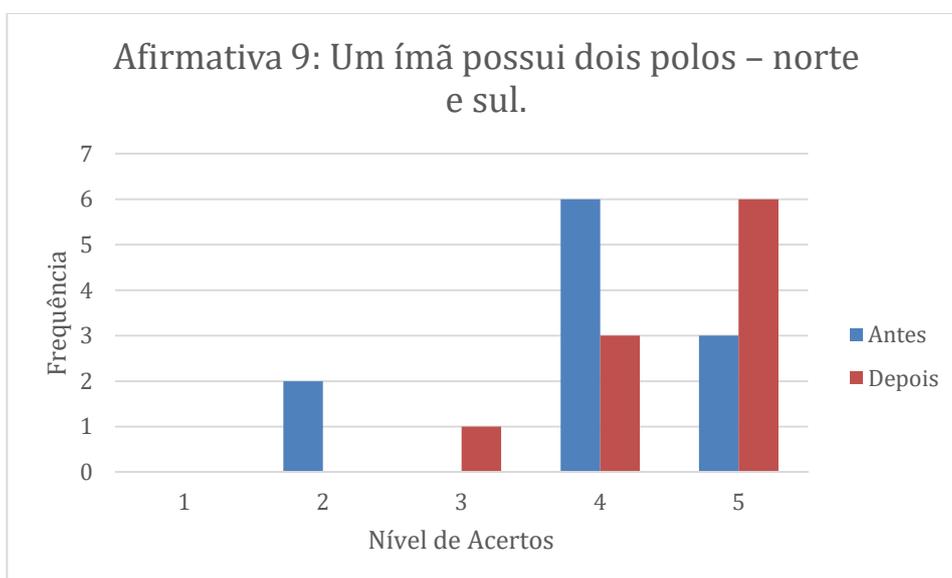
Outro aspecto avaliado é o conhecimento dos alunos sobre a definição de materiais condutores e isolantes. No gráfico 4.10 é possível perceber uma melhoria nas respostas de cinco alunos (A4, A5, A6, A9, e A8) que passaram a *discordar totalmente* com a afirmativa, já o aluno A3 permaneceu com a mesma resposta no nível de acerto 5, os alunos A12 e A2 permaneceram *concordando* (2), o aluno A11 passou do *discordo* (4) para o *concordo* (2) e o alunos A10 continuou a *concordar totalmente* com a afirmativa. Apesar dos ganhos, acreditamos que um tratamento mais detalhado sobre esse conteúdo poderia contribuir para resultados melhores.



**Gráfico 4.10.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 8.

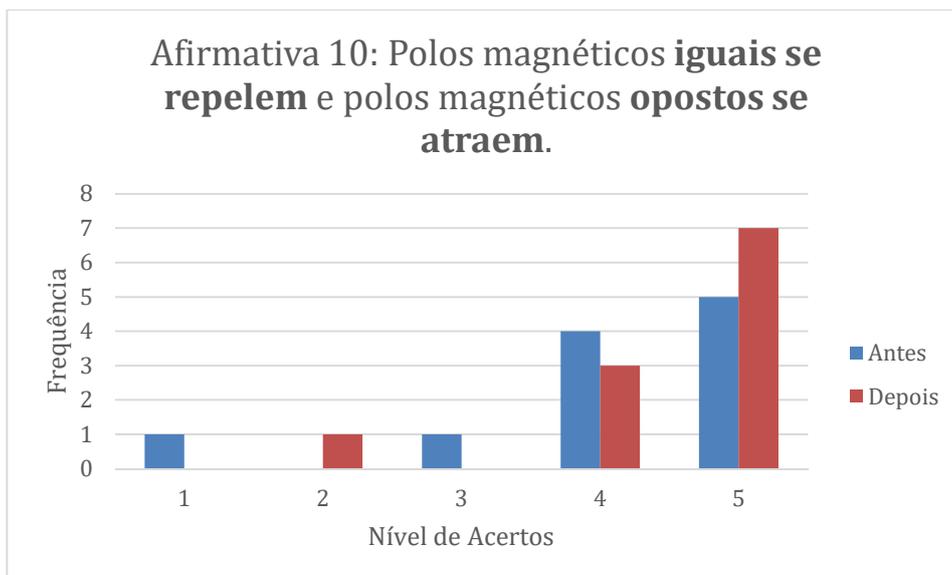
Na afirmativa 9 o aluno A12, inicialmente, sinalizou que *discordava* da afirmativa e depois deixou em branco. Por esse motivo, na tabela 4.11, o nível de acerto

desse aluno aparece como sendo zero, de modo que o mesmo não foi representado no gráfico 4.11. O aluno A8 também tinha inicialmente nível de acerto 2 e depois da aplicação passou para o nível 4. Apenas o aluno A11 que regrediu do nível 5 para o nível 3. O aluno A2 também regrediu passando do nível 5 para o nível 4. Os demais alunos ou subiram de nível ou permaneceram com os níveis de acertos iniciais. Agregando esses resultados aos dos relatos analisados na subseção 4.1.3.2 é possível observar melhorias mais expressivas sobre as concepções dos alunos relacionados ao magnetismo, podendo-se notar que depois da aplicação do produto os alunos, de forma geral, passam a associar os ímãs com os polos magnéticos norte e sul.



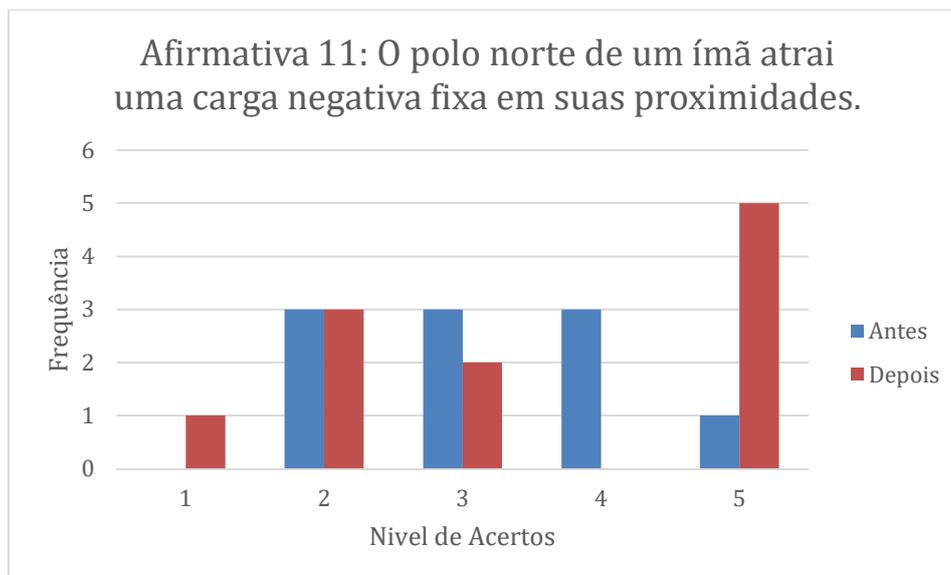
**Gráfico 4.11.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 9.

Os progressos nos níveis de acertos para a afirmativa 10 parecem ser pequenos quando comparamos as respostas iniciais e finais dos alunos, porém temos que ressaltar que os níveis de acertos iniciais são altos. O aluno A6 teve uma mudança do nível 1 para o nível 5 e o aluno A12 que regrediu do nível 3 para o 2. De modo geral percebemos no gráfico que as atividades apenas fortaleceram as concepções dos alunos sobre as interações entre os polos dos ímãs. Se levarmos em consideração os resultados da afirmativa anterior em que os alunos parecem estar usando princípios da eletrostática para explicar a magnetostática, podemos dizer que as respostas iniciais podem estar associadas à ideia de atração e repulsão eletrostática, porém através do gráfico 4.12 não é possível observar uma mudança na concepção dos alunos.



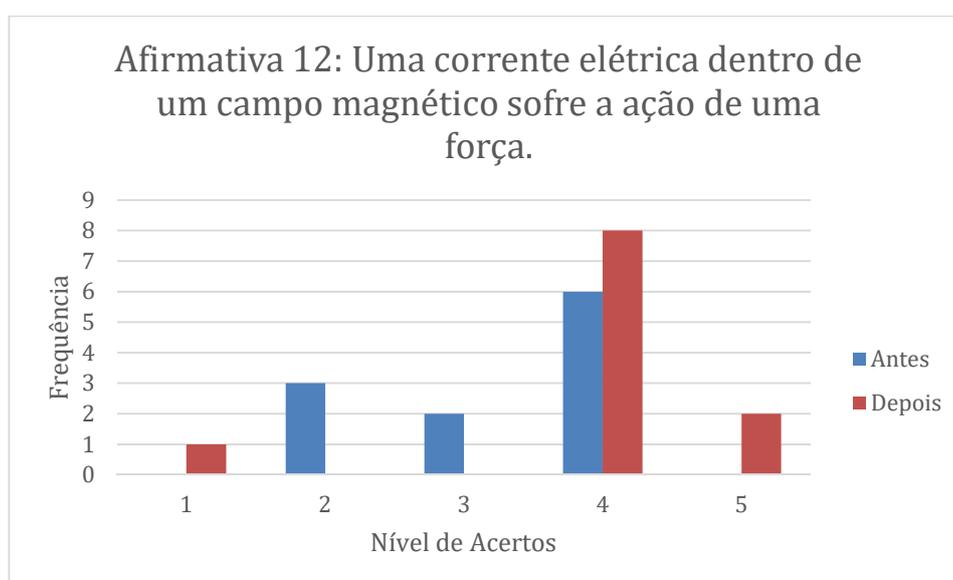
**Gráfico 4.12.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 10.

Na afirmativa 11 buscamos saber se os alunos consideravam a interação entre a eletrostática e a magnetostática através da existência de uma força de atração entre uma carga em repouso e o polo de um ímã. O aluno A6 não respondeu essa afirmativa, portanto sua resposta não foi computada na situação inicial. Notamos que inicialmente parece não haver uma ideia predominante na turma sobre o assunto, a maioria das respostas se concentram de forma iguais para *concordo*, *discordo* e *não sei* (gráfico 4.13). Depois da aplicação do produto quatro alunos passaram a *discordar totalmente* da afirmativa (nível de acerto 5) demonstrando mudança para melhor em suas concepções. Os alunos que passaram para o nível de acerto 5 foram A4, A5, A6, e o A9. O aluno A3 regrediu pois passou do *concordo* (nível de acerto 2) para *concordo totalmente* (nível de acerto 1). Os alunos A1 e A2 regrediram passando do nível de acerto 3 para o 2 e o aluno A10 regrediu do nível 4 para o 2.



**Gráfico 4.13.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 11.

No gráfico 4.14 mostra que mesmo antes de iniciarmos nossas atividades os alunos já *concordavam* sobre a existência de uma força entre a corrente elétrica e o campo magnético, porém somente com a afirmativa 12 não é possível identificar outros aspectos da força concebida pelos alunos, como sua origem, direção e dependência. Se cruzarmos os resultados do gráfico 4.14 com os da subseção 4.1.3.1 notamos que a concepção inicial para essa força seria de natureza eletrostática com direções de atração e repulsão. Portanto mesmo possuindo uma concepção inicial de existência de uma força essa concepção ainda estaria incorreta.

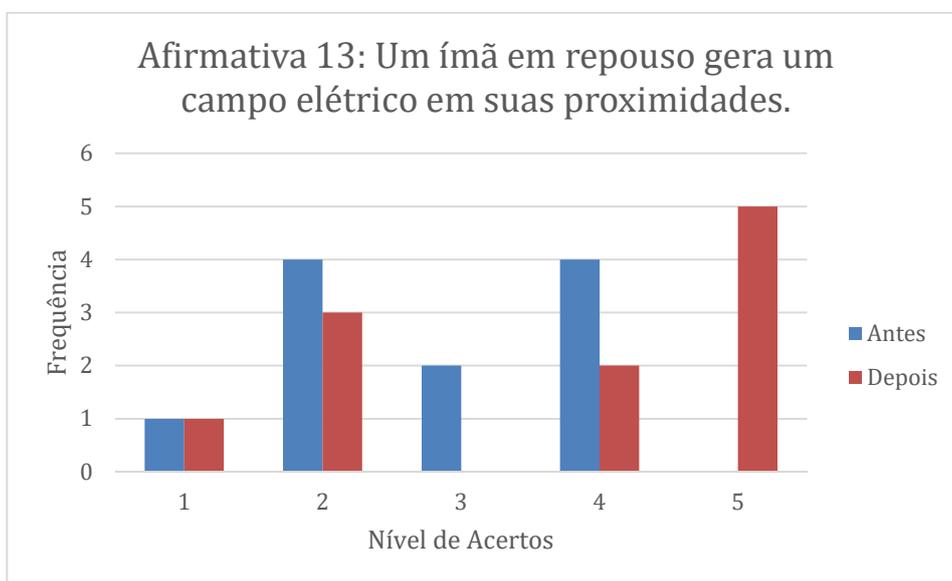


**Gráfico 4.14.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 12.

Depois da aplicação da *balança* nota-se que somente o aluno A9 regrediu do nível de acerto 2 para 1. Os demais alunos melhoram ou permaneceram com seus níveis

de acertos sobre a afirmativa 12. Além do ganho do número de alunos que passaram a *concordar* ou *concordar fortemente* com a afirmativa, podemos dizer (baseado na análise dos relatos na subsecção 4.1.3.1) que a maioria dos alunos melhoraram na qualidade de suas concepções sobre a força eletromagnética, passando a considerá-la com sentido para cima e para baixo (dado o modelo experimental da balança) e sua origem proveniente de uma interação entre magnetismo e eletrodinâmica.

No gráfico 4.15 as respostas iniciais dos alunos demonstram a existência de uma neutralidade no nível de acertos dos alunos, onde o número de alunos que *concordaram* e o número de alunos que *discordaram* da afirmativa foi o mesmo, também dois alunos assinalaram *não sei*, ou seja, não percebemos uma tendência predominante para as concepções da turma quanto a veracidade da afirmativa 13. Depois da aplicação do produto quatro alunos ainda continuaram *concordando* e *concordando fortemente* com a afirmativa, porém sete alunos passaram a *discordar* e a *discordar totalmente* da afirmativa. Portanto percebemos uma evolução na concepção desses alunos, que se tornou mais correta cientificamente. A diferenciação entre a eletrostática e eletromagnetismo também são observados nos relatos dos alunos na subsecção 4.1.3.1 depois da aplicação do produto.

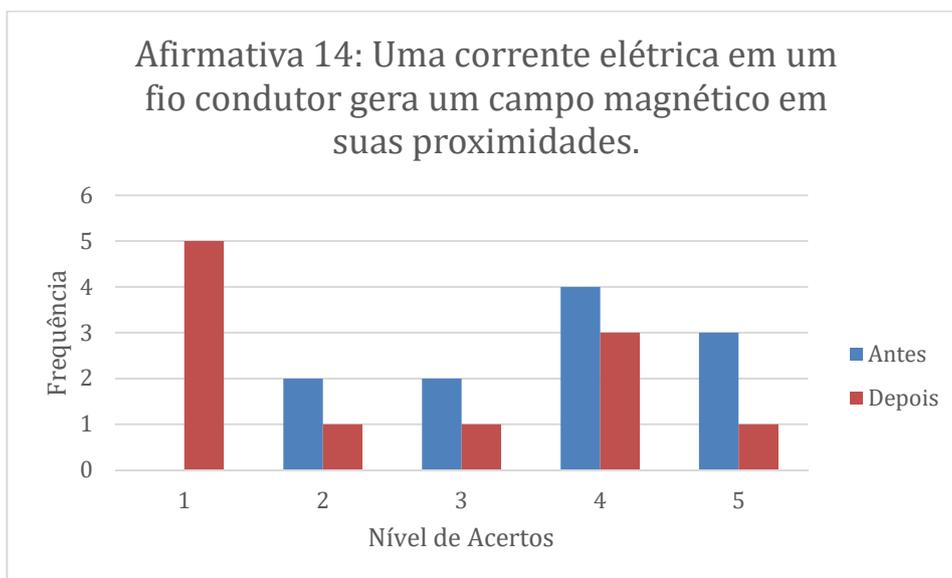


**Gráfico 4.15.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 13.

Na última afirmativa proposta no questionário buscamos identificar se os alunos relacionavam o surgimento de campo magnético com a corrente elétrica. Os níveis de acertos dos alunos estão demonstrados no gráfico 4.16. onde podemos perceber uma piora no nível de acertos dos alunos. Inicialmente sete alunos marcaram que

*concordavam* ou *concordavam totalmente* com a afirmativa, dois alunos assinalaram que não sabiam responder e dois alunos disseram que *discordavam* da afirmativa.

Consideramos como possível explicação para os alunos terem concordado inicialmente com essa afirmativa o fato deles estarem expressando suas concepções alternativas já observadas nas respostas iniciais para as afirmativas 11, 12 e 13 também nas atividades escritas e analisadas na subsecção 4.3.2.1.



**Gráfico 4.16.** Nível de acertos dos alunos para a afirmativa 14

Depois da aplicação do produto cinco alunos pioraram seus níveis de acertos por discordarem fortemente da afirmativa 14. Essa mudança de concepção, para pior, acreditamos está associada às aulas iniciais sobre magnetismo. Durante as aulas introdutórias dos conteúdos de magnetismo explicamos aos alunos que muitos fenômenos observados na eletrostática não se repetiam na magnetostática e que estes se tratavam de campos distintos, essa diferenciação pode ter levado os alunos a desconsiderar que a eletrodinâmica cria campo magnético. A relação entre a eletrodinâmica e a campo magnético seria trabalhada no último dia, porém, devido às condições climáticas e à estrutura do local das aulas fomos impossibilitados de trabalhar o conteúdo de corrente e campo magnético. Como resultado da falta de esclarecimento sobre a produção de campo magnético pela eletrodinâmica esses cinco alunos passaram a discordar fortemente da alternativa.

Ao analisarmos as respostas dos alunos para o questionário 2, apresentadas nos gráficos de 4.3 a 4.16 e na tabela 4.11, percebemos que para todas as afirmativas, exceto na 14, tivemos melhoras nos níveis de acertos dos alunos para os conceitos de cargas elétricas, força eletrostática, campo eletrostático, potencial elétrico, campo

magnético e força eletromagnética. Portanto esses resultados, de modo geral, demonstram que as atividades desenvolvidas foram exitosas tanto para mudar concepções alternativas dos alunos (não aceitas na comunidade científica) como para confirmar as concepções corretas que os alunos já possuíam antes da aplicação do produto.

## Capítulo 5 - Considerações finais

Como resultado das atividades desenvolvidas ao longo desse Mestrado Profissional em Ensino de Física apresentamos como produto educacional um guia didático, composto pelos experimentos do Capacitor a Alta Tensão e da Balança de Corrente em Campo Magnético, com proposta de aplicação em ensino por investigação objetivando uma aprendizagem significativa.

Além de serem ferramentas pedagógicas novas no aspecto estrutural experimental buscamos também analisar seus aspectos de reprodutibilidade, de ser lúdico e sua potencialidade em ser significativo.

Como o produto possui um aparato experimental de baixo custo com fácil manipulação, construção e transporte, o mesmo apresenta boa reprodutibilidade, podendo ser aplicado em diferentes contextos escolares, mesmo em condições peculiares como o do SOME. Tais concepções são fortalecidas pelas falas dos acadêmicos do curso em LIMF/UFOPA que, em sua maioria, dizem que reproduziriam as atividades experimentais e apontam como principal motivo a sua construção com materiais de baixo custo.

Outros dois fatos que confirmam a boa reprodutibilidade do produto são: a adoção do produto pelo professor do SOME, que nos cedeu a turma, como ferramenta didática para suas atividades pedagógicas em outras comunidades e a utilização do *capacitor* por acadêmicos em atividade discentes fora da disciplina do Laboratório de Física 3. A reprodutibilidade é uma condição importante, pois mesmo que a atividade experimental seja lúdica e potencialmente significativa, se o professor (que é o responsável por escolher e orientar as atividades) não se sentir confortável em reproduzir a proposta, então esta não sairá do “papel” para a sala de aula.

Durante a aplicação o *capacitor* também se mostrou uma atividade lúdica que chama a atenção dos alunos. Tal resultado surge do questionário aplicado com os alunos do colégio Madre Imaculada, onde dos vinte e oito alunos, a grande maioria, vinte e cinco, afirmaram que o experimento foi ótimo ou muito bom. A classificação do experimento pelos alunos como ótimo ou muito bom é reforçada pela atitude dos mesmos de se mobilizarem para filmar e tirar fotos do experimento. Tais resultados nos levam a crer que o *capacitor* se constitui em uma experiência lúdica, que despertou o interesse dos alunos. O fato de ser lúdico pode ser um fator inicial importante para

envolver os alunos nas atividades escolares, levando-os a se interessar mais pelo o estudo da física.

A versatilidade na execução do produto permite sua aplicação dentro de diferentes contextos educacionais com diferentes métodos de ensino. No ensino por investigação o funcionamento dos experimentos proporcionou problemas experimentais que nortearam a atividade investigativa. Também possibilitaram aos alunos a construção de seus conhecimentos através da manipulação experimental permitindo a formulação e a validação de suas hipóteses. Essa abordagem inovadora tende a envolver o aluno na construção dos próprios conhecimentos, contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem.

Dentro da metodologia de ensino por investigação o maior problema que enfrentamos, principalmente com a turma do SOME, foi no momento da socialização dos resultados. Os alunos se negaram a expor seus resultados e alguns até demonstraram receio de entregar as atividades caso essas fossem lidas na turma. Essas atitudes dos alunos dificultou a negociação de significados dos conceitos trabalhados em sala de aula.

Quando comparamos o antes e o depois das atividades avaliativas propostas para os alunos do SOME, percebemos melhorias em termo de qualidade e quantidade em suas respostas. A qualidade é perceptível pelas explicações mais completas dos alunos para os fenômenos observados, relacionando as ideias de causas e efeito aceitas no meio científico. No aspecto quantitativo é possível notar um aumento no número de aluno que utilizam conceitos mais adequados cientificamente para explicar os fenômenos ocorridos nos experimentos.

As melhorias quantitativas podem ser observadas no *capacitor* pelo número de alunos que trabalham com a ideia de duas forças, passando de um para seis alunos que explicitaram que o movimento dos papelotes era proveniente da relação entre as forças de atração e repulsão eletrostática com a força peso dos papelotes e de dois para oito alunos que citam as placas e os papelotes como estando carregados eletricamente e que os papelotes sofrem eletrização por contato com as placas.

Na balança as mudanças foram de zero para seis alunos que explicitam o surgimento da força eletromagnética devido à interação entre corrente e campo magnético e que a força possui direção vertical e sentidos de cima para baixo ou de baixo para cima, sendo esta força dependente das configurações do sentido da corrente e dos polos magnéticos dos ímãs próximos à balança e de um para nove alunos que citam

a corrente como resultado da energização do sistema, a corrente com sentido, e que os ímãs possuem polos magnéticos.

A outra fonte de informação é o questionário 2 que foi aplicado antes e depois das aulas no SOME, ao compararmos os dois momentos percebemos que eventualmente alguns alunos diminuía seus níveis de acerto, porém para a maioria percebemos um maior número que aumentou seus níveis de acertos. Em alguns casos percebemos até mesmo mudanças de concepções, e em outros casos os alunos apenas passaram a confirmar suas respostas anteriores.

Os resultados quantitativos do questionário 2 e da categorização dos relatos dos alunos indicam que um maior número de alunos passou a demonstrar que compreenderam os conteúdos abordados nos experimentos do *capacitor* e da *balança*.

Em termos qualitativos percebemos nas análises feitas com a turma do SOME os seguintes indícios de aprendizagem significativa para a maioria dos alunos.

- 1- Construção de subsunçores mais elaborados: Os alunos construíram explicações mais complexas para os fenômenos observados relacionando as causas e efeitos para os mesmos, onde também é perceptível a aquisição de novos conceitos.
- 2- Manifestação da essência do conhecimento: As baixas ocorrências de cópias de algum texto, da fala do professor e das respostas dos colegas evidenciam que os alunos explicitaram suas reais concepções com sua própria linguagem sobre os experimentos, sendo estes indícios que eles compreenderam a “substância” dos conceitos.
- 3- Negociação de significado: Os alunos passaram a utilizar de concepções científicas trabalhadas durante a aplicação do produto para explicar o funcionamento dos experimentos, indicando que a negociação de significados foi bem-sucedida.

Considerando esses pontos entendemos que o *Capacitor a Alta Tensão* e a *Balança de Corrente em Campo Magnético* apresentam características de ferramenta pedagógica potencialmente significativa que facilitar o processo de ensino-aprendizagem permitindo a negociação de significados entre professor – conteúdo – aluno.

Portanto durante os três contextos de aplicação o produto educacional se mostrou com boa reprodutibilidade por ser de fácil aquisição e montagem, sendo lúdicos por chamar a atenção dos alunos para o fenômeno, o que possibilita o interesse

inicial pela física, e com potencialidade em ser significativo, por proporcionar aos alunos significado lógico, oportunizar a manipulação do aparato experimental e permitir a formulação e testes das hipóteses.

Como professor buscaremos aplicar o produto durante nossas atividades pedagógicas possibilitando aos alunos uma participação efetiva no processo de aprendizagem significativa. Também disponibilizamos o produto como ferramenta didática pedagógica de forma gratuita e esperamos que outros professores as utilizem em suas aulas, para isso, temos como perspectiva a elaboração de dois ou mais artigos que divulguem esse trabalho para a comunidade docente possibilitando seu aperfeiçoamento, aplicação e estudo em outros contextos educacionais.

## **Apêndice A - Atividade proposta aos acadêmicos**

INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE CIÊNCIAS EXATAS  
LICENCIATURA INTEGRADA EM MATEMÁTICA E FÍSICA  
FÍSICA III E CÁLCULO APLICADO - LABORATÓRIO  
PROF. GLAUCO PANTOJA

AULA 3 – PLACAS PARALELAS E GERADOR DE VAN DER GRAAF  
(06/06/2017)

- 1) No procedimento experimental, por que os pedacinhos de papel alumínio se movem verticalmente (sobem e descem) entre as placas paralelas?
- 2) Quando se coloca uma fita gomada (popularmente conhecida por durex) na placa de cima, o que acontece com os pedacinhos de papel alumínio? Como você explicaria o fenômeno?
- 3) Construa um modelo teórico na forma de diagrama que represente os fenômenos ocorridos nas placas paralelas e no gerador de Van der Graaf. Como os conceitos de Campo Elétrico e de Potencial Elétrico relacionam-se ao fenômeno?

## Apêndice B - Questionário Aplicado no Colégio Madre Imaculada

Questionário de pesquisa sobre as atividades apresentadas no dia 27/06/2017 na escola Madre Imaculada - terceiro ano - regular - ensino médio - turma 301.

Os experimentos realizados durante a aula demonstram os processos de eletrização por atrito, contato e indução. Baseado em seu conhecimento responda as perguntas a baixo.

1- O que significa “eletrizar um corpo”?

---

---

---

---

---

2- Explique como eletrizar um corpo por **atrito** e como os dois corpos que antes estavam neutros adquiriram carga elétrica.

---

---

---

---

---

3- Explique como eletrizar um corpo por **contato** e como o corpo que antes estava neutro adquiriu carga elétrica.

---

---

---

---

---

4- Explique como eletrizar um corpo por **Indução** e como o corpo que antes estava neutro adquiriu carga elétrica.

---

---

---

---

---

5- Como você classifica o seu entendimento sobre processos de eletrização durante a atividade?

- Não entendi     Entendi Pouco     Entendi razoavelmente  
 Entendi a maior parte     Entendi tudo.

6- Em relação ao conteúdo de eletrização o que você não entendeu?

---

---

---

---

7- Como você avalia as atividades apresentadas?

Muito Ruim     Ruim     Boa     Muito boa     Ótima

8- Você tem alguma sugestão para melhorar a atividade experimental? Qual?

---

---

---

---

## Apêndice C - Questionário 2 Aplicado no SOME.

Olá alunos, estamos interessados em averiguar como estão os seus conhecimentos sobre: **Cargas elétricas, Força eletrostática, Campo eletrostático, Potencial elétrico, Campo magnético e Força eletromagnética.** Para isso pedimos que:

- 1) Leia com atenção cada uma das afirmativa.
- 2) Perceba que não são perguntas e sim afirmações.
- 3) Marque a opção que mais reflete seu nível de concordância sobre cada afirmativa.

Agradecemos pela sua participação.

Nome: \_\_\_\_\_

1- Só existem dois tipos de cargas elétricas: positivas e negativas.

Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

2- Os corpos podem estar carregados eletricamente pelas cargas positiva, negativa ou serem eletricamente neutros.

Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

3- Cargas elétricas de **sinais iguais se atraem** e cargas elétricas de **sinais opostos se repelem.**

Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

4- A força eletrostática aumenta com o aumento da distância entre as cargas elétricas.

Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

5- Forças elétricas surgem em cargas elétricas quando estão inseridas em regiões com campos elétricos.

Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

6- Dois corpos carregados com cargas elétricas opostas, fixos e próximos um do outro, apresentam uma diferença de potencial entre si.

Discordo	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente

totalmente				
1	2	3	4	5

7- Um raio (de uma tempestade) e uma faísca elétrica (de um aparelho elétrico) correspondem, ambos, a uma descarga elétrica no espaço.

Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

8- Aqueles materiais nos quais cargas elétricas se movem facilmente são chamados de isolantes elétricos.

Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

9- Um ímã possui dois polos – norte e sul.

Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

10- Polos magnéticos **iguais se repelem** e polos magnéticos **opostos se atraem**.

Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

11- O polo norte de um ímã atrai uma carga negativa fixa em suas proximidades.

Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

12- Uma corrente elétrica dentro de um campo magnético sofre a ação de uma força.

Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

13- Um ímã em repouso gera um campo elétrico em suas proximidades.

Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

14- Uma corrente elétrica em um fio condutor gera um campo magnético em suas proximidades.

Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

## Referências Bibliográficas

[Andrade 2017] C. G. de Andrade, Proposta de Sequência Didática para o Ensino de Eletricidade num Curso Técnico em Segurança do Trabalho, *Dissertação de Mestrado submetida ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo Ilhéus (MNPEF)*, Bahia, 2017.

[Araújo e Abib 2003] M. S. T. de Araújo e M. L. S. Abib, Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, pp. 176 – 194, 2003.

[Azevedo 2004] M. C. P. S. Azevedo, Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, pp.19-33, 2004.

[Ausubel 2000] D. P. Ausubel, The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view, Tradução: L. Teopisto, Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva, ed. 1ª, Plátano Edições Técnicas, Lisboa, 2000.

[Bardin 1977] L. Bardin, Análise de Conteúdo. ed. 70, Editora LDA, Lisboa - Portugal, 1977.

[Beilner e Muchenski 2015] G. Beilner, F. Muchenski, Desenvolvimento de uma Atividade Experimental de Baixo Custo para o Estudo das Superfícies Equipotenciais entre Placas Planas e Paralelas Aplicada em Turmas de Ensino Médio de uma Escola Pública Federal Atendida Pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência, *Revista Ensino & Pesquisa*, ISSN 2359-438, v. 13, n. 02, pp.75-87, jul/dez 2015.

[Borges 2002] A. T. Borges, Novos Rumos Para o Laboratório Escolar de Ciências, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, dez. 2002.

[Borges 1998] A. T. Borges, Modelos Mentais de Eletromagnetismo, *Cad.Cat.Ens.Fís.*, v. 15, n. 1: pp. 7-31, abr. 1998.

[Brasil 1996] Brasil, Lei de Diretrizes e Base da Educação, Lei nº 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996.

[Cachapuz *et al.* 2005] A. Cachapuz *et. al.*, A Necessária Renovação do Ensino das Ciências. São Paulo: Ed. Cortez. 2005.

[Cañal e Porlan 19987] P. Cañal, R. Porlan, Investigando la realidad próxima: un modelo didactico alternativo. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v. 05, n. 2, pp. 89-96, 1987.

[Carvalho *et al.* 1998] A. M. P. Carvalho *et al.* *Ciências no Ensino Fundamental o Conhecimento Físico*. Ed. 1ª, São Paulo: Scipione, 1998.

[Carvalho *et al.* 2013] A. M. P. Carvalho *et al.* Ensino de Ciências por Investigação Condições para Implementação em Sala de Aula In: Carvalho, A. M. P. (Org.). *O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequência de Ensino Investigativo*. Cengage Learning, São Paulo, 2013.

[Espejo 2017] J. L. F. Espejo, Un Fundamento Teórico Sobre Los Datos: Aporte Para La Reflexión Epistemológica en el Laboratorio Didáctico de Ciencias. *Investigação em Ensino de Ciências*. v. 22, n.2, pp. 17-32, 2017.

[Fernandes 2015] J. A. Fernandes, Balança de Ampère-Faraday: Uma Estratégia para Discutir Campo Magnético e Força Magnética. *Dissertação (Mestrado)* – Universidade Federal de Lavras - UFLA. Minas Gerais, 2015.

[Ferreira 1978] N. C. Ferreira, Proposta de Laboratório para a Escola Brasileira: Um Ensaio Sobre a Instrumentalização no Ensino Médio de Física. *Dissertação (Mestrado)* – Instituto de Física - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo. p. 138, 1978.

[Alves Filho 2000] J. P. Alves Filho, Atividades Experimentais: Do Método À Prática Construtivista, *Tese de Doutorado*. CED/UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

[Gaspar 1990] A. Gaspar, Conjunto Experimental para a Demonstração da Interação entre Campo Magnético e Corrente Elétrica. *Revista de Ensino de Física*, Vol. 13, pp. 93-103 Dezembro de 1990

[Gondim 2003] S. M. G. Gondim, Grupos Focais como Técnica de Investigação Qualitativa: Desafios Metodológicos, *Paidéia*, V.12, N.24, pp. 149-16, Ribeirão Preto - SP, 2003.

[Gouw *et al.* 2013 p. 444] A. M. S. Gouw, F. Franzolin, M. E. Fejes, Desafios Enfrentados por Professores na Implementação de Atividades Investigativas nas Aulas de Ciências, *revista Ciênc. Educ.*, v. 19, n. 2, pp. 439-454, Bauru – SP, 2013

[Google mapa 2018] Google mapa, Disponível em <<https://www.google.com.br/maps/search/google+mapas/@-2.154585,-54.7755013,365m/data=!3m1!1e3>> Acessado em: 10 de julho de 2018.

[Grandini e Grandini 2004] N. A. Grandini e C. R. Grandini, Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de Licenciatura em Física da UNESP-Bauru. *Rev. Bras. Ensino Fís.* v. 26, n. 3, pp. 251-256, 2004.

[Halliday *et al.* 2009] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, Fundamentos de física: Volume 3 – Eletro magnetismo. ed. 8, V. 4, LTC, Rio de Janeiro RJ, 2009.

[Laburú *et al.* 2008] C. E. Laburú, O. H. M. Silva e M. A. Barros, Laboratório Caseiro Pára-Raios: Um Experimento Simples e de Baixo Custo Para a Eletrostática. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física.* v. 25, n. 1, p. 168-182, 2008.

[Laburú 2005] C. E. Laburú, Seleção de Experimentos de Física no Ensino Médio: uma Investigação a Partir da Fala de Professores. *Investigações em Ensino de Ciências* – v.10, n. 2, pp. 161-178, 2005.

[Moraes 1999] R. MORAES, Análise de conteúdo. *Revista Educação*, v. 22, n. 37, p. 7-32, Porto Alegre, 1999.

[Moreira 2017] M. A. Moreira, Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS Disponível em <<http://moreira.if.ufrgs.br/>> Acessado em 22 de janeiro de 2017.

[Moreira 2016] M. A. Moreira, Subsídios Metodológicos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. Instituto de Física, UFRGS, 2ª edição Porto Alegre, 2016.

[Moreira 2010a] M. A. Moreira, O Que é Afinal Aprendizagem Significativa? Disponível em <<http://moreira.if.ufrgs.br/>> Acessado em 22 de janeiro de 2017.

[Moreira 2010b] M. A. Moreira, Abandono Da Narrativa, Ensino Centrado No Aluno E Aprender A Aprender Criticamente. In *Anais do III Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa*. São Paulo, São Paulo/Brasil, 2010.

- [Moreira 2005] M. A. Moreira, *Aprendizagem Significativa: Da Visão Clássica À Visão Crítica*. In: *I Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa*. Campo Grande, MS, Brasil. 2005
- [Moreira 2003] M. A. Moreira, *Linguagem e Aprendizagem Significativa*. In: *II Encontro Internacional Linguagem, Cultura e Cognição*, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2003.
- [Moreira 2002] M. A. Moreira, *A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa Nesta Área*. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 1, pp. 7-29, 2002.
- [Moreira 1997] M. A. Moreira, *Aprendizagem Significativa: um Conceito Subjacente*. In: Moreira, M.A., Caballero, M.C. e Rodríguez M.L. (orgs.) In: *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*. Burgos, España. pp. 19-44, 1997.
- [Moreira 1996] M. A. Moreira, *Modelos Mentais*. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 1, n. 3, pp. 193-232, 1996.
- [Mustafa *et al.* 2018] D. Mustafa, F. Gandra, P. Raggio, *Balança de Corrente*, Disponível em <  
[https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem1\\_2003/002907Danilo-Pedro\\_RFnaofezpdf08\\_2.pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2003/002907Danilo-Pedro_RFnaofezpdf08_2.pdf)> acessado em julho de 2018
- [Oliveira 1999] F. E. S. de OLIVEIRA, *O Ensino Modular em Pequenas Comunidades da Amazônia Paraense, uma Estratégia de Gestão em Áreas Carentes de Desenvolvimento – uma Análise em Santarém-PA, dissertação de mestrado*, Universidade Moderna, Lisboa, Portugal, 1999
- [Oliveira e Carvalho 2005] C. M. A. de Oliveira e A. M. P. de Carvalho, *Escrevendo em Aulas de Ciências*, *Revista Ciência e Educação* v. 11, n. 3, pp. 347-366, 2005.
- [Pena e Ribeiro Filho 2009] F. L. A. Pena e A. Ribeiro. Filho, *Obstáculos para o Uso da Experimentação no Ensino de Física: Um Estudo a Partir de Relatos de Experiências Pedagógicas Brasileiras Publicados em Periódicos Nacionais da Área (1971-2006)*. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 9, n. 1, 2009.
- [Pinheiro 2011] N. C. Pinheiro, *Educação de Qualidade na Perspectiva de Professores de Física da Educação Básica: Um Estudo das Interações Discursivas em Grupos*

Focais, Baseado na Sociologia da Educação de Pierre Bourdieu, *Dissertação de Metrado da Unversidade Federal do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre – SP, 2011.

[Séré *et al.* 2003] M. G. Séré, S. M. Coelho e A. D. O. Nunes, Papel da Experimentação no Ensino da Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 20, n. 1, pp. 30-42, 2003.

[Suçuarana 2018] M. S. Suçuarana, *Várzea*, Disponível em <<https://www.infoescola.com/biomas/varzea/>> Acessado em julho de 2018.

[Rocha Filho *et al.* 2005] J. B. Rocha Filho, M. A. Salami, C. Galli, M. K. Ferreira, T. S. Motta, R. C. Costa, Construção de Capacitores de Grafite Sobre Papel, Copos e Garrafas Plásticas, e Medida de suas Capacitâncias, *Cad. Brás. Ens. Fís.*, v. 22, n. 3, pp. 400 - 415, dez. 2005.

[Rosa e Rosa 2012] C. T. W. da Rosa e A. B. da Rosa, Aulas experimentais na perspectiva construtivista. *Revista Física na Escola*. v. 13, n. 1, 2003.

[Valadares 2011] J. Valadares, A Teoria Da Aprendizagem Significativa Como Teoria Construtivista. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v.1, n.1, pp. 36-57, 2011.

[Viera 2012] F. A. C. Viera, Ensino por Investigação e Aprendizagem Significativa Crítica: análise fenomenológica do potencial de uma proposta de ensino; *Tese (Doutorado)*; Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2012.

[Zompero e Laburú 2010] A. F. Zompero e C. E. Laburú, As atividades de investigação no Ensino de Ciências na perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa. *Revista electrónica de investigación en educación em ciencias*, v. 5, n. 2, pp. 12-19, 2010.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
REITORIA

SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS  
BIBLIOTECA CENTRAL RUY BARATA

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

**1. Identificação do autor**

Nome completo: Adelan Menezes Portela

CPF: 895.871.972-91

RG: 4637734

Telefone: (93) 991377650

E-mail: adelanfsc@hotmail.com

Titulação recebida: Mestre

Seu e-mail pode ser disponibilizado na página de rosto?

(X) Sim ( ) Não

**2. Identificação da obra**

( ) Monografia ( ) TCC (X) Dissertação ( ) Tese ( ) Artigo científico ( ) Outros: \_\_\_\_\_

Título da obra: Aprendizagem significativa através de ensino por investigação na construção e aplicação de capacitor a alta tensão e de balança de corrente em campo magnético

Programa/Curso de pós-graduação: Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF)

Data da conclusão: 26 / 10 / 2018

Orientador: Dr. Carlos José Freire Machado

E-mail: cifm.uniam@gmail.com

Co-orientador: Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja

Examinadores: Dr. Damião Pedro Meira Filho

Dr. José Alexandre da Silva Valente

**3. Termo de autorização**

Autorizo a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) a incluir o documento de minha autoria, acima identificado, em acesso aberto, no Portal da instituição, na Biblioteca Ruy Barata, no Repositório Institucional da Ufopa, bem como em outros sistemas de disseminação da informação e do conhecimento, permitindo a utilização, direta ou indireta, e a sua reprodução integral ou parcial, desde que citado o autor original, nos termos do artigo 29 da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998. Essa autorização é uma licença não exclusiva, concedida à Ufopa a título gratuito, por prazo indeterminado, válida para a obra em seu formato original.

Declaro possuir a titularidade dos direitos autorais sobre a obra e assumo total responsabilidade civil e penal quanto ao conteúdo, citações, referências e outros elementos que fazem parte da obra. Estou ciente de que todos os que de alguma forma colaboram com a elaboração das partes ou da obra como um todo tiveram seus nomes devidamente citados e/ou referenciados, e que não há nenhum impedimento, restrição ou limitação para a plena validade, vigência e eficácia da autorização concedida.

Santarém, 27 / 12 / 18

Adelan Menezes Portela  
Assinatura do autor

**4. Tramitação**

Secretaria / Coordenação de curso

Prof. Carlos J.F. Machado  
Orientador

Recebido em \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_

Responsável: \_\_\_\_\_

Siape/Carimbo