

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



## **O CONCEITO DE CAMPO NO ELETROMAGNETISMO: UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA**

Márcio Oliveira da Rocha

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Thiéberson da Silva Gomes.

Vitória - ES  
Dezembro de 2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

R672c Rocha, Márcio Oliveira da, 1984-  
O conceito de campo no eletromagnetismo : uma unidade de ensino potencialmente significativa / Márcio Oliveira da Rocha. – 2015.  
113 f. : il.

Orientador: Thiéberson da Silva Gomes.  
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

1. Eletromagnetismo. 2. Campos eletromagnéticos. 3. Física - Estudo e ensino. 4. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). 5. Aprendizagem significativa. I. Gomes, Thiéberson da Silva, 1976-. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 53

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**" O conceito de campo no eletromagnetismo: uma unidade de ensino potencialmente significativa "**

**Márcio Oliveira da Rocha**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 17 de Dezembro de 2015.

**Comissão Examinadora**



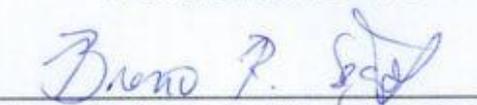
---

Prof. Dr. Thiéberson da Silva Gomes  
Orientador - PPGEEnFis/UFES



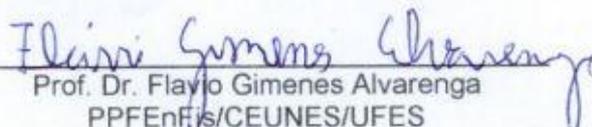
---

Prof. Dr. Alex Jordane de Oliveira  
Membro Externo - IFES



---

Prof. Dr. Breno Rodrigues Segatto  
PPGEEnFis/CEUNES/UFES



---

Prof. Dr. Flávio Gimenes Alvarenga  
PPFEEnFis/CEUNES/UFES

A Fabricia, minha esposa e razão de minha vida.

A Sebastiana e José Maria, que me educaram para a vida.

# Agradecimentos

Ao meu orientador, professor Thiéberson da Silva Gomes pela paciência, apoio, compreensão, incentivo na orientação e, ainda, pela amizade que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

A minha esposa Fabricia de Souza Gomes Oliveira que, com muito carinho e apoio, não mediu esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

A minha mãe Sebastiana Oliveira da Rocha, ao meu pai José Maria Ferreira Oliveira e aos meus irmãos pelo apoio e por me socorrerem nos momentos de dificuldades, que não foram poucos nesta etapa final de meu trabalho.

Ao professor e coordenador do curso, Laércio Ferraciolli, pelo convívio e ensinamentos. A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo, que foram tão importantes em minha vida acadêmica.

A todos os colegas do Mestrado, por aconselharem e contribuírem com suas experiências, profissionais e de vida.

E finalmente a CAPES pelo apoio financeiro concedido através da bolsa fornecida.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho original.

(Albert Einstein)

# Resumo

Este estudo relata a aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino do conceito de Campo no Eletromagnetismo em uma escola pública estadual. Esta unidade de ensino foi elaborada com base nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa e aplicada em uma turma da terceira série no primeiro trimestre de 2015. Os instrumentos utilizados para a coleta de dados foram: as atividades realizadas pelos estudantes, os questionários de identificação de conhecimentos prévios e de avaliação da aprendizagem e o questionário de avaliação dos recursos instrucionais. Para a análise dos dados, adotou-se um enfoque qualitativo e foi utilizado como referencial metodológico a Análise de Conteúdo de Bardin (1977). A análise qualitativa das atividades e do questionário de avaliação de aprendizagem mostraram que os estudantes se apropriaram, gradualmente, dos conceitos trabalhados na unidade de ensino e foram capazes de aplicá-los de forma adequada ao solucionarem as situações-problema propostas. Os resultados obtidos no questionário de avaliação dos recursos instrucionais indicaram que o uso dos experimentos, dos vídeos e das simulações computacionais contribuíram para despertar o interesse dos estudantes para o conteúdo abordado na unidade de ensino. Dessa forma, os resultados indicaram que a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, elaborada com base nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa para introduzir os conceitos de campo elétrico e magnético foi exitosa.

**Palavras-chave:** Aprendizagem Significativa. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. Conceito de Campo. Análise de Conteúdo.

# Abstract

This study reports the application of a Potentially Meaningful Teaching Unit for teaching the concept of field in the electromagnetism in a public school state. This teaching unit was elaborated based on the assumptions of the Meaningful Learning Theory and applied in a class of third grade the first quarter of 2015. The instruments used for data collection were: The activities of the students, the identification of questionnaires prior knowledge and assessment of learning and questionnaire evaluation of instructional resources. For data analysis, we adopted a qualitative approach and used as a methodological reference the Content Analysis of Bardin (1977). The qualitative analysis of activities and learning evaluation's questionnaire showed that students have appropriated, gradually, the tackled concepts in teaching unit and they were able to apply them to solve the proposed problematical situations. The results of the questionnaire evaluation of instructional resources indicated that use of experiments, videos and computer simulations contributed to raise the interest of students for the content addressed in teaching unit. Thus, the results indicated that the Potentially Meaningful Teaching Unit, elaborated based on the assumptions of the Meaningful Learning Theory to introduce the concepts of electric and magnetic field has achieved the goals of this work.

**Keywords:** Meaningful Learning. Potentially Meaningful Teaching Units. Field Concept. Content analysis.

# Lista de Figuras

Figura 1 - Visão esquemática proposta por Moreira do contínuo, denominado "zona cinza" entre a Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica.....	23
Figura 2 - Relação entre a Aprendizagem por Recepção e por Descoberta com a Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica.....	24
Figura 3 - A interação das novas ideias com as ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva em: (a) Subsunção derivativa e (b) Subsunção correlativa.....	25
Figura 4 - A interação da nova ideia com as ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva, na aprendizagem subordinante.....	26
Figura 5 - Modelo de vórtices moleculares imaginado por Maxwell .....	37
Figura 6 - Equações de Maxwell na forma diferencial válidas no vácuo .....	37
Figura 7 - Etapas da Análise de Conteúdo.....	51
Figura 8 - Resposta do grupo G2 ao problema descrito na Atividade 3 .....	67
Figura 9 - Resposta do grupo G3 ao problema descrito na Atividade 3 .....	67
Figura 10 - Resposta do aluno A25 à questão 3 do Questionário 2 .....	77
Figura 11 - Resposta do aluno A22 à questão 3 do Questionário 2 .....	78
Figura 12 - Resposta do aluno A10 à questão 3 do Questionário 2.....	79

# Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Resultados das questões 2, 3 e 4 do Questionário 1 .....	59
Gráfico 2 - Resultado das questões (1 a 8) da avaliação dos recursos instrucionais.....	80

# Lista de Quadros

Quadro 1 - Ocorrência dos diversos significados do termo campo nos livros didáticos de Ensino Médio.....	40
Quadro 2 - Cronograma de aplicação da UEPS.....	47
Quadro 3 - Concepções apresentadas pelos estudantes nas atividades de levantamento de conhecimentos prévios.....	54
Quadro 4 - Concepções utilizadas pelos estudantes para explicar os fenômenos observados na Atividade 1 .....	55
Quadro 5 - Concepções utilizadas pelos estudantes para explicar os fenômenos observados na Atividade 2 .....	57
Quadro 6 - Concepções utilizadas pelos estudantes para responder a questão 1 do Questionário 1 .....	58
Quadro 7 - Concepções apresentadas pelos estudantes nas atividades de aplicação do conhecimento .....	64
Quadro 8 - Concepções utilizadas pelos estudantes para solucionar e explicar as situações-problema descritas nas atividades de aplicação do conhecimento .....	65
Quadro 9 - Concepções utilizadas pelos estudantes para descrever o conceito de campo elétrico e campo magnético .....	69
Quadro 10 - Resultados da análise da questão 1 do Questionário 2 .....	70
Quadro 11 - Concepções utilizadas pelos estudantes para responder a questão 2 do Questionário 2.....	73
Quadro 12 - Resultados da análise da questão 2 do Questionário 2 .....	74
Quadro 13 - Concepções utilizadas pelos estudantes para responder as questões 3 e 4 do Questionário 2 .....	75
Quadro 14 - Resultados da análise da questão 3 e 4 do Questionário 2 .....	76
Quadro 15 - Elogio, sugestões e críticas dos estudantes em relação aos recursos instrucionais .....	83

# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Significados para a palavra "campo", apresentados pelos estudantes ....	60
Tabela 2 - Exemplos de situações onde os estudantes já ouviram falar em campo elétrico .....	61
Tabela 3 - Exemplos de situações onde os estudantes já ouviram falar em campo magnético .....	62
Tabela 4 - Exemplos de situações que os estudantes associaram ao campo elétrico (resposta à questão 1A do Questionário 2).....	71
Tabela 5 - Exemplos de situações que os estudantes associaram ao campo magnético (resposta à questão 1B do Questionário 2).....	72
Tabela 6 - Resultados da questão 9 do Questionário de avaliação dos recursos instrucionais .....	81
Tabela 7 - Aplicações tecnológicas do conceito de campo, citadas pelos estudantes .....	82

# Lista de Abreviaturas e Siglas

AS – Aprendizagem Significativa

ADD – Ação Direta à Distância

AMC – Ação Mediada por um Campo

CCA – Concepção Cientificamente Adequada

CCI – Concepção Cientificamente Inadequada

OC – Outras Concepções

OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais

PhET – Physics Interactive Simulations

PISA – Programa Internacional de Avaliação de Alunos

TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa

UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

UR – Unidade de Registro

US – Unidade de Significação

# Sumário

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1 O contexto do estudo .....	16
1.2 Objetivos .....	18
1.2.1 Objetivo geral .....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.2.3 Metas a serem alcançadas.....	19
1.3 Estrutura da Dissertação.....	19
<b>CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa.....	21
2.1.1 Aprendizagem subordinada, subordinante e combinatória.....	24
2.1.2 Condições para a ocorrência da Aprendizagem Significativa.....	26
2.2 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.....	28
<b>CAPÍTULO 3 - O CONCEITO DE CAMPO .....</b>	<b>32</b>
3.1 As interações à distância.....	32
3.2 Faraday e a indução eletromagnética .....	33
3.3 A teoria eletromagnética de Maxwell.....	35
3.4 O conceito de campo nos livros didáticos .....	38
<b>CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA.....</b>	<b>42</b>
4.1 Considerações iniciais.....	42
4.2 O contexto do estudo .....	43
4.3 Os sujeitos da pesquisa .....	43
4.4 Planejamento e elaboração da UEPS .....	44
4.4.1 Atividades de identificação de conhecimentos prévios .....	45
4.4.2 Questionário de identificação de conhecimentos prévios.....	45
4.4.3 Atividades de aplicação do conhecimento.....	46
4.4.4 Atividade de revisão .....	46
4.4.5 Questionário final de avaliação da aprendizagem.....	46
4.5 Cronograma de aplicação da UEPS.....	47

4.6 Instrumentos de coleta de dados .....	48
4.7 Análise de Conteúdo como método de análise qualitativa .....	49
<b>CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E ANÁLISES.....</b>	<b>52</b>
5.1 Considerações sobre a metodologia de análise .....	52
5.2 Resultados das atividades de identificação de conhecimentos prévios .....	53
5.3 Resultados das atividades de aplicação do conhecimento .....	63
5.4 Resultados do questionário final de avaliação da aprendizagem .....	68
5.4.1 Resultados da questão 1 .....	68
5.4.2 Resultados da questão 2.....	72
5.4.3 Resultados das questões 3 e 4 .....	74
5.5 Resultados do questionário de avaliação dos recursos instrucionais.....	79
<b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE A - UEPS PARA O ENSINO DO CONCEITO DE CAMPO NO ELETROMAGNETISMO .....</b>	<b>90</b>

# Capítulo 1

## Introdução

Neste capítulo é apresentado o contexto em que se realizou o estudo e seus objetivos. É apresentada também uma pequena descrição de como está organizada esta dissertação.

### 1.1 O contexto do estudo

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), os objetivos do Ensino Médio em cada área de conhecimento devem envolver o desenvolvimento de conhecimentos práticos e contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos (BRASIL, 2000, p. 6). No caso da Física, os PCNs recomendam que a mesma deve apresentar-se como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos (BRASIL, 2002, p. 59).

Embora nos PCNs seja reconhecido que não existem fórmulas prontas para traduzir suas diretrizes em práticas escolares concretas, nestes documentos (BRASIL, 2002) e (BRASIL, 2006), são apontadas algumas estratégias que deveriam ser implementadas pelos professores ao se pensar no ensino de Física.

Paradoxalmente, de acordo com Teixeira (2003), quando avaliamos o ensino de ciências é notável que o perfil de trabalho em sala de aula nessas disciplinas está rigorosamente marcado pelo conteudismo, excessiva exigência de memorização de algoritmos e terminologias de forma descontextualizadas. Segundo Marandino

(2003), o que se observa na prática dos professores no ensino de ciências é ainda uma perspectiva tradicional de ensino, seja por motivos políticos e econômicos da própria educação, seja por problemas na formação inicial do professor. Tais práticas não contribuem para que os objetivos traçados pelos PCNs sejam alcançados, pois as avaliações da educação nacional mostram, principalmente na área das ciências, as dificuldades que a educação brasileira apresenta.

Uma dessas avaliações é o Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA), realizado a cada três anos. Em 2012, 65 países participaram da avaliação e o Brasil ficou em 59º lugar. Segundo os resultados da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE<sup>1</sup>), 61% dos alunos brasileiros que participaram da avaliação têm fraco aproveitamento em ciências, o que significa que, eles só conseguem aplicar o conhecimento em algumas situações familiares ou então apresentam explicações científicas óbvias. Somente 0,3% dos alunos brasileiros possuem bom desempenho em ciências, significando que eles podem identificar, explicar e aplicar o conhecimento científico em uma variedade de situações diferentes.

O que se observa, em sala de aula, é um total desinteresse pelas ciências em geral. A Física, em especial, é considerada uma das disciplinas mais difíceis pela maioria dos estudantes, pois para eles os modelos usados na Física para descrever a natureza são vistos somente como um amontoado de fórmulas que devem ser decoradas para serem usadas na resolução de exercícios e provas. No caso do Eletromagnetismo, a situação se agrava devido à exigência de uma alta capacidade de abstração para compreensão de alguns de seus conceitos e devido à desvinculação desses conceitos com o cotidiano do aluno.

Esse desinteresse, manifestado por grande parte dos estudantes, pode ser consequência das metodologias utilizadas pelos professores na abordagem de conceitos físicos que envolvem a utilização de fórmulas, muitas vezes desnecessárias, que de maneira geral não favorecem a aprendizagem.

---

<sup>1</sup> Dados da OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico - Disponível em <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-brazil.pdf> acessado em 22 de Agosto de 2014.

Diante deste cenário, propomos a elaboração e posterior aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino do conceito de campo no Eletromagnetismo tendo como referencial teórico, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003). Esta unidade de ensino visa uma abordagem mais conceitual dos fenômenos eletromagnéticos, dando ênfase ao conceito de campo elétrico e magnético.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Investigar as contribuições da integração de experimentos e simulações interativas numa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), no contexto do Ensino Médio, sobre conceitos relacionados aos campos elétrico e magnético.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Afim de atingir o objetivo geral deste trabalho, definimos os seguintes objetivos específicos:

- a) Fazer um levantamento sobre o conceito de campo na literatura em nível de Ensino Médio;
- b) Organizar e elaborar uma UEPS segundo os princípios propostos por Moreira (2011), visando o ensino dos conceitos de campo elétrico e magnético;
- c) Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, relacionados ao conceito de campo;
- d) Investigar indícios de Aprendizagem Significativa durante e após a aplicação da UEPS;

- e) Investigar indícios que permitam inferir um possível aumento do interesse dos estudantes em apreender.

### **1.2.3 Metas a serem alcançadas**

Pretendemos, ainda, ao final deste trabalho, atingir as seguintes metas:

- a) Levar os estudantes a uma melhor compreensão do conceito de campo através de aulas de Física mais motivadoras para os estudantes;
- b) Elaborar um material que permita que outros professores consigam aplicar a UEPS desenvolvida neste trabalho.

## **1.3 Estrutura da Dissertação**

Esta dissertação é apresentada em seis capítulos. Este capítulo tem o objetivo de situar o leitor sobre a relevância, justificativa e propósitos da investigação desenvolvida e descrita neste trabalho.

O Capítulo 2, Referencial Teórico, apresenta uma síntese da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) segundo Ausubel (2003) e Moreira (1999). O capítulo apresenta, também, as orientações para a elaboração de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) segundo Moreira (2011).

O Capítulo 3, O Conceito de Campo, apresenta uma síntese do conceito de campo no Eletromagnetismo desde Faraday a Maxwell. Apresenta, também, uma pequena discussão sobre como o conceito é abordado nos livros didáticos destinado ao Ensino Médio.

O Capítulo 4, Metodologia, descreve como foi realizada a investigação. Descreve a abordagem metodológica utilizada, o contexto do estudo, os sujeitos participantes, a aplicação da UEPS, os instrumentos de coleta de dados e as técnicas de análise de dados utilizadas.

---

O Capítulo 5, Resultados e Análises, apresenta os resultados obtidos durante o desenvolvimento do trabalho e a análise dos dados realizada numa perspectiva essencialmente qualitativa. Na primeira parte do capítulo, é realizada uma análise dos resultados obtidos nas atividades de levantamento de conhecimentos prévios. Na sequência, é apresentada a análise dos dados obtidos a partir tanto das atividades, em grupo, realizadas durante a aplicação da UEPS, como da avaliação somativa final, aplicada após o sexto passo da UEPS. Por fim, são analisados e discutidos os dados obtidos no questionário de avaliação dos recursos instrucionais.

O Capítulo 6, Conclusão, busca evidenciar se os objetivos deste trabalho foram atingidos. Apresenta, também, as contribuições para o ensino de Física, resultante da aplicação de uma metodologia de ensino baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa.

# Capítulo 2

## Referencial Teórico

Neste capítulo é feita uma pequena descrição da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) que embasa esta Dissertação. É apresentada a visão clássica da teoria, segundo Ausubel (2003) e Moreira (1999) e as orientações para a elaboração de um Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) segundo Moreira (2011).

### 2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) é uma teoria de aprendizagem cognitivista surgida na década de 60, cujo desenvolvimento se iniciou através do livro "The Psychology of Meaningful Verbal Learning"<sup>2</sup>, publicado em 1963 por David Ausubel<sup>3</sup>.

A aprendizagem é significativa quando uma nova informação adquire significado para o estudante através de uma espécie de "ancoragem" em conhecimentos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo que Ausubel (2003) chama de subsunção<sup>4</sup>. A Aprendizagem Significativa (AS) é um processo dinâmico no qual ocorre uma interação não-arbitrária e não-literal entre o novo conhecimento

---

<sup>2</sup> Esta obra foi atualizada em 2000: Ausubel, D.P. (2000), The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. Tradução portuguesa editada pela Plátano Editora (2003).

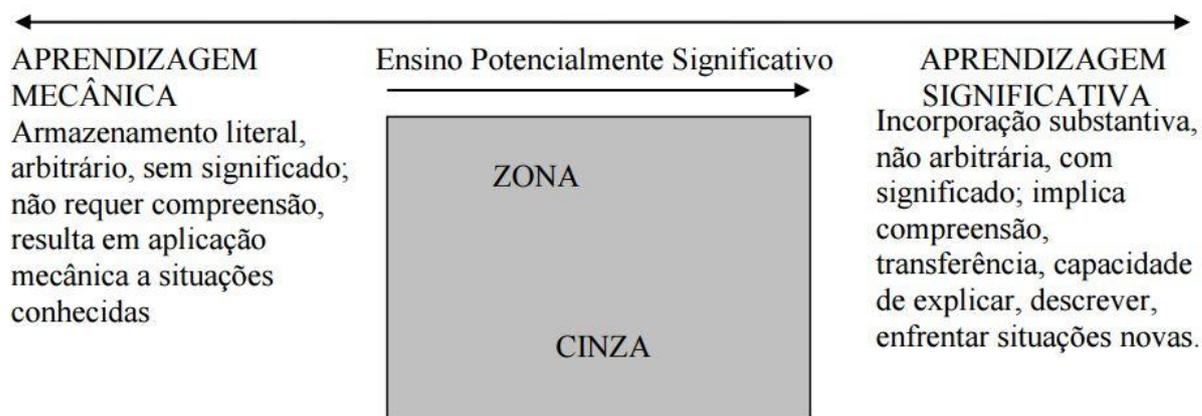
<sup>3</sup> David Ausubel nasceu em Nova York em 1918. Estudou Medicina e Psicologia na Universidade da Pensilvânia. Foi um dos fundadores das teorias construtivistas da aprendizagem e escreveu diversos livros sobre Psicologia da Educação.

<sup>4</sup> A palavra "subsunção" não existe na língua portuguesa; trata-se de uma tentativa de tornar semelhante ao português a palavra inglesa "subsumer". Seria mais ou menos equivalente a inseridor, facilitar ou, subordinador (MOREIRA, 1999).

e os conhecimentos já existentes, ou seja, os subsunçores vão adquirindo novos significados, formando-se novos subsunçores que vão interagindo entre si modificando constantemente a estrutura cognitiva do indivíduo.

De acordo com Ausubel (2003) o processo de assimilação na aquisição, retenção e organização de conhecimentos pode ocorrer de duas formas, denominadas diferenciação progressiva e reconciliação integradora. A diferenciação progressiva ocorre quando novos conhecimentos são incorporados a estrutura cognitiva do indivíduo de forma que conceitos mais específicos são relacionados e assimilados a conceitos mais gerais. Nesse processo, os subsunçores são modificados, tornando-se mais elaborados, mais inclusivos e mais capazes de servir de subsunçores para novos conhecimentos. A reconciliação integradora ocorre quando, num processo de aprendizagem de novos conceitos, ideias já presentes na estrutura cognitiva do indivíduo são percebidas como relacionadas, podendo ocorrer o desenvolvimento de novos significados e a conciliação de significados conflituosos.

Contrastando com a AS, Ausubel (2003) define a Aprendizagem Mecânica que ocorre quando novas informações são adquiridas praticamente sem interagir com conhecimentos relevantes presentes na estrutura cognitiva do indivíduo. No entanto Ausubel, segundo Moreira (1999), não estabelece a distinção entre Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica como uma dicotomia e sim como um contínuo. De acordo com Moreira (2012, p. 12), há uma "zona cinza" entre elas, tal como sugere a Figura 1. Tanto a Aprendizagem Significativa como a Aprendizagem Mecânica podem coexistir e, em algumas situações, a Aprendizagem Mecânica é inevitável e necessária, como no caso de conceitos inteiramente novos. Nestes casos, os novos conceitos não interagem significativamente com a estrutura cognitiva do estudante, mas podem servir de base para a formação de novos subsunçores.



**Figura 1** - Visão esquemática proposta por Moreira do contínuo, denominado "zona cinza" entre a Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica

Fonte: Moreira (2012).

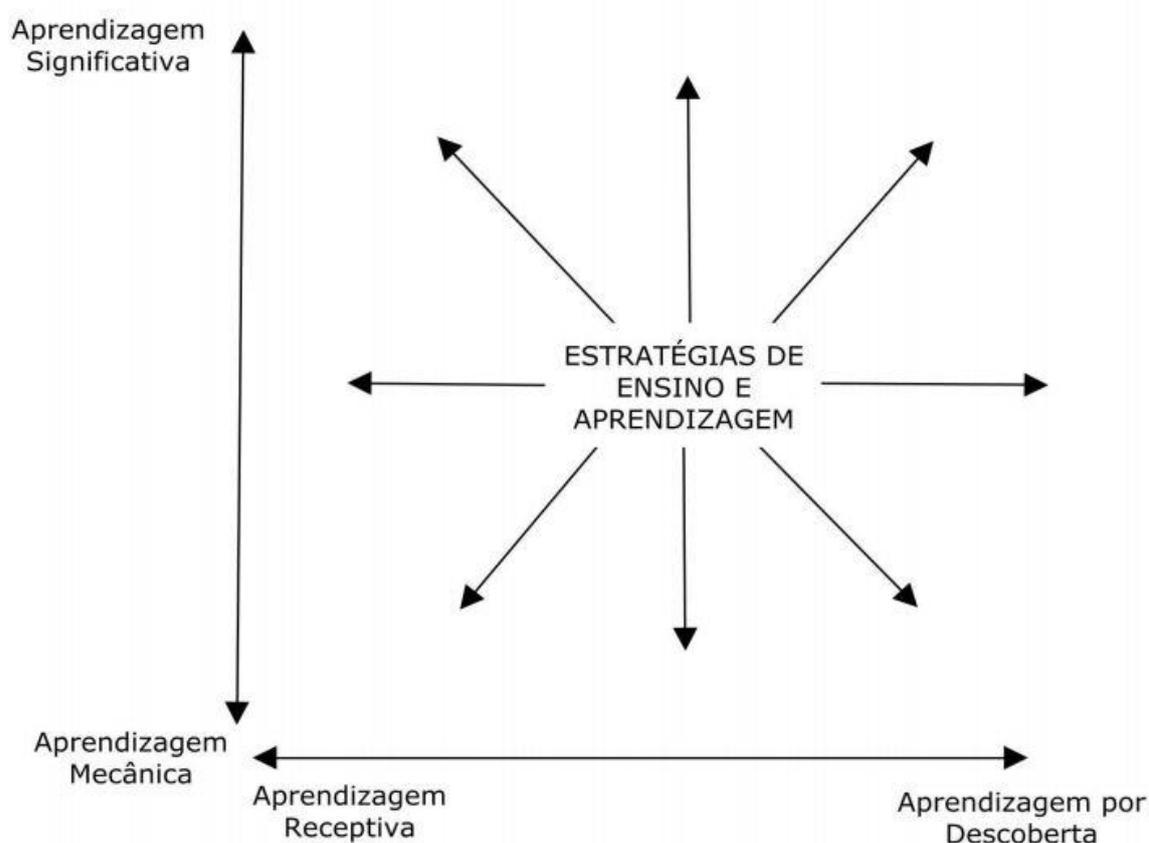
A passagem da Aprendizagem Mecânica para a Aprendizagem Significativa não é natural ou automática. Cabe ao professor atuar de forma a deslocar essa aprendizagem em direção à parte significativa do contínuo, caso contrário o estudante irá esquecer o novo conceito facilmente.

Uma alternativa à Aprendizagem Mecânica frente a ausência de subsunções adequados numa determinada área de conhecimento, é a utilização de organizadores prévios. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido, porém num nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. A utilização dos organizadores prévios é uma forma de, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva do estudante a fim de facilitar a Aprendizagem Significativa. Sua principal função é servir de ponte entre o que o estudante já sabe e o que ele precisa saber para aprender significativamente.

A AS, segundo Ausubel (2003) e Moreira (2012), pode ocorrer de duas formas: por recepção ou por descoberta. Na Aprendizagem por Recepção, a informação é apresentada ao estudante em sua forma final, enquanto que na Aprendizagem por Descoberta o conteúdo a ser aprendido necessita de ser descoberto pelo estudante. De acordo com Moreira (2012), não é preciso descobrir para aprender significativamente e é um erro pensar que a Aprendizagem por Descoberta implica

necessariamente em AS. De fato, seria inviável para o estudante aprender significativamente se tivessem que descobrir o conhecimento o tempo inteiro. No entanto, é possível recorrer a este tipo de aprendizagem sempre que o professor considerá-la mais conveniente e mais adequada para facilitar certas aprendizagens, tais como procedimentos científicos.

Moreira destaca, ainda, que não há uma dicotomia entre estes dois tipos de aprendizagem e pode ocorrer uma sobreposição entre os conhecimentos adquiridos por recepção e por descoberta como mostra a Figura 2.



**Figura 2** - Relação entre a Aprendizagem por Recepção e por Descoberta com a Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica

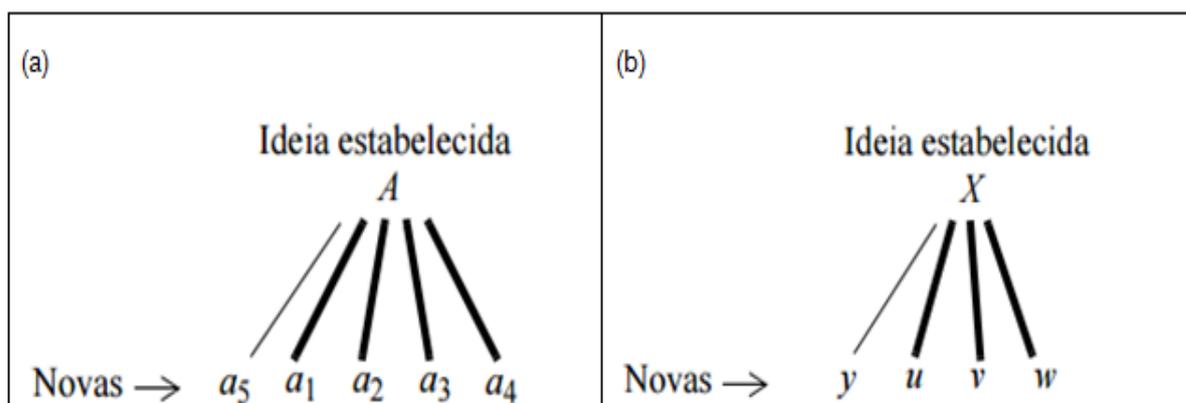
Fonte: Moreira (2012).

### 2.1.1 Aprendizagem subordinada, subordinante e combinatória

Ausubel (2003, p. 111), em sua Teoria da Assimilação, define três formas de Aprendizagem Significativa: subordinada, subordinante e combinatória.

A aprendizagem subordinada é o tipo de aprendizagem mais comum, típica da aprendizagem receptiva e resulta da interação de novos conhecimentos com conhecimentos prévios especificamente relevantes na estrutura cognitiva do indivíduo. Ausubel explica que esse processo de subsunção pode ocorrer de duas formas, como esquematizado na Figura 3:

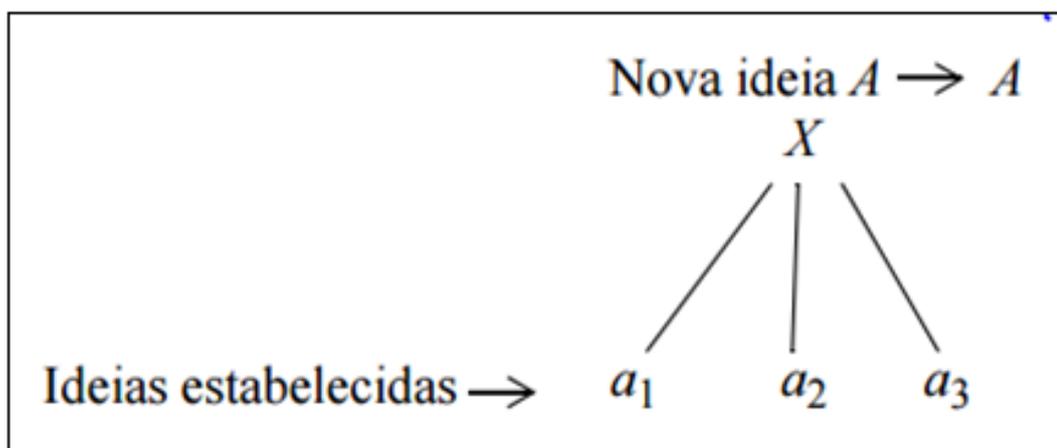
- **Subsunção derivativa:** na qual a nova informação  $a_5$  está ligada à ideia subordinante **A** e representa uma extensão desta. Os atributos de critérios do conceito **A** não se encontram alterados, mas reconhecem-se os novos exemplos como relevantes.
- **Subsunção correlativa:** na qual a nova informação  $y$  está ligada à ideia **X**, e é uma extensão, alteração ou qualificação de **X**. Os atributos de critérios do conceito de subsunção podem alargar-se ou alterar-se com a nova subsunção correlativa.



**Figura 3** - A interação das novas ideias com as ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva em: (a) Subsunção derivativa e (b) Subsunção correlativa

Fonte: Ausubel (2003).

Na aprendizagem subordinante, o novo conhecimento é mais geral e mais inclusivo do que os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Assim, os conceitos já existentes assumem posição de subordinação em relação a esse novo conceito mais geral e abrangente. Neste processo, ilustrado na Figura 4, as ideias já estabelecidas  $a_1$ ,  $a_2$  e  $a_3$  reconhecem-se como exemplos mais específicos da nova ideia **A** e tornam-se ligadas a ela. A ideia subordinante **A** é modificada passando a possuir o conjunto de atributos que acompanham as ideias subordinadas já existentes.



**Figura 4** - A interação da nova ideia com as ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva, na aprendizagem subordinante

Fonte: Ausubel (2003).

Na aprendizagem combinatória, o novo conhecimento se relaciona com os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, mas não é nem mais específico e nem mais geral. Dessa forma, ao invés de se relacionar com um conceito específico, o novo conhecimento se relaciona a vários conceitos já existentes. É como se o novo conhecimento fosse potencialmente significativo por ser relacionável a estrutura cognitiva como um todo e não a aspectos específicos, como acontece na aprendizagem subordinada e subordinante (MOREIRA, 1999).

### 2.1.2 Condições para a ocorrência da Aprendizagem Significativa

Moreira (1999, p. 156) aponta duas condições necessárias para a ocorrência da Aprendizagem Significativa:

- O novo conteúdo deve ser apresentado por meio de um material instrucional potencialmente significativo, ou seja, esse material deve relacionar-se com a estrutura cognitiva do estudante de forma não-arbitrária e não-literal;
- O estudante deve apresentar uma predisposição para aprender significativamente esse novo conteúdo.

Caso uma dessas condições não seja satisfeita, a aprendizagem ocorrerá de forma mecânica.

De acordo com Moreira (1999, p. 161), a estrutura cognitiva do estudante pode ser influenciada de duas formas:

- **Substantivamente:** pela apresentação de conceitos e princípios unificadores e inclusivos, do conteúdo, com maior poder explanatório e propriedades integradoras;
- **Programaticamente:** pelo emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos para ordenar sequencialmente o conteúdo de ensino.

Numa perspectiva ausubeliana, para facilitar a AS é necessário analisar o conteúdo objeto de ensino para identificar seus conceitos básicos e a forma como estão estruturados. Uma vez resolvido este problema, a atenção deve ser dirigida para os problemas organizacionais programáticos envolvidos na apresentação e disposição sequencial das unidades componentes deste conteúdo. Nesse sentido Ausubel (2003, p. 166) propõem quatro princípios para a programação eficiente de conteúdos.

- **Diferenciação progressiva:** É o princípio segundo o qual as ideias e conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo devam ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade. Segundo Ausubel (2003): (1) é fácil, para seres humanos, aprenderem os aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas previamente aprendidas; e (2) a organização que o indivíduo faz do conteúdo em sua mente consiste numa estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, as proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados vão se agregando a esta estrutura.
- **Reconciliação integradora:** É o princípio segundo o qual, num episódio de ensino e aprendizagem, deve-se explorar relações entre conceitos, apontar similaridades e diferenças e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes.
- **Organização sequencial:** É o princípio no qual a programação do conteúdo seja organizada de forma a sequenciar os tópicos e conceitos de modo coerente com as relações de dependência naturalmente existentes neste

conteúdo. Segundo Ausubel (2003), para maximizar a aprendizagem deve-se fornecer um organizador separado para cada unidade de ensino. Desde que cada passo seja consolidado minuciosamente, a organização sequencial de matérias pode ser muito eficaz, visto que cada novo incremento de conhecimento serve como uma função para aprendizagens subsequentes.

- **Consolidação:** É o princípio no qual, antes de introduzir novos materiais instrucionais, deve-se insistir no domínio do que está sendo estudado. Segundo Ausubel, isso assegura contínua prontidão na matéria de ensino e alta probabilidade de êxito na aprendizagem sequencialmente organizada. A consolidação é alcançada através da confirmação, correção e clarificação, no decurso do retorno (feedback), e através da prática diferencial e da revisão, no decurso da exposição repetida, com retorno, ao material de aprendizagem.

Apropriando-se dos princípios da Aprendizagem Significativa, Moreira (2011) apresenta uma proposta de organização do conteúdo que objetiva facilitar a AS, a qual ele chama de Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Os princípios nos quais as UEPS estão fundamentadas serão apresentados na próxima seção. Tais princípios resultam da interpretação de Moreira da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968, 2000), da Teoria de educação de Novak (1987) e Gowin (1981), da Teoria interacionista de Vygotsky (1987), da Teoria dos campos conceituais de Vergnaud (1990), da Teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983) e da Teoria de aprendizagem significativa crítica do próprio Moreira (2005).

## 2.2 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são, segundo Moreira (2011), sequências de ensino fundamentadas teoricamente voltadas para a aplicação em sala de aula, que priorizam a Aprendizagem Significativa em detrimento da Aprendizagem Mecânica. O objetivo das UEPS é estabelecer um passo a passo de como desenvolver uma unidade de ensino que seja potencialmente facilitadora da AS de tópicos específicos de conhecimentos declarativos e/ou procedimentais.

Segundo Moreira (2011, p. 2), a elaboração das UEPS deve fundamentar-se nos seguintes princípios:

- O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel);
- Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa (Novak);
- É o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin);
- Organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- Situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade (Vergnaud);
- Frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação (Johnson-Laird);
- A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel);
- A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno (Vergnaud; Gowin);
- A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados (Vygotsky; Gowin);
- Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Gowin);
- Essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo; a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica (Moreira);
- A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno (Moreira).

Com base nesses princípios, Moreira (2011, p. 3) estabeleceu os seguintes passos para a construção de uma UEPS:

1. Definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos<sup>5</sup> e procedimentais, tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
2. Criar/propor situação (ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;
3. Propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar. Estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo. Tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio. São as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente. Modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios). Estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;
4. Uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos. A estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;
5. Em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

---

<sup>5</sup> Aspectos declarativos são aqueles que podem ser verbalizados, declarados de alguma maneira e os procedimentais são aqueles que consistem de habilidade cognitiva em saber fazer, é baseado em ações.

6. Concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um áudio-visual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7. A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

8. A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Além desses oito passos sequenciais, o autor apresenta alguns aspectos transversais dos quais destacamos dois que foram efetivamente aplicados em nossa proposta de UEPS.

- Em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas e o diálogo e a crítica devem ser estimulados;
- Embora a UEPS deva privilegiar as atividades colaborativas, a mesma pode também prever momentos de atividades individuais.

De acordo com Moreira (2011), "só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa; ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim". Dessa forma, cabe ao professor promover este tipo de aprendizagem por meio da organização e elaboração de materiais de ensino potencialmente significativos.

# Capítulo 3

## O Conceito de Campo

Este capítulo apresenta uma síntese do conceito de campo no Eletromagnetismo desde Faraday a Maxwell. Apresenta, também, uma pequena discussão sobre como o conceito é abordado nos livros didáticos destinado ao Ensino Médio.

### 3.1 As interações à distância

Basicamente, há duas formas distintas de explicar como dois corpos, distantes um do outro, podem exercer forças um sobre o outro:

- Um corpo age sobre o outro direta e imediatamente à distância, sem a necessidade de nada para intermediar a comunicação entre eles;
- Existe um agente intermediário entre os dois corpos, de maneira que, para um corpo exercer força sobre o outro, primeiro deve agir sobre o agente intermediário para que depois este transmita a ação para o outro corpo.

A primeira interpretação é chamada de "ação direta à distância" e normalmente é como a interação gravitacional é ensinada no ensino médio. A ideia contida na lei da Gravitação Universal de Newton é a de que massa atrai massa à distância de forma instantânea e sem a participação de qualquer meio presente no espaço entre estas massas. Embora o triunfo da Física newtoniana tenha contribuído para o fortalecimento da ideia de ação direta à distância, o próprio Newton não era defensor desta ideia como mostra uma carta, escrita por ele, a Bentley em 1693:

[...] É inconcebível que a matéria bruta, inanimada, opere sem a mediação de alguma outra coisa, não-material, sobre outra matéria e a afete sem contato mútuo, como deve ocorrer se a gravitação, no sentido de Epicuro, for essencial e inerente a ela; E é por esta razão que desejei que você não

atribuísse a gravidade inata a mim. Que a gravidade devesse ser inata, inerente e essencial à matéria de modo que um corpo pudesse atuar sobre outro a distância através de um vácuo, sem a mediação de qualquer coisa, por cujo intermédio sua ação e força pudesse ser transmitida de um corpo para outro é para mim um absurdo tão grande que acredito que nenhum homem dotado de uma faculdade de pensamento competente em questões filosóficas jamais possa cair nele. A gravidade deve ser causada por um agente que atua constantemente de acordo com certas leis; mas se esse agente é material ou imaterial é uma consideração que deixo para meus leitores (GARDELLI, 2004, p. 29).

De acordo com Gardelli (2004), para Newton seria desejável dispor de uma explicação mecânica para a gravitação, mas não havia nenhum modelo aceitável matematicamente na época. No entanto, muitos físicos dos séculos subsequentes entre eles, Coulomb, Ampère, Weber e outros não achavam a ideia de ação direta à distância absurda e apoiaram-se nela para formular teorias no domínio dos fenômenos elétricos e magnéticos.

Esses cientistas encaravam a ciência de um ponto de vista operacionalista. De acordo com esta visão, a ciência deve ater-se apenas a descrever os fenômenos como eles são medidos e não procurar explicar-los em termos de um suposto mundo real que de alguma forma cause os fenômenos.

Uma maneira oposta de encarar a ciência é aquela que adota uma posição realista. Segundo a visão realista, os conceitos usados pelas teorias científicas devem corresponder literalmente a entidades que existem na natureza, ou seja, todos os elementos de uma teoria física devem existir de fato no mundo real. Esta visão é a adotada pelos cientistas partidários da "ação mediada", que surge na história da Física principalmente a partir de Gilbert, segundo Gardelli (2004), e se fortalece a partir de Oersted, com Faraday e Maxwell. A moderna concepção de campo que é adotada nos livros de Física atuais tem origens nos trabalhos de Faraday e Maxwell.

### **3.2 Faraday e a indução eletromagnética**

As contribuições de Faraday para o Eletromagnetismo começaram em 1821 e realizaram-se a partir das experiências de Hans Oersted (1777-1851) que havia verificado que a passagem de corrente elétrica num fio condutor provoca o movimento de uma agulha magnética colocada próxima ao fio. O movimento da agulha levou à hipótese da manifestação de um fenômeno magnético a partir de um

fenômeno elétrico. Para Oersted, este fenômeno era explicado com base numa espécie de "conflito elétrico" que se estabelecia ao redor do fio em forma de círculos.

Para Faraday, esta explicação era imprecisa e insuficiente para convencê-lo, então passou a fazer suas próprias experiências. Usando uma agulha magnética para mapear a força magnética em torno de um fio percorrido por corrente elétrica, ele acabou por confirmar o efeito circular descrito por Oersted, mas diferentemente de Oersted, Faraday propôs a ideia de linhas de força para explicar o fenômeno.

Essa ideia de linhas de força surgiu, segundo Rocha (2009), da observação de figuras formadas por limalhas de ferro espalhadas sobre uma folha de papel ou lâmina de vidro, colocadas sobre um ímã. Segundo o mesmo autor, Faraday passou a visualizar as forças magnéticas e elétricas como uma espécie de linhas elásticas, as quais ele denominou linhas de forças, que se estendiam, a partir de ímãs e corpos eletrizados, a todo o espaço em torno desses corpos. Para Faraday, os fenômenos magnéticos e também os elétricos poderiam ser explicados então, pela existência de uma tensão ao longo das linhas de força e de uma pressão lateral entre elas.

Faraday, também, imaginou a possibilidade do efeito simétrico, ou seja, uma força magnética produzir corrente elétrica. Realizando experimentos com bobinas colocados paralelamente, ao ligar e desligar a corrente que atravessava uma delas, observou que havia passagem de corrente elétrica na outra, provocada pelo efeito liga-desliga. Pouco depois, ele descobriu as condições nas quais um ímã permanente poderia gerar corrente elétrica, estava descoberto o *fenômeno da indução eletromagnética*.

Faraday realizou inúmeros outros trabalhos nos quais ele investigou os efeitos da ação de ímãs em diversos materiais. Um dos experimentos, que ele realizou nesse sentido consistia em testar o efeito do campo magnético sobre a luz plano-polarizada. Ao verificar que o plano de polarização de um raio de luz girava ao passar por um pedaço de vidro de alto índice de refração inserido num forte campo magnético, Faraday passou a suspeitar que nenhum material deveria ser indiferente a um ímã. Experimentos posteriores levaram a confirmação desta suspeita, porém nem todos os materiais reagiam da mesma forma à força magnética. Os resultados

obtidos nesses experimentos levaram Faraday a classificar os materiais, quanto a forma que reagem ao campo magnético, em "paramagnéticos" e "diamagnéticos".

De acordo com (GARDELLI, 2004, p. 68), a descoberta do diamagnetismo estimulou a busca de teorias que levassem em conta esse fenômeno. Os experimentos com corpos diamagnéticos pareciam indicar que os efeitos magnéticos eram reações às linhas de força magnéticas e não devido a existência dos polos magnéticos. Faraday não foi capaz de formular uma teoria que explicasse de forma satisfatória os fenômenos magnéticos, porém:

...um ponto emergia claramente e ele era de fundamental importância. Qualquer que fosse a causa do magnetismo, a manifestação da força magnética era percebida no meio ao redor do ímã. Esta manifestação era devida ao campo magnético e a energia do sistema deveria estar espalhada no campo e não confinada no ímã. Por extensão, o mesmo se poderia dizer (e foi dito por Faraday) dos sistemas elétrico e gravitacional. Esta idéia se tornou o axioma fundamental da teoria clássica dos campos e que resiste até os dias de hoje." (GARDELLI, 2004, p. 69)

### 3.3 A teoria eletromagnética de Maxwell

Maxwell inicia suas investigações em eletricidade, por volta de 1854, e nessa época, Oersted, Ampère, Henry e Faraday já tinham estabelecido dois dos princípios do Eletromagnetismo.

- Uma corrente elétrica num condutor produz linhas de forças magnéticas que envolvem o condutor.
- Quando um condutor se move através de linhas de forças magnéticas, induz-se uma corrente elétrica no condutor.

Embora a teoria de Weber e Neumann<sup>6</sup> dominasse o cenário científico da época, as influências determinantes no seu trabalho vieram de Faraday e Thomson. Faraday contribuiu com a ideia de linhas de forças e Thomson com as suas analogias entre as equações da eletrostática e as equações para o fluxo de calor.

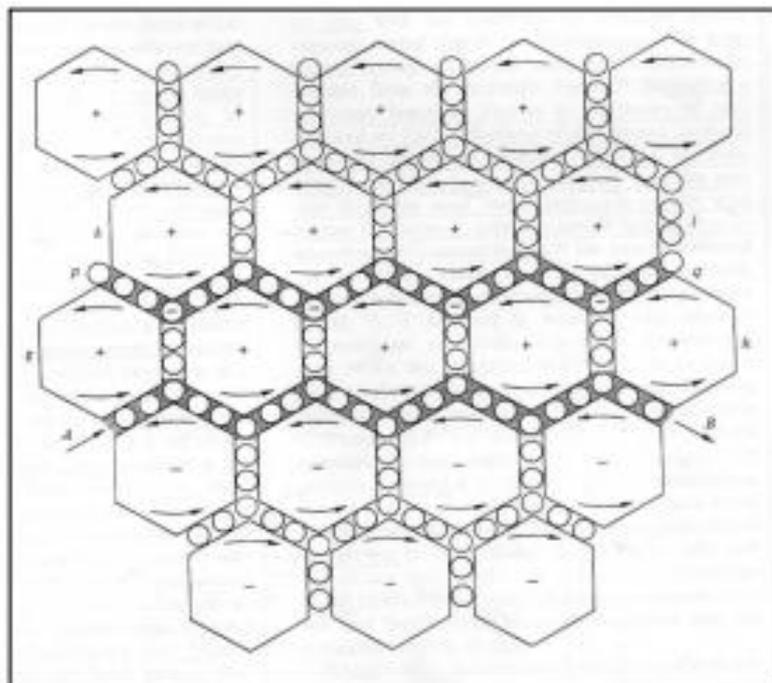
---

<sup>6</sup> No século XIX, as equações de Ampère e de Weber, juntamente com a teoria do potencial de Neumann, eram as bases para quase todos os trabalhos sobre a Teoria Eletromagnética baseadas na ideia da ação à distância.

Maxwell publica seu primeiro artigo sobre eletromagnetismo, *On Faraday's Line of Force (Sobre as linhas de força de Faraday)*, em 1855 em duas partes. Na primeira parte do artigo, ele apresenta uma analogia entre as linhas de força e as linhas de corrente em um fluido incompressível, enquanto na segunda parte, ele lida com o Eletromagnetismo propriamente. Segundo Gardelli (2004, p. 74), Maxwell desenvolveu uma nova teoria formal para os processos eletromagnéticos, fazendo uma importante distinção entre duas classes de funções vetoriais, as quais ele chamou de "fluxos" e "forças". Com essas ideias, ele chegou a uma função que dava origem a equações que podiam representar a ação magnética ordinária, a indução eletromagnética e as forças entre correntes elétricas.

Partidário da corrente filosófica que defendia a existência do éter, substância diversa da matéria comum e que seria responsável pela transmissão das forças nas interações físicas, Maxwell cria seus próprios modelos para a indução eletromagnética. Inicialmente ele propõe um modelo mecânico para o éter eletromagnético, no qual ele interpreta as tensões ao longo das linhas de força e a pressão perpendicular às mesmas, por meio de movimentos turbilhonares microscópicos no meio, cuja velocidade de rotação seria proporcional à força magnética. Dessa forma, segundo Gardelli (2004, p. 76):

Este novo modelo apresenta a produção de um campo magnético como o resultado da rotação no espaço de vórtices moleculares, tubos finos girando ao redor das linhas de força magnética com velocidade de rotação proporcional à intensidade do campo magnético, de modo que o magnetismo torna-se um fenômeno intrinsecamente ligado à rotação.



**Figura 5** - Modelo de vórtices moleculares imaginado por Maxwell

Fonte: Gardelli (2004).

Com este modelo, Maxwell foi capaz de formular uma teoria eletromagnética que dava conta de explicar os fenômenos eletromagnéticos conhecidos até então por meio de um conjunto de equações que relacionavam os campos elétricos e magnéticos. A formulação matemática de Maxwell é ainda hoje considerada a forma mais adequada de descrever os fenômenos eletromagnéticos. Estas equações são, atualmente, conhecidas como "Equações de Maxwell".

$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \rho / \epsilon_0$	Lei de Gauss ( Eletrostática )
$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$	Lei de Gauss ( Magnetostática )
$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	Lei de Faraday
$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \mu_0 \cdot \vec{J}$	Lei de Ampère

**Figura 6** - Equações de Maxwell na forma diferencial válidas no vácuo

Fonte: <https://blog.ufes.br/paineleletrico/2015/04/22/james-clerk-maxwell>.

As duas primeiras equações, mostradas na Figura 6, descrevem os fenômenos elétricos e magnéticos no caso estático; enquanto as duas últimas os descrevem no caso dinâmico. Com estas equações, Maxwell previu que um campo magnético podia ser gerado por um campo elétrico variável, e de forma análoga, um campo elétrico podia ser gerado por um campo magnético variável.

A partir destas equações, Maxwell percebeu e corretamente previu que a indução mútua dos campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo e no espaço deveria estabelecer uma sequência infinita de acontecimentos. Primeiro um campo elétrico variável no tempo produz, na sua vizinhança, um campo magnético também variável que, por sua vez, produz um campo elétrico variável na região que o rodeia. Este processo se repete indefinidamente de forma que estes campos elétrico e magnético interligados propagam-se através do espaço sob a forma de uma "onda eletromagnética", ou seja, uma perturbação nas intensidades dos campos elétricos e magnéticos. Maxwell demonstrou que essas perturbação nos campos elétricos e magnéticos propagavam-se numa velocidade que coincidia com a velocidade da luz, a qual já era conhecida na época, aproximadamente 300 000 km/s no vácuo, o que lhe forneceu evidências de que a luz era de natureza eletromagnética.

### **3.4 O conceito de campo nos livros didáticos**

No que se refere a forma como o conceito de campo é abordado nos livros didáticos, principalmente no Ensino Médio, o que se observa é uma polissemia de significados. Segundo Krapas e Silva (2007), essa multiplicidade de sentidos atribuída ao conceito de campo se deve a mistura das duas perspectivas - ação à distância e ação mediada - e acaba por confundir mais do que instruir.

Normalmente o primeiro contato que o estudante tem com o conceito de campo no Eletromagnetismo ocorre no estudo da eletrostática, onde o campo elétrico é definido muitas vezes como uma grandeza aparentada da força. De acordo com (GARDELLI, 2004, p. 10):

Em geral, os livros analisados passam a ideia de que campo elétrico é uma região do espaço ao redor de uma carga elétrica onde qualquer corpo eletrizado fica sujeito à ação de uma força de origem elétrica (Yamamoto, Fuke e Shigekiyo, 1998, v. 3, p. 47; Anjos e Arruda, 1993, v. 3,

p. 31; Chiquetto, Valentim e Pagliari, 1996). Ou que existe uma região de influência da carga geradora do campo elétrico, onde qualquer carga de prova inserida nesta região estará sob a ação de uma força de origem elétrica (Bonjorno e col., 1997).

O autor esclarece que, definições desse tipo dá uma ideia de que campo é algo limitado a uma região, contrariando a ideia aceita atualmente de que os campos estão presentes em todos os lugares. Uma outra ideia que o autor aponta como equivocada é a afirmação, encontrada em muitos livros, que um campo elétrico existe porque aparece uma força sobre uma carga de prova. De acordo com Gardelli (2004), afirmações como estas só fazem sentido se for rejeitada a possibilidade de forças diretas a distância, o que os livros não discutem.

Estas considerações são válidas, também, para o campo magnético que, em muitos livros, é definido como uma região do espaço:

A ideia geral apresentada pelos livros para o conceito de campo magnético é a de se tratar de uma região do espaço na qual um ímã ou fio condutor de corrente elétrica manifesta sua ação (Ramalho e col., 1986, v. 3, p. 237; Calçada e Sampaio, 1998, v. 3, p. 410 e 455; Anjos e Arruda, 1993, v. 3, p. 217 e 220; Yamamoto, Fuke e Shigekiyo, 1998, v. 1, p. 262).

Alguns livros afirmam que a prova da existência de um campo magnético numa certa região do espaço é o fato de se verificar um deslocamento de uma agulha magnética naquela região. (GARDELLI, 2004, p. 11)

Esta ideia de campo como uma região do espaço possivelmente tem origem no significado que Maxwell dava a este conceito em seu terceiro artigo *A dynamical theory of electromagnetic field*, de 1864:

[...] Campo não era uma grandeza física, mas sim a região onde ocorrem os processos físicos do eletromagnetismo. [...] Em seu terceiro artigo, [...] ele torna claro o que entende por campo: "O campo eletromagnético é aquela parte do espaço que contém e envolve corpos em condições elétricas ou magnéticas" (KRAPAS e SILVA, 2007).

Os autores, Krapas e Silva (2008) e Silva (2006), fazem uma análise detalhada de diversos livros na qual identificaram múltiplos significados atribuídos ao conceito de campo. O Quadro 1 apresenta os resultados desta análise referentes aos significados atribuídos aos campos elétrico e magnético.

Campo é:	Livros analisados						
	Gaspar (2000)	Gonçalves e Toscano (2003)	Guimarães e Fonte Boa (2001)	Hewitt (2002)	Máximo e Alvarenga (2002)	Ramalho, Nicolau e Toledo (1998)	Sampaio e Calçada (2001)
espaço	X	X	X	X	X	X	
vetor	X	X	X	X	X	X	X
armazena energia				X			
interage com partículas, media a interação entre elas	X	X	X	X	X		X
se propaga, é suporte para a propagação de energia	X			X			
preenche o espaço			X	X			X

**Quadro 1** - Ocorrência dos diversos significados do termo campo nos livros didáticos de Ensino Médio

Fonte: Adaptado de Krapas e Silva (2008).

Em relação aos significados *espaço* e *vetor*, de acordo com os autores Krapas e Silva (2008, p. 27), o intercâmbio de significados tem origens no passado, em expressões usadas por Maxwell e Lorentz. Embora alguns autores de livros didáticos tentem estabelecer uma distinção entre os dois conceitos, o usual entre os físicos é o intercâmbio de significados tanto na linguagem escrita quanto na linguagem oral.

Quanto aos outros significados atribuídos ao conceito de campo - *campo armazena energia*; *campo interage com partículas, media a interação entre elas*; *campo se propaga, é suporte para a propagação de energia*; *campo preenche o espaço* - são próprias à linguagem da Física a partir da Teoria da Relatividade Restrita (KRAPAS e SILVA, 2008, p. 27). Frente a esta polissemia de significados encontradas nos livros didáticos, esses autores apresentam quatro propostas didáticas para o ensino das interações físicas entre os corpos:

- 1) Interações físicas como uma ação mediada pelo campo com recurso à dicotomia ação mediada/ação a distância, localizada no reduto de uma controvérsia histórica;

- 2) Interações físicas como uma ação à distância, com a introdução do conceito de campo;
- 3) Interações físicas como uma ação à distância, sem a introdução do conceito de campo;
- 4) Interações físicas como uma ação mediada pelo campo com recurso à dicotomia ação mediada/ação a distância, não localizada no reduto de uma controvérsia histórica.

Cada proposta apresenta suas vantagens e desvantagens. Neste trabalho, ao elaborarmos nossa UEPS para o ensino do conceito de campo no Eletromagnetismo, optamos pela quarta proposta. De acordo com os autores, nesta proposta introduz-se a dicotomia ação mediada/ação à distância sem entrar nos detalhes históricos. A ação mediada se impõe pela necessidade de haver um ente que dê conta da propagação da informação, que tem como valor limite a velocidade da luz.

# Capítulo 4

## Metodologia

Este capítulo descreve como foi realizada a investigação, esclarecendo a abordagem metodológica escolhida, assim como o contexto do estudo e os sujeitos participantes. Descreve, também, a aplicação da UEPS, os instrumentos de coleta de dados e as técnicas de análise utilizadas para analisar os dados coletados.

### 4.1 Considerações iniciais

Moreira e Rosa (2009), afirmam que as pesquisas em ensino têm utilizado predominantemente, dois enfoques: o qualitativo e o quantitativo. No entanto, em uma pesquisa em que o pesquisador se envolve ativamente no direcionamento das interações entre os sujeitos participantes, como é o caso da sala de aula, o enfoque *qualitativo* parece ser o mais adequado para a análise dos dados coletados. De acordo com Moreira e Rosa (2009, p. 6) o interesse central numa pesquisa qualitativa está em:

[...] uma interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos a suas ações em uma realidade socialmente construída, através de observação participativa, isto é, o pesquisador fica imerso no fenômeno de interesse. Os dados obtidos por meio dessa participação ativa são de natureza qualitativa e analisados correspondentemente. As hipóteses são geradas durante o processo investigativo. O pesquisador busca universais concretos alcançados através do estudo profundo de casos particulares e da comparação desse caso com outros estudados também com grande profundidade. Através de uma narrativa detalhada, o pesquisador busca credibilidade para seus modelos interpretativos.

Assim, como este trabalho tem foco principal na investigação da aprendizagem dos estudantes durante e após a aplicação de uma UEPS através da interação do professor com os sujeitos da pesquisa, será utilizado o enfoque qualitativo.

## 4.2 O contexto do estudo

O estudo foi realizado no tempo destinado às aulas de Física em uma turma da 3ª série do Ensino Médio Regular, no período noturno, em uma escola pública estadual. O estudo foi conduzido pelo professor da turma, também autor desta dissertação. Nenhuma organização especial foi solicitada a escola para que o estudo fosse realizado, mas foi necessária uma prévia negociação com os professores de Química e Biologia quanto aos horários de utilização do laboratório de ciências que foi indispensável para a realização de algumas das atividades.

De acordo com as fichas de matrículas dos alunos, menos de 1% dos pais e/ou responsável pelos mesmos concluíram o ensino superior e cerca de 50% não chegaram a concluir o ensino fundamental. Quanto a empregabilidade, mais de 50% das famílias sobrevivem de subempregos sem garantias formais, além dos que são atendidos pelos projetos assistenciais do governo e aqueles cuja única forma de renda é o estágio remunerado do aluno. Esse fato acarreta um número elevado de faltas, que prejudica o rendimento do aluno.

## 4.3 Os sujeitos da pesquisa

A faixa etária dos estudantes que participaram do estudo é bastante ampla. Cerca de 35% desses estudantes encontram-se em defasagem série/idade e muitos deles são os responsáveis financeiros por suas famílias. Quanto aos estudantes que encontravam-se na idade recomendada para a 3ª série do Ensino Médio (17 a 19 anos), a maioria deles foram para o noturno devido ao estágio ou emprego conquistados no horário em que estudavam.

A UEPS foi aplicada em duas turmas do noturno, 3N1 e 3N2, no entanto o número de faltas dos estudantes na turma 3N1 inviabilizou a utilização dos dados coletados nessa turma. Dessa forma, a amostra considerada neste estudo, é constituída de 22 (vinte e dois) estudantes da turma 3N2 que tiveram número de faltas menor ou igual a 1 (um).

## 4.4 Planejamento e elaboração da UEPS

Uma UEPS como descrito na seção 2.2, estabelece uma sequência na qual o conteúdo que se deseja ensinar deva ser apresentado. O primeiro passo na elaboração de uma UEPS é a definição do tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais, tais como aceitos no contexto da matéria de ensino. Neste trabalho, escolhemos como tópico específico o conceito de campo abordando-o com o com recurso à dicotomia ação mediada/ação a distância, não localizada no reduto de uma controvérsia histórica (KRAPAS e SILVA, 2007).

Após a aplicação desta UEPS, espera-se que os estudantes sejam capazes de:

- a) Apropriar-se do conceito de campo entendendo-o como uma entidade física necessária a descrição dos fenômenos eletromagnéticos;
- b) Descrever de forma cientificamente adequada os campos elétricos e magnéticos, assim como suas formas de representação (Vetorial e linhas de força);
- c) Identificar as fontes do campo elétrico (cargas elétricas e variação de campo magnético);
- d) Identificar as fontes do campo magnético (ímãs, corrente elétrica e variação do campo elétrico);
- e) Identificar e explicar o fenômeno da Indução Eletromagnética (Lei de Faraday e Lenz);
- f) Aplicar o conceito de campo e os princípios a ele relacionados na solução de situações-problema;
- g) Identificar as aplicações e tecnologias em que os campos elétricos e magnéticos desempenham um papel fundamental.

Para atingir tais objetivos foram elaboradas cinco atividades experimentais, uma atividade de revisão e dois questionários. Para discutir os conceitos, utilizamos aulas

expositivas numa perspectiva dialógica, utilizando-se vídeos e simulações interativas.

Todas as atividades e questionários foram aplicados inicialmente em duas turmas da 3ª série do Ensino Médio, entre os meses de outubro e novembro de 2014. Uma destas turmas pertencia ao turno matutino de um escola onde o professor pesquisador trabalhou em designação temporária. Já a outra turma pertencia ao turno noturno da mesma escola onde se realizou o estudo e possuíam idade e nível de formação semelhante aos futuros participantes da pesquisa. A partir deste estudo piloto foi possível avaliar o nível das questões e situações-problema propostas, seu entendimento pelos estudantes, clareza e tempo gasto em cada atividade e questionário. Com o resultado do estudo piloto foram feitos alguns ajustes como redução do número de questões, redução no número de atividades e reformulação de algumas questões e atividades de forma a facilitar seu entendimento pelos estudantes. As atividades e questionários revisados são descritos nas seções seguintes e constituem o produto educacional (Apêndice A) desta dissertação.

#### **4.4.1 Atividades de identificação de conhecimentos prévios**

Objetivando identificar o conhecimento prévio dos estudantes, foram elaboradas duas atividades (Apêndice A): **Atividade 1** e **Atividade 2**. Estas atividades orientavam os estudantes a realizarem experiências simples envolvendo eletricidade e magnetismo e a explicarem os fenômenos observados em cada experiência. Tais atividades não tinham nenhum objetivo instrucional, mas dúvidas relativas ao manuseio dos aparatos experimentais foram esclarecidas pelo professor neste primeiro momento. O interesse do professor pesquisador nestas atividades estava nas explicações espontâneas dos estudantes para os fenômenos observados ao realizarem as experiências.

#### **4.4.2 Questionário de identificação de conhecimentos prévios**

Este questionário está localizado no produto educacional (Apêndice A), nomeado como **Questionário 1**, é constituído de quatro questões, as quais tinham o objetivo

de investigar se o estudante possuía alguma concepção relativa ao conceito de campo e qual seria esta concepção. A primeira questão, a única relacionada diretamente as atividades experimentais (**Atividade 1 e 2**), solicitava ao estudante explicar de que forma se dá as interações à distância. As demais questões solicitavam ao estudante que manifestasse os significados que eles atribuíam a palavra "campo" e seu conhecimento relativo aos campos elétrico e magnético.

#### **4.4.3 Atividades de aplicação do conhecimento**

Nas **Atividade 3, 4 e 5**, localizadas no produto educacional (Apêndice A), os objetivos estavam voltados mais para os aspectos instrucionais do que para os aspectos avaliativos. Os textos produzidos pelos estudantes, nestas atividades, foram considerados nas análises e serviram como fonte de dados para a investigação de evidências de AS. Cada uma destas atividades descreve uma situação-problema em que os estudantes, em grupos, devem solucionar e explicar as soluções encontradas.

#### **4.4.4 Atividade de revisão**

Antes da aplicação do **questionário 2** (questionário final de avaliação da aprendizagem) propomos que os estudantes realizassem a **Atividade 6** (Apêndice A). Esta atividade consiste num jogo de palavras cruzadas em que as questões propostas tinham o objetivo de estimular os estudantes a relembrem dos conceitos estudados na unidade de ensino e das aplicações relacionadas a estes conceitos.

#### **4.4.5 Questionário final de avaliação da aprendizagem**

Este questionário (Apêndice A) corresponde a avaliação somativa individual, sugerida por Moreira (2011), e deve ser aplicada após o sexto passo da UEPS. Essa avaliação é constituída por quatro questões abertas, nas quais o aluno tem a oportunidade de manifestar seu conhecimento, expressando os conceitos e significados que adquiriu ao longo da aplicação da UEPS.

## 4.5 Cronograma de aplicação da UEPS

O Quadro 2 mostra o cronograma de aplicação das atividades, questionários e recursos utilizados na UEPS.

Aula	Recurso utilizado	Descrição e/ou objetivos
1 e 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atividade 1</li> <li>Atividade 2</li> <li>Questionário 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O objetivo das atividades e do questionário é a identificação de conhecimentos prévios, portanto, somente dúvidas relativas ao manuseio dos experimentos foram esclarecidas pelo professor neste primeiro momento. (<i>Etapa 2 da UEPS</i>)</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Experimento demonstrativo</li> <li>Vídeo 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O experimento consiste em espalhar limalha de ferro em cima de uma folha de papel que se encontra sobre um ímã.</li> <li>O vídeo mostra um Guindaste eletromagnético em funcionamento.</li> <li>Estes recursos tem o objetivo de levantar os primeiros questionamentos sobre o conteúdo. (<i>Etapa 3 da UEPS</i>)</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simulações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A utilização das simulações interativas proporcionou maior envolvimento dos estudantes nas aulas, embora estas fossem ainda , aulas expositivas. Com o auxílio das simulações (<i>Hóquei no campo elétrico e ímãs e eletroímãs</i>) foram desenvolvidos os conteúdos: Campo elétrico, campo magnético e corrente elétrica. (<i>Etapa 4 da UEPS</i>)</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atividade 3</li> <li>Atividade 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nestas atividades espera-se que os alunos sejam capazes de aplicar os conceitos discutidos nas etapas anteriores para solucionar as situações-problema propostas. Após a realização da atividade foram realizadas discussões com toda a turma a respeito das soluções encontradas pelos grupos e os conceitos envolvidos. (<i>Etapa 4 da UEPS</i>)</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atividade 5</li> <li>Simulações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Foi proposto que os estudantes realizem a Atividade 5, em grupos de até 5 alunos.</li> <li>As simulações foram utilizadas novamente para discutir e sistematizar os conceitos relacionados a indução eletromagnética. (<i>Etapa 5 da UEPS</i>)</li> </ul>
7 e 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simulações</li> <li>Vídeo 2</li> <li>Experimento demonstrativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Foi realizada uma breve revisão do conteúdo utilizando as simulações <i>Laboratório de eletromagnetismo</i>.</li> <li>O vídeo 2 mostra uma reportagem do olhar digital, sobre as possibilidades de tecnologias de transmissão de energia sem fio. Após apresentar do vídeo, foi realizado um experimento demonstrativo do princípio básico envolvido (<i>Etapa 6 da UEPS</i>)</li> </ul>
9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atividades 6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jogo de palavras cruzadas. Objetivo: revisão de conceitos. (<i>Etapa 6 da UEPS</i>)</li> </ul>
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Questionário 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avaliação individual da Aprendizagem. (<i>Etapa 7 da UEPS</i>)</li> </ul>
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>Questionário 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avaliação dos recursos instrucionais. (<i>Etapa 8 da UEPS</i>)</li> </ul>

**Quadro 2** - Cronograma de aplicação da UEPS

Toda UEPS como propõem Moreira (2011) deve seguir as etapas descritas na seção 2.2. Estas etapas estão detalhadas no produto educacional (Apêndice A) desta dissertação.

Todas as atividades realizadas pelos estudantes foram utilizadas para compor a nota trimestral dos mesmos. Para as 5 atividades experimentais e para o Questionário 1 (identificação de conhecimentos prévios) foram atribuídos 2 pontos a participação dos estudantes em cada atividade. Para o Questionário 2 (avaliação da aprendizagem) foi atribuída uma nota de 0 (zero) a 10 (dez) de acordo com o desempenho obtido pelos estudantes. No total, foram utilizados 22 dos 30 pontos do 1º trimestre de 2015 no conteúdo trabalhado nesta UEPS.

#### 4.6 Instrumentos de coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio dos registros escritos de todas as atividades realizadas pelos estudantes. Os registros escritos foram recolhidos e analisados com base na Análise de Conteúdo de Bardin (1977). As **Atividades 1 e 2** e o **Questionário 1** foram analisados buscando-se identificar os conhecimentos prévios dos estudantes. As **Atividades 3, 4 e 5**, nos permitiram acompanhar a evolução dos estudantes durante o processo de instrução e o **Questionário 2**, aplicado no final do processo de instrução, foi analisado buscando-se identificar evidências da ocorrência de Aprendizagem Significativa.

Além das atividades e questionários que constituem a UEPS, foi utilizado para coleta de dados o **Questionário 3** (de avaliação dos recursos instrucionais). Seu objetivo é identificar se houve ou não um aumento de interesse, por parte dos estudantes, frente a metodologia e os recursos utilizados nesta unidade de ensino. Neste questionário (Apêndice A), o estudante responde as questões, de 1 a 8, utilizando uma escala Likert com os valores: 1 (Péssimo), 2 (Ruim), 3 (Regular), 4 (Bom) e 5 (Ótimo). Além disso, o estudante pode relatar quais dos recursos ele mais gostou (questão 9), relacionar o conceito de campo com alguma aplicação tecnológica (questão 10) e fazer críticas, sugestões ou elogios (questão 11).

## 4.7 Análise de Conteúdo como método de análise qualitativa

Neste trabalho, deu-se um enfoque descritivo e interpretativo na análise dos dados coletados. Para sistematizar a análise, optou-se pela Análise Temática Categorical, como descrita em Bardin (1977) e Oliveira (2008).

Segundo Oliveira (2008), a Análise de Conteúdo pode ser conceituada de diferentes formas, dependendo da vertente teórica e da intencionalidade do autor que a desenvolve. Por outro lado, parece haver consenso de que se trata de técnicas de descrição analítica, segundo procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens. De acordo com Bardin (1977, p. 42), a Análise de Conteúdo é:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objectivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

Realizar uma análise temática ou categorial, segundo Bardin (1977, p. 105) "consiste em descobrir os <<núcleos>> de sentido que compõem a comunicação e cuja presença, ou frequência de aparição podem significar alguma coisa para o objetivo analítico escolhido".

As técnicas da Análise de Conteúdo, são organizadas em torno de três polos cronológicos: Pré-análise, Exploração do material ou codificação e o Tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

A pré-análise é a etapa em que se realizam as operações preparatórias para a análise propriamente dita. Nesta etapa se realizam: a escolha dos documentos a serem analisados; a formulação das hipóteses e dos objetivos da análise; elaboração dos indicadores que fundamentam a interpretação final. De acordo com Bardin (1977, p. 96), estes três fatores não se sucedem, obrigatoriamente, numa ordem cronológica, mas estão estreitamente ligados uns aos outros. Esta etapa compreende:

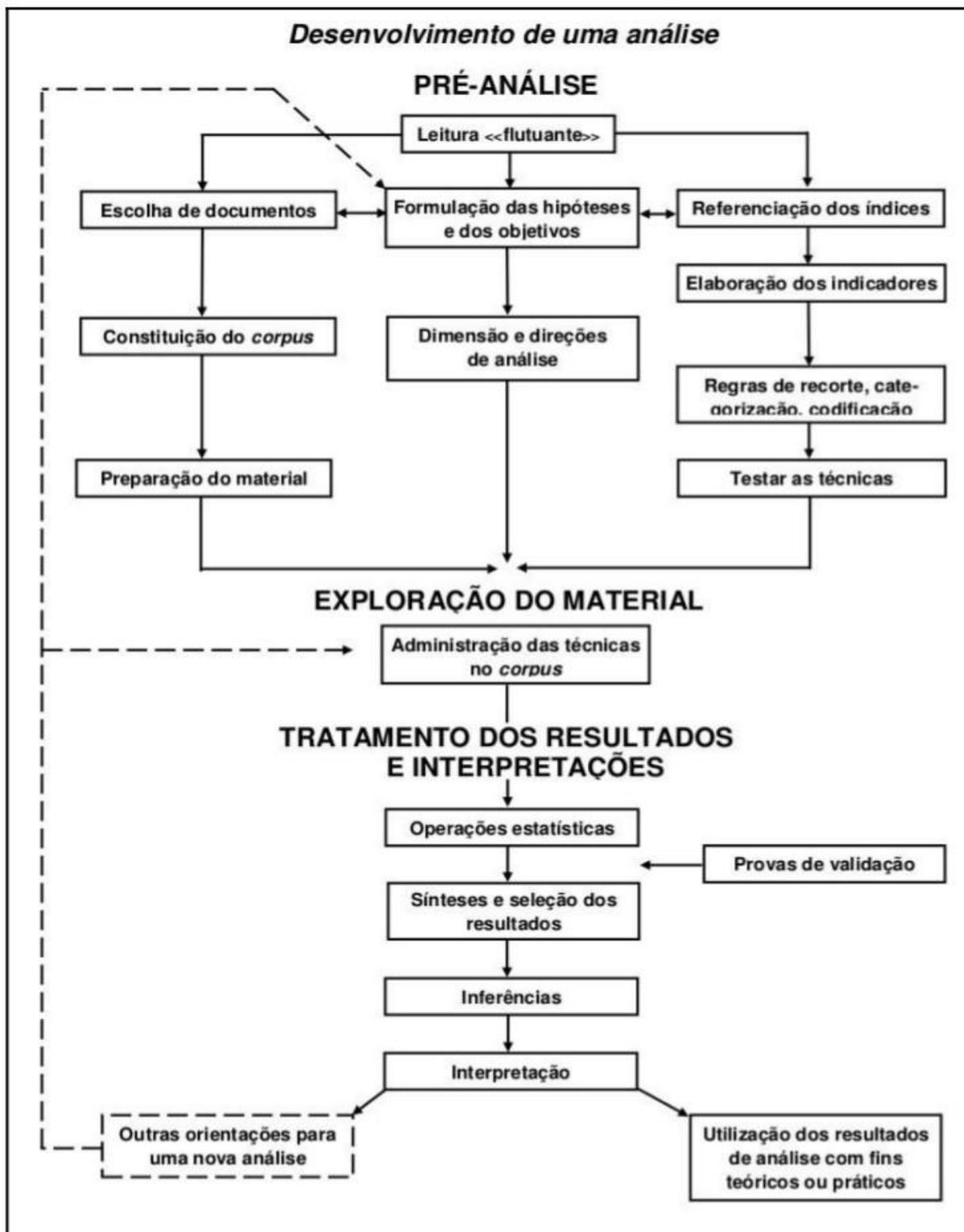
- **Leitura flutuante:** é o primeiro contato com os documentos a serem analisados; esta primeira leitura permite a formulação de hipóteses provisórias;

- Escolha dos documentos: consiste na definição do corpus (conjunto de documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos) de análise;
- Formulação de hipóteses: geralmente surgem da leitura flutuante dos documentos, são sempre provisórias e orientam a análise dos documentos frente aos objetivos estabelecidos;
- Elaboração de indicadores: é nesta etapa que se estabelece as regras de recorte do texto analisado, ou seja, a definição das *unidades de registro (UR)* a fim de interpretar o material coletado;
- Preparação do material: consiste na preparação material do *corpus* de análise como, por exemplo, a transcrição de entrevistas gravadas, fichamento de respostas a questões abertas.

Concluída a primeira etapa, passa-se para a exploração do material, que constitui a segunda etapa da Análise de Conteúdo. Esta etapa se resume, na administração sistemática das decisões tomadas na etapa da pré-análise e "consiste essencialmente de operações de codificação, desconto ou enumeração, em função de regras previamente formuladas" (BARDIN, 1977, p. 101). É nesta etapa que os dados brutos são transformados e agregados em *unidades de significação (US)* que permitem a descrição das características pertinentes ao conteúdo analisado.

A terceira etapa, consiste no tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Nesta etapa, os dados brutos são interpretados tendo em vista o referencial teórico e os objetivos da pesquisa. Operações de quantificação simples (frequência) ou mais complexas (análise fatorial), sobre os dados fornecidos pela análise, permitem apresentar-los por meio de diagramas, figuras, gráficos, modelos, entre outros.

A Figura 7 mostra um resumo esquemático dos passos previstos no método da Análise de Conteúdo.



**Figura 7** - Etapas da Análise de Conteúdo

Fonte: Bardin (1977).

# Capítulo 5

## Resultados e Análises

A partir dos dados coletados durante a aplicação da UEPS, iniciou-se a análise destes dados em busca de indícios que evidenciem o potencial significativo da unidade de ensino. Para isso, utilizou-se a Análise de Conteúdo de Bardin (1977) segundo as etapas descrita na seção 4.7, sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003).

### 5.1 Considerações sobre a metodologia de análise

O objetivo principal deste trabalho é investigar a apropriação de conceitos relacionados ao campo elétrico e magnético em estudantes do Ensino Médio, ao aplicar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), baseada na utilização de experimentos e simulações interativas. Para isso, utilizamos os instrumentos de coleta de dados descritos na seção 4.6, exceto o **Questionário 3** (de avaliação dos recursos instrucionais).

O método de análise utilizado foi a Análise de Conteúdo de Bardin (1977), cujas principais etapas estão descritas na seção 4.7. Além disso, de acordo com Oliveira (2008, p. 571) existem diferentes técnicas de Análise de Conteúdo que podem ser adotadas, cada técnica permite a exploração do material analisado a partir de diferentes elementos presentes no texto e conduzem a resultados distintos em termos de compreensão das mensagens. Neste trabalho, a técnica adotada, foi a Análise Temática Categórica. O conjunto de documentos utilizados nas análises é constituído pelas respostas produzidas pelos estudantes durante a aplicação da UEPS. Todas as respostas dos estudantes foram analisadas, buscando-se identificar

unidades de significação (US) que representasse alguma concepção expressa por eles. Em seguida, todas as concepções foram classificadas em duas categorias distintas:

- Ação direta à distância (**ADD**);
- Ação mediada por um campo (**AMC**).

Além desta simbologia, utilizaremos um código para cada US que a identifique unicamente. Este código é composto por três letras seguidas de um número. As Três letras indicam se a US consiste numa concepção cientificamente adequada (**CCA**) ou numa concepção cientificamente inadequada (**CCI**). Respostas e explicações que não puderam ser identificadas uma US, serão chamadas de "outras concepções" (**OC**).

## 5.2 Resultados das atividades de identificação de conhecimentos prévios

Nesta seção, serão apresentados os resultados das atividades que objetivavam identificar o conhecimento prévio, dos estudantes, referentes aos conceitos: campo elétrico e campo magnético. Esta etapa, passo 2 da UEPS, foi realizada em duas aulas nas quais os estudantes realizaram, em grupos, a **Atividade 1 (AT1)** e **Atividade 2 (AT2)** e responderam, individualmente, o **Questionário 1 (Q1)**. Nas atividades **AT1** e **AT2**, os estudantes tinham que observar alguns fenômenos, elétricos e magnéticos, e tentar explicar-los. Tanto nas atividades experimentais como no questionário, o foco das análises foi as explicações dos estudantes para as questões colocadas. Estas atividades foram consideradas, como atividade de levantamento de conhecimentos prévios pois, o objetivo das mesmas era investigar se os estudantes possuíam alguma concepção relativa ao conceito de campo ou se, de alguma forma, utilizavam o conceito de campo para explicar as situações apresentadas nas atividades.

O Quadro 3 mostra as concepções, dos estudantes, utilizadas para explicar as situações e questões apresentadas nesta etapa da aplicação da UEPS.

<b>Categoria</b>	<b>Exemplos de unidade de registro (UR)</b>	<b>Concepções</b>	<b>Código</b>
Ação Direta à Distância (ADD)	"Ao atritar um canudo este perde elétrons para o papel e fica positivo, o canudo está eletrizado negativamente, cargas iguais se repelem" (G2) (AT1.2)	Cargas elétricas de sinais iguais se repelem e de sinais diferentes se atraem.	<b>CCA1</b>
	"Isso acontece devido aos polos norte e sul em cada um deles, quando colocamos polos diferentes eles se atraem e quando colocamos polos iguais eles se repelem" (G1) (AT2.1)	Ímãs possuem dois polos - Norte e Sul: Polos iguais se repelem e polos diferentes se atraem.	<b>CCA2</b>
	"O de aço é afetado pelo ima por causa de sua atração que é mais condutora e possui mais elétron do que o cobre, alumínio e o plastico." (G3) (AT1.1)	Objetos metálicos são atraídos por ímãs devido ao acúmulo de cargas elétricas.	<b>CC11</b>
	"Na primeira situação os irmãos se atraem por casa que as cargas de elétrons são arastadas todas para um lado do irmão, na segunda situação eles se repelem por causa que os lodos só tem cargas positivas." (G3) (AT2.1)	Ímãs possuem dois polos: positivo, devido ao acúmulo de cargas positivas; negativo, devido ao acúmulo de cargas negativas.	<b>CC12</b>
	"Na minha opinião eles se atraem porque tem algo que o outro gosta, tem ou precisa." (A6) (Q1.1)	Dois objetos se atraem porque um deles tem algo que o outro gosta, tem ou precisa.	<b>CC13</b>
	"pois quando o objeto esta próxima a um corpo ele recebe cargas elétricas, quando ele recebe cargas positivas eles se atraem e quando recebem cargas negativas se repeliam." (A8) (Q1.1)	Dois objetos se atraem ou se repelem porque ocorre troca de cargas elétricas entre eles: Quando um dos objetos recebe cargas positivas, eles se atraem e quando recebe cargas negativas se repelem.	<b>CC14</b>
Ação Mediada por um Campo (AMC)	"Quando há o atrito entre o papel e o canudo há a transferência de elétrons fazendo com que o canudo fique com maior quantidade de elétrons criando um campo eletrostático interferindo diretamente em cada objeto" (G1) (AT1.2)	Cargas elétricas geram, ao seu redor, um campo elétrico.	<b>CCA3</b>
	"Isso acontece devido ao campo elétrico que afeta todos os objetos eletrizados, fazendo uma força de atração ou repulsão" (A10) (Q1.1)	O campo elétrico interage com cargas elétricas ou objetos eletrizados, sujeitando-os a uma força elétrica.	<b>CCA4</b>
	"Por causa do magnetismo, o magnetismo do imã que é gerado ao seu redor" (G7) (AT2.2)	Ímãs geram, ao seu redor, um campo magnético.	<b>CCA5</b>
	"A bússola sempre irá apontar pro magnetismo mais próximo, e o ponteiro vermelho irá apontar pro lado do magnetismo mais próximo idependente da posição" (G7) (AT2.3)	O campo magnético interage com ímãs e com objetos ferromagnéticos.	<b>CCA6</b>

**Quadro 3** - Concepções apresentadas pelos estudantes nas atividades de levantamento de conhecimentos prévios

Na **Atividade 1** (Apêndice A) foram apresentadas, aos estudantes, as seguintes situações:

- **AT1.1:** Interação entre um ímã e as hastes dos versoriuns;
- **AT1.2:** Interação entre um canudo eletrizado e as hastes dos versoriuns;
- **AT1.3:** Interação entre dois canudos eletrizados (um dos canudos constitui a haste de plástico de um dos versoriuns).

Em cada uma das situações, os estudantes *manipulavam* os experimentos seguindo as instruções, *observavam* o que acontecia e *tentavam explicar* o que observaram. Os resultados se encontram no Quadro 4.

Grupos	AT1.1	AT1.2			AT1.3
	CCI1	CCA1	CCA3	CCA4	CCA1
G1			X	X	X
G2	X	X			X
G3	X	X			X
G4		X			
G5					
G6					
G7	X	X			X
<b>Nº de ocorrência</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>

**Quadro 4** - Concepções utilizadas pelos estudantes para explicar os fenômenos observados na Atividade 1

Um X indica que o grupo apresentou, em sua resposta, a concepção correspondente àquela coluna. A ausência do X significa que o grupo não explicou o que foi observado na atividade, apenas descreveu o que aconteceu. Isso pode ser observado no trecho abaixo:

1) Aproxime um ímã de cada um dos versoriuns. O que acontece com cada um deles? Explique.

"O fio de cobre, o canudo de plástico e o alumínio não se movimentam. So o clipe de papel."

Analisando o Quadro 4 verifica-se que, para a interação entre o ímã e as hastes dos versoriuns - **AT1.1**, os grupos que propuseram uma explicação para o fato, apresentaram uma concepção cientificamente inadequada (CCI1). Para estes grupos, esta interação se deve ao fato das hastes serem de metal e possuírem certa quantidade de elétrons e quanto maior esta quantidade de elétrons, maior será a força de atração.

Em relação as interações: entre o canudo eletrizado e as hastes dos versoriuns - **AT1.2** e entre dois canudos eletrizados - **AT1.3**, verifica-se que a maioria dos grupos usou o princípio da atração e repulsão entre cargas elétricas, concepção CCA1, para explicar tais interações. Este resultado já era esperado uma vez que, os estudantes participantes desta pesquisa já haviam estudado o conceito de carga elétrica e os processos de eletrização. O grupo G1, apresentou concepções classificadas como AMC (concepções CCA3 e CCA4). Para este grupo existe um campo eletrostático, criado devido ao acúmulo de elétrons, que é responsável pelas forças de atração e repulsão observadas nos experimentos. Aparentemente esta concepção não está bem estruturada, pois o grupo preferiu utilizar a concepção CCA1 para explicar um problema semelhante como mostra a ultima coluna do Quadro 4.

Na **Atividade 2** (Apêndice A) foram apresentadas, aos estudantes, as seguintes situações:

- **AT2.1:** Interação entre dois ímãs;
- **AT2.2:** Mapeamento do campo magnético de um ímã utilizando uma bússola;
- **AT2.3:** Interação entre uma bússola e o campo magnético da Terra.

Nesta atividade os estudantes repetem os procedimentos da **Atividade 1**: *manipulavam* os experimentos seguindo as instruções, *observavam* o que acontecia e *tentavam explicar* o que observaram, respondendo as questões propostas. O Quadro 5 mostra os resultados obtidos nesta atividade.

Grupos	AT2.1		AT2.2			AT2.3
	CCA2	CCI2	CCA5	CCA6	CCI1	CCA6
G1	X		X	X		X
G2		X				
G3		X			X	
G4	X				X	
G5		X				
G6		X			X	
G7	X		X	X		X
<b>Nº de ocorrência</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

**Quadro 5** - Concepções utilizadas pelos estudantes para explicar os fenômenos observados na Atividade 2

Este quadro mostra que, nesta atividade, houve uma prevalência das concepções cientificamente inadequadas (concepções CCI1 e CCI2). Para explicar a interação entre dois ímãs, todos os grupos utilizaram o conceito de polos, porém 4 dos 7 grupos apresentaram uma concepção cientificamente inadequada, concepção CCI2, para explicar a origem dos polos em um ímã.

Dois grupos, G1 e G7, apresentaram concepções classificadas como AMC (concepções CCA5 e CCA6). Embora estes grupos apresentem uma concepção de campo para explicar as interações entre a bússola e os ímãs e, entre a bússola e a Terra; esta concepção não está bem estruturada, pois as respostas fornecidas pelos grupos mostram uma total falta de domínio da linguagem adequada para expressar o conceito de campo. No Quadro 3 é mostrado alguns exemplos de unidades de registro (UR) associada a cada concepção.

Imediatamente após a finalização das duas atividades experimentais, os estudantes responderam, individualmente, o **Questionário 1** (Apêndice A) constituído de quatro questões com foco nas concepções dos estudantes sobre o conceito de campo. Vale lembrar que estas atividades tinham o objetivo de levantar os conhecimentos prévios dos estudantes.

A primeira questão buscava identificar explicações dos estudantes relativas a interações à distância. Os resultados podem ser observados no Quadro 6.

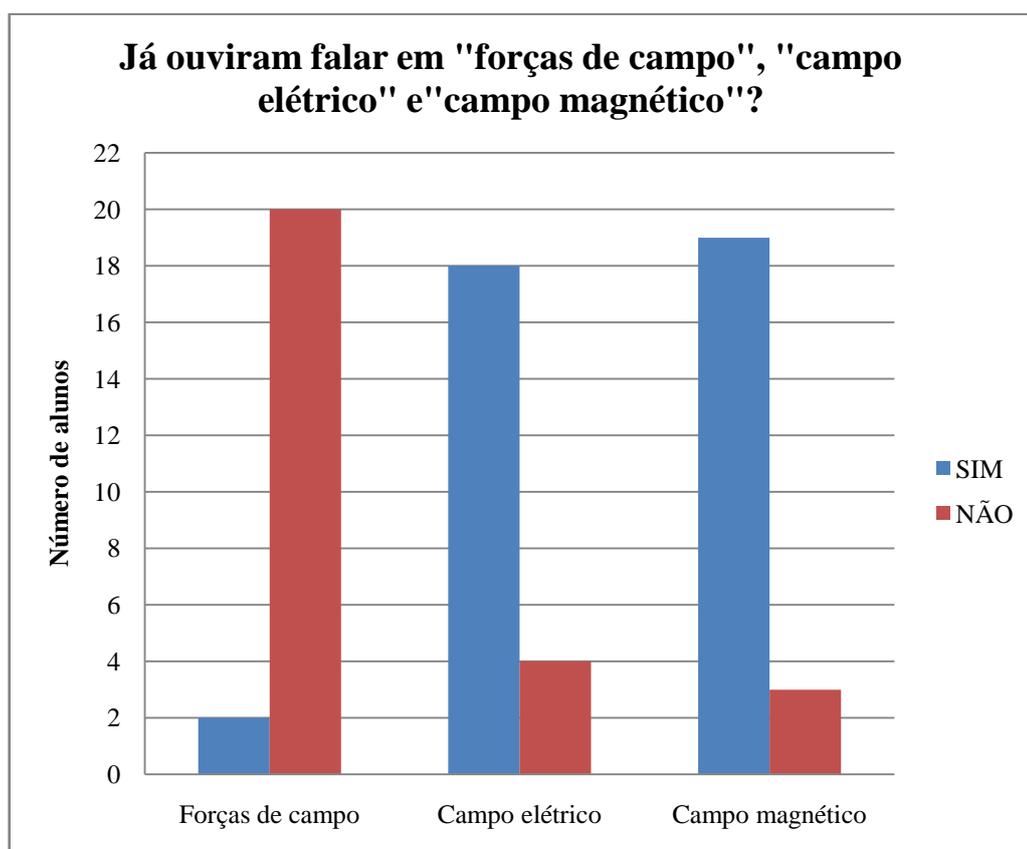
Grupos/ Alunos		Questionário 1 (Questão 1)					
		CCA1	CCA2	CCI3	CCI4	CCA3	CCA4
G1	A1	X					
	A2	X					
	A4	X					
	A5	X					
G2	A6			X			
	A7	X					
	A8				X		
	A9	X					X
G3	A10	X					X
	A12	X					X
G4	A14	X				X	
	A15	X					
	A17	X					
G5	A18		X				
	A19		X				
	A20	X					
G6	A22				X		
	A23						
	A25						
G7	A26					X	
	A27					X	
	A28					X	
<b>Nº de ocorrência</b>		<b>12</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

**Quadro 6** - Concepções utilizadas pelos estudantes para responder a questão 1 do Questionário 1

Analisando este quadro, verifica-se que a maioria dos estudantes utilizou o princípio da atração e repulsão entre cargas elétricas (concepção CCA1) para responder essa questão. Além disso, apenas 7 estudantes apresentaram concepções classificadas como AMC (concepções CCA3 e CCA4), revelando que estes estudantes possuem algum conhecimento do conceito de campo. No entanto, este conhecimento se apresenta bastante fragmentado, pois nenhum dos 7 estudantes expressou, simultaneamente, as duas concepções. Apesar de terem participado de atividades que envolvem tanto as interações elétricas como as interações magnéticas, nenhum deles expressou concepções relativas ao conceito de campo magnético.

As questões 2, 3 e 4, perguntavam diretamente aos estudantes, se eles já ouviram falar em "forças de campo"<sup>7</sup>, "campo elétrico" e "campo magnético". Além de responderem a estas questões, foi solicitado que eles escrevessem todos os significados que conhecessem para a palavra "campo" e dessem exemplos de situações onde ouviram falar nos campos elétrico e magnético.

Os resultados da análise destas questões se encontra no Gráfico 1 e nas Tabelas 1, 2 e 3.



**Gráfico 1** - Resultados das questões 2, 3 e 4 do Questionário 1

O Gráfico 1 mostra que, dos 22 estudantes, apenas 2 responderam já ter ouvido falar em "forças de campo" e que a maioria deles já ouviu falar nos campos elétrico e magnético. Mas quando foram solicitados a expressar todos os significados que conhecem para a palavra "campo", somente o aluno A25, não se expressou.

---

<sup>7</sup> Este termo é utilizado em alguns livros didáticos, da 1ª série do Ensino Médio, quando discute-se a natureza das forças. Utiliza-se o termo "forças de contato" para designar as interações entre corpos que estão em contato, encostados um ao outro, e "forças de campo" para designar as interações a distância.

A Tabela 1 mostra os significados que os estudantes atribuíram a palavra "campo" (resposta à questão 2 do questionário 1).

**Tabela 1** - Significados para a palavra "campo", apresentados pelos estudantes

<b>Categorias/Significados para a palavra "campo"</b>	<b>Número de ocorrências</b>
<b>Campo como área territorial</b>	<b>22</b>
Área destinada a prática de esportes (futebol, vôlei, etc).	8
Natureza ou zona rural (roça, plantações, campo de flores).	6
Espaço delimitado para alguma atividade.	8
<b>Campo de forças e de energia</b>	<b>17</b>
Espaço onde poderá estar localizada as forças ou as cargas.	2
Área concentrada com algum tipo de energia.	1
Campo elétrico.	5
Campo magnético.	7
Campo gravitacional.	2
<b>Campo como área de estudo</b>	<b>1</b>
Área de estudo na Ciência.	1

Os significados que apareceram com maior frequência foram os que dão a palavra "campo" um sentido de área ou local destinado a prática de alguma atividade. Alguns dos estudantes especificaram quais seriam estas atividades como, por exemplo, jogo de futebol que se realiza num "campo de futebol" ou o cultivo de plantações, como acontece no "campo"<sup>8</sup> (zona rural). Em segundo lugar, estão os significados que tentam estabelecer alguma relação da palavra "campo" com forças e/ou energia; porém, a maioria dos estudantes que tentaram fazer isso apenas citaram os campos elétrico, magnético e gravitacional.

<sup>8</sup> Este termo é utilizado tanto da mídia quanto nos livros de Geografia para se referir a uma zona rural.

A Tabela 2 mostra as situações, onde os estudantes já ouviram falar em campo elétrico. Observa-se que, as "situações" relatadas pelos estudantes são, em sua maioria, citações de objetos ou aparelhos que funcionam com energia elétrica. Aparentemente, os estudantes apenas associaram campo elétrico a eletricidade sem atribuir nenhum significado a esta associação. Apenas duas situações foram, de fato, descritas pelos estudantes sendo que uma delas está relacionada ao campo magnético e não ao campo elétrico como foi solicitado na questão.

**Tabela 2** - Exemplos de situações onde os estudantes já ouviram falar em campo elétrico

<b>Categorias/Exemplos de situações relacionadas ao campo elétrico</b>	<b>Número de ocorrências</b>
<b>Citaram objetos que acreditam está relacionados ao campo elétrico</b>	<b>22</b>
Lâmpadas	5
Materiais elétricos	4
Chuveiro elétrico	3
Pilha/bateria elétrica	1
Eletro-eletrônicos	3
Celular	1
Cerca elétrica	5
<b>Descreveram uma situação que acreditam está relacionada ao campo elétrico</b>	<b>2</b>
Atração dos pelos do braço pela tela da televisão.	1
Na bobina de um motor elétrico, ao conduzir eletricidade, forma-se um campo elétrico.	1
<b>Descreveram formas de representação do campo elétrico</b>	<b>2</b>
É um vetor, tem direção, sentido e intensidade.	2

A Tabela 3 mostra as situações, onde os estudantes já ouviram falar em campo magnético. Observa-se que, para a maioria dos estudantes que respondeu a questão, o campo magnético está associados aos ímãs; estes estudantes apenas

citaram os ímãs sem descrever qualquer situação específica. Apenas quatro situações foram, de fato, descritas pelos estudantes, sendo uma delas relacionada ao campo elétrico.

**Tabela 3** - Exemplos de situações onde os estudantes já ouviram falar em campo magnético

<b>Categorias/Exemplos de situações relacionadas ao campo magnético</b>	<b>Número de ocorrências</b>
<b>Citaram objetos que acreditam está relacionados ao campo magnético</b>	<b>16</b>
Ímãs	12
Metais/Objetos metálicos	4
<b>Descreveram uma situação que acreditam está relacionada ao campo magnético</b>	<b>4</b>
Onde o magnetismo é muito intenso atrapalha o funcionamento de aparelhos eletro-eletrônicos.	1
O campo magnético da Terra influencia equipamentos tecnológicos.	1
O versorium é influenciado pelo campo magnético.	1
Levei um choque na mão quando estava no ônibus e disseram que era por causa do campo magnético.	1
<b>Descreveram o que é campo magnético</b>	<b>2</b>
É a região próxima de um ímã que influencia outros ímãs ou materiais ferromagnéticos e paramagnéticos.	2

Em resumo, a análise dos dados apresentados nesta seção nos permite concluir que:

- As concepções predominantes dos estudantes em relação as interações elétricas e magnéticas são concepções classificadas como de "ação direta à distância (ADD)". Não é possível, a partir de suas respostas, identificar detalhes destas concepções, pois os estudantes apenas utilizam ou citam os princípios da atração e repulsão (concepções CCA1 e CCA2) para explicar tais interações. Esse padrão de resposta pode significar que tais concepções foram aprendidas de forma mecânica.

- As concepções cientificamente inadequadas (CCI1, CCI2, CCI3 e CCI4) que apareceram nestas atividades foram utilizadas, sobretudo, nas explicações de fenômenos magnéticos.
- As concepções (CCA3, CCA4, CCA5 e CCA6) classificadas como "ação mediada pelo campo (AMC)" são bastante incompletas, o que parece ser resultado de Aprendizagem Mecânica. Dos sete estudantes que apresentaram concepções desse tipo na primeira questão do **Questionário 1**, quatro deles apresentaram, também, concepções classificadas como ADD. Além disso, como mostra os resultados das Tabelas 1, 2 e 3, os significados e situações relatadas pelos estudantes, não possuem relações significativas com o conceito de campo no Eletromagnetismo o que corrobora a afirmação de que as concepções classificadas como AMC, nestas atividades, são resultados de Aprendizagem Mecânica.
- Apenas 2 dos 22 estudantes, já ouviram falar em "forças de campo" e os significados que eles atribuem a palavra "campo" estão frequentemente associados a ideia de campo como espaço (área destinada a prática de esportes ou a áreas rurais). Embora a maioria dos estudantes já tenha ouvido falar em "campo elétrico" e "campo magnético", as situações relatadas por eles, não possuem relações significativas com o conceito de campo no Eletromagnetismo.

### 5.3 Resultados das atividades de aplicação do conhecimento

Nesta seção serão apresentados e analisados os resultados da avaliação das atividades 3, 4 e 5 (Apêndice A), cujo o objetivo era investigar se o estudante consegue aplicar os conhecimentos sobre o conceito de campo para resolver situações-problema. As atividades 3 e 4, foram desenvolvidas no 4º passo da UEPS após apresentação do conteúdo aos estudantes. A Atividade 5, foi desenvolvida no 5º passo da UEPS e foi proposta como um desafio, pois até este momento, o professor ainda não havia trabalhado o conceito de indução eletromagnética.

<b>Categoria</b>	<b>Exemplos de unidade de registro (UR)</b>	<b>Concepções</b>	<b>Código</b>
Ação Direta à Distância (ADD)	"O sul do ímã atrai o norte da bossola. O norte do ímã atrai o sul da bossola" (G1) (AT3)	Ímãs possuem dois polos - Norte e Sul: Polos iguais se repelem e polos diferentes se atraem	CCA2
	"O ímã possui dois polos o positivo com mais prótons e o negativo com mais elétrons" (G7) (AT3)	Ímãs possuem dois polos: positivo, devido ao acúmulo de cargas positivas; negativo, devido ao acúmulo de cargas negativas	CCI2
	"Ao aproximar o ímã ocorre a separação das cargas na agulha da bússola o pólo negativo atrai a parte vermelha da bússola que possui mais prótons do que elétrons" (G7) (AT3)	Ao aproximar a bússola do ímã os elétrons e prótons, presentes na agulha da bússola, são separados.	CCI5
Ação Mediada por um Campo (AMC)	"...fazendo com que ela atraia alguns cliques devido a interação com o campo magnético." (G4) (AT4)	O campo magnético interage com ímãs e com objetos ferromagnéticos (Quadro 2)	CCA6
	"...e quando nós ligamos essa bobina à uma fonte elétrica que nesse caso e a pilha forma-se um campo magnético na bobina" (G4) (AT4)	Corrente elétrica gera campo magnético.	CCA7
	"Para o eletroímã atrair mais cliques é preciso uma corrente elétrica mais potente, pois assim aumenta o campo magnético." (G2) (AT4)	A intensidade do campo magnético do eletroímã depende da intensidade da corrente elétrica.	CCA8
	"E para aumentar a força de atração no nosso eletroímã devemos enrolar uma quantidade maior de cobre (uma bobina maior)" (G4) (AT4)	A intensidade do campo magnético do eletroímã depende do número de voltas de fio ao redor do prego.	CCA9
	"... o cobre enrolado no plástico e com a aproximação do ímã no cobre o campo magnético aumenta..." (G2) (AT5)	O movimento relativo entre o ímã e a bobina provoca uma variação na intensidade do campo magnético no interior da bobina.	CCA10
	"...quando nós aproximamos o ímã e afastamos os resultados do campo podem ser diferentes de acordo com o polo do ímã pode dar positivo* quando aproximamos e negativo* quando afastado, mas ao virarmos o ímã os polos mudam e quando aproximamos agora será negativo* e ao afastar será positivo*." (G4) (AT5)	A corrente elétrica flui num sentido, enquanto a intensidade do campo magnético está aumentando, e no sentido contrário, enquanto a intensidade do campo está diminuindo.	CCA11
	"Então, a variação do campo magnético, gera a corrente elétrica." (G2) (AT5)	Campo magnético variável gera corrente elétrica num circuito fechado.	CCA12

**Quadro 7** - Concepções apresentadas pelos estudantes nas atividades de aplicação do conhecimento

Notas: \* os termos "positivo" e "negativo" denotam o sinal da corrente no multímetro.

No Quadro 7 estão as concepções utilizadas pelos estudantes para solucionar e explicar as situações-problema propostas nas atividades 3, 4 e 5 e o Quadro 8 mostra os resultados obtidos.

Grupos	Atividade 3			Atividade 4				Atividade 5		
	CCA2	CCI2	CCI5	CCA6	CCA7	CCA8	CCA9	CCA10	CCA11	CCA12
G1	X			X	X	X	X	X	X	X
G2	X			X	X	X	X	X	X	X
G3	X						X			X
G4	X			X	X	X	X	X	X	X
G5	X						X		X	
G6	X			X	X		X	X		X
G7		X	X				X		X	X
<b>Nº de ocorrência</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

**Quadro 8** - Concepções utilizadas pelos estudantes para solucionar e explicar as situações-problema descritas nas atividades de aplicação do conhecimento

Do ponto de vista procedimental, praticamente todas as atividades foram realizadas de forma satisfatória pelos grupos. A exceção foi o grupo G7 que não conseguiu solucionar a **Atividade 3** corretamente.

Do ponto de vista conceitual, a análise dos textos produzidos pelos estudantes nestas atividades, revela que:

- Na **Atividade 3**, todos os grupos utilizaram concepções categorizadas como "ação direta à distância" - ADD - para solucionar e explicar o problema proposto. Somente o grupo G7 utilizou concepções cientificamente inadequadas (CCI2 e CCI4) para justificar sua tentativa de solucionar o problema. Não houve nenhuma ocorrência de concepções que relacionasse o alinhamento da agulha da bússola com o campo magnético;
- Nas **Atividades 4 e 5**, todos os grupos utilizaram concepções categorizadas como "ação mediada pelo campo" - AMC, embora estes mesmos grupos não tenham utilizado estas concepções na **Atividade 3**.
- Nas **Atividade 4 e 5**, quatro dos sete grupos (G1, G2 e G4), solucionaram e explicaram satisfatoriamente os problemas propostos, utilizando todas as concepções cientificamente adequadas que seriam esperadas na solução dos mesmos. O grupo G6 deixou de apresentar a concepção CCA8 na **Atividade**

**4** e CCA11 na **Atividade 5**. Os demais grupos não apresentaram explicações completas, mas suas respostas estavam parcialmente corretas.

Para exemplificar este último argumento, veremos a resposta do grupo G5 na **Atividade 4**.

Depois de discutirem entre o grupo, escrevam um texto explicando, de forma detalhada, todos os procedimentos adotados e como funciona o eletroímã. Em seu texto, deverão responder a seguinte questão: O que deve ser feito para aumentar a força de atração do eletroímã (fazê-lo atrair mais cliques)?

"Para poder aumentar a força do eletroímã deve ser feito várias voltas no prego com o fio de um condutor elétrico."

Estes resultados mostram que, nas etapas da UEPS em que foram realizadas estas atividades, os estudantes já apresentam um certo domínio do conceito de campo; o que é evidenciado pelas concepções cientificamente adequadas presentes nas respostas das **Atividades 4 e 5**.

O fato de nenhum dos grupos ter utilizado ou mencionado o campo magnético ao explicar e solucionar o problema descrito na **Atividade 3**, não significa que os estudantes não possuam este conceito. Nesta atividade, a ideia de que "polos iguais se repelem e opostos se atraem" é, aparentemente, a concepção mais estável na estrutura cognitiva do estudante e esta concepção foi suficiente para que solucionassem o problema.

A título de exemplo, são apresentadas as soluções dadas pelos grupos G2 e G3 nesta atividade, como pode ser visto nas Figuras 8 e 9

**Atividade 3:** Nesta atividade vocês deverão descobrir a polaridade de um ímã, utilizando somente uma bússola. Depois de discutirem entre o grupo os procedimentos adotados, escrevam um texto explicando, de forma detalhada, todos os procedimentos e justificativas para a solução encontrada pelo grupo.

PARA ENCONTRAR O POLO NORTE DO ÍMÃ ENCOSTAMOS AMBOS OS LADOS DELE E O LADO DO ÍMÃ QUE REPELISSE O PONTEIRO NORTE DA BÚSSOLA AQUELE SERIA O POLO NORTE.

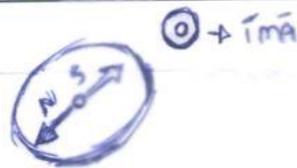


Figura 8 - Resposta do grupo G2 ao problema descrito na Atividade 3

**Atividade 3:** Nesta atividade vocês deverão descobrir a polaridade de um ímã, utilizando somente uma bússola. Depois de discutirem entre o grupo os procedimentos adotados, escrevam um texto explicando, de forma detalhada, todos os procedimentos e justificativas para a solução encontrada pelo grupo.

A ponta da agulha vermelha (NORTE) quando aproxima da com o polo norte do ímã se repelem pois são polos iguais, enquanto quando aproximamos o polo sul se atraem pois são polos diferentes; da mesma forma a agulha branca, há que no caso utilizamos o polo sul.

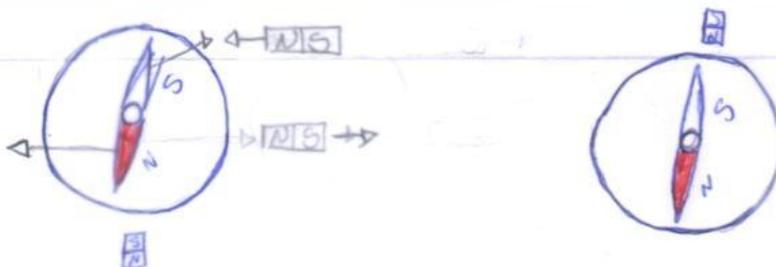


Figura 9 - Resposta do grupo G3 ao problema descrito na Atividade 3

## 5.4 Resultados do questionário final de avaliação da aprendizagem

Nesta seção serão apresentados os resultados da avaliação somativa final, aplicada após o sexto passo da UEPS. De acordo com o estabelecido no passo 8 da UEPS, a avaliação do desempenho dos estudantes deve fornecer evidências de Aprendizagem Significativa ou seja, de captação de significados, compreensão, capacidade de explicar e de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema.

Esta avaliação foi realizada por meio do **Questionário 2** (Apêndice A), constituído por quatro questões discursivas. Para melhor organização da análise, dividimos esta seção em três partes. Primeiro iremos analisar os resultados da questão 1, que tem o objetivo de investigar qual a concepção de campo que o estudante adquiriu após instrução por meio da UEPS. Em seguida, será analisada a questão 2, cujo objetivo é investigar se o estudante compreende ou sabe utilizar a representação do campo elétrico por meio de linhas de força. E finalmente, serão analisadas as questões 3 e 4, cujo o objetivo é investigar se o estudante consegue aplicar seu conhecimento para solucionar e explicar situações-problema.

### 5.4.1 Resultados da questão 1

A primeira questão solicitava aos estudantes que descrevessem os conceitos de campo elétrico e campo magnético e que, dessem exemplos de situações onde estes campos estão presentes.

No Quadro 9, é mostrada todas as concepções utilizadas pelos estudantes para descrever estes campos.

<b>Categoria</b>	<b>Exemplos de unidade de registro (UR)</b>	<b>Concepções</b>	<b>Código</b>
Ação Mediada por um Campo (AMC)	"... pode ser criado de duas formas: pela movimentação de cargas elétricas (corrente elétrica)." (A8)	Corrente elétrica gera campo magnético (Quadro 6)	<b>CCA7</b>
	"Variação do campo magnético e ao redor de cargas elétricas, são essas as formas de gerar um campo elétrico" (A7)	Campo magnético variável gera campo elétrico.	<b>CCA13</b>
	"...pela variação, no tempo de um campo elétrico (nesse caso, o campo magnético é chamado campo magnético induzido)" (A8)	Campo elétrico variável gera campo magnético.	<b>CCA14</b>
	"chama-se campo elétrico o campo estabelecido em todos os pontos do espaço sobre a influencia de uma carga geradora de Q, de forma que qualquer carga de prova de intensidade 'q' fique sujeito a uma força de interação (atração ou repulsão) exercida por 'q'." (A1)	Campo elétrico é o campo presente em todos os pontos do espaço ao redor de uma carga elétrica e que influencia qualquer outra carga ou objetos eletrizados colocado nesse espaço.	<b>CCA16</b>
	"É um campo vetorial e das formas de representação são por meio de linhas de forças" (A4)	Campo elétrico é um campo vetorial e pode ser representado por linhas de força.	<b>CCA17</b>
	"Campo elétrico pode ser entendido como sendo uma entidade física que transmite a todo o espaço a informação da existência de um corpo eletrizado (Q)..." (A14)	Campo elétrico é uma entidade física que transmite a todo o espaço a informação da existência de um corpo eletrizado.	<b>CCA18</b>
	"É a região ou espaço ao redor, ou seja proxima do ímã que influencia outros ímãs, ou materiais ferromagnéticos, como cobalto e ferro." (A12)	Campo magnético é a região ao redor de um ímã que influencia outros ímãs ou materiais ferromagnéticos e paramagnéticos.	<b>CCA19</b>
	"Esse também é um campo vetorial e pode ser representado por linhas de indução magnéticas." (A4)	Campo magnético é um campo vetorial e pode ser representado por linhas de indução magnética.	<b>CCA20</b>

**Quadro 9** - Concepções utilizadas pelos estudantes para descrever o conceito de campo elétrico e campo magnético

O Quadro 10 mostra como as concepções de campo, especificadas no Quadro 9, estão distribuídas entre os estudantes participantes da pesquisa.

Grupos/ Alunos		Questão 1A				Questão 1B			
		CCA13	CCA16	CCA17	CCA18	CCA7	CCA14	CCA19	CCA20
G1	A1		X					X	
	A2		X					X	
	A4			X					X
	A5		X					X	
G2	A6		X					X	
	A7	X		X		X	X		X
	A8	X		X		X	X		X
	A9	X	X			X	X		X
G3	A10			X				X	
	A12			X				X	
G4	A14				X			X	
	A15		X					X	
	A17		X					X	
G5	A18				X	X		X	X
	A19				X			X	
	A20		X					X	
G6	A22		X	X				X	
	A23		X					X	
	A25		X					X	
G7	A26			X				X	X
	A27		X					X	
	A28			X				X	
<b>Nº de ocorrência</b>		<b>3</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>6</b>

**Quadro 10** - Resultados da análise da questão 1 do Questionário 2

Analisando este quadro, observa-se que todos os estudantes apresentaram pelo menos uma concepção para o conceito de campo, sendo todas elas classificadas como cientificamente adequadas. Este fato, já nos fornece evidências de que houve apropriação, por parte dos estudantes, de significados relativos ao conceito de campo no Eletromagnetismo.

Podemos observar, neste quadro, a ocorrência de três concepções para o campo elétrico (CCA16, CCA17 e CCA18) e duas para o campo magnético (CCA19 e CCA20). Estas concepções refletem a polissemia existentes em torno do conceito de campo, como aponta Krapas e Silva (2008) em uma análise detalhada de sete livros didáticos destinados ao Ensino Médio. Em suas análises, os autores classificaram os significados atribuídos ao conceito de campo, nos livros didáticos, em sete

categorias das quais, três delas encontramos correspondências com as concepções apresentadas pelos estudantes. São elas:

- Campo é espaço - CCA19;
- Campo é vetor - CCA17 e CCA20;
- Campo interage com partículas, media a interação entre elas - CCA16 e CCA18.

Exceto pela concepção CCA19, todas as outras concepções que apareceram nesta questão foram incentivadas durante a aplicação da UEPS e estão de acordo com os objetivos de aprendizagem estabelecidos na elaboração da mesma. Tal fato mostra que os recursos instrucionais e metodologias utilizadas durante o processo de instrução contribuíram de forma positiva na aprendizagem dos estudantes.

Ao considerarmos os exemplos de situações a que os estudantes associaram os campos elétrico e magnético (Tabela 4 e 5), identificamos os primeiros indícios de que houve Aprendizagem Significativa.

**Tabela 4** - Exemplos de situações que os estudantes associaram ao campo elétrico (resposta à questão 1A do Questionário 2)

<b>Categorias/Exemplos de situações onde o campo elétrico está presente</b>	<b>Número de ocorrências</b>
<b>Citaram objetos e aparelhos que acreditam está relacionados ao campo elétrico</b>	<b>20</b>
Pilhas/baterias*	3
Antenas de rádio	3
Capacitores	2
Cargas elétricas	12
<b>Descreveram uma situação que acreditam está relacionada ao campo elétrico</b>	<b>3</b>
Atração dos pelos do braço pela tela da televisão.	3

Nota: \*Os estudantes não esclareceram de que forma esses objetos estão relacionados ao campo elétrico

**Tabela 5** - Exemplos de situações que os estudantes associaram ao campo magnético (resposta à questão 1B do Questionário 2)

<b>Categorias/Exemplos de situações onde o campo magnético está presente</b>	<b>Número de ocorrências</b>
<b>Citaram objetos que acreditam está relacionados ao campo magnético</b>	<b>17</b>
Ímãs	13
Bobinas e eletroímãs	4

Analisando as Tabelas 4 e 5, e comparando com os resultados apresentados nas Tabelas 2 e 3, observa-se que, houve uma redução no número de objetos e situações que os estudantes associaram aos campos elétrico e magnético. Esta redução indica uma melhor compreensão dos conceitos, pois todas as situações e objetos citados nas Tabelas 4 e 5, estão corretamente relacionados aos campos elétrico e magnético.

#### **5.4.2 Resultados da questão 2**

Na segunda questão, foi dada uma figura com a representação, por meio de linhas de força, de um campo elétrico numa região do espaço e era solicitado ao estudante que respondesse e justificasse:

- Onde a intensidade do campo é maior?
- Se uma carga positiva fosse colocada nesse campo, para qual direção ela iria se mover?

O Quadro 11 mostra as concepções utilizadas pelos estudantes para responder a questão e o Quadro 12 apresenta os resultados obtidos.

<b>Categoria</b>	<b>Exemplos de unidade de registro (UR)</b>	<b>Concepções</b>	<b>Código</b>
Ação Direta à Distância (ADD)	"A carga vai se mover para a direita, pois o campo é gerado por uma carga positiva, o que repelirá a carga carregada positivamente." (A9).	Cargas elétricas de sinais iguais se repelem e de sinais diferentes se atraem. (Quadro 2)	CCA1
Ação Mediada por um Campo (AMC)	"Próximo ao ponto A, pois quanto mais perto da carga elétrica maior é a intensidade do campo elétrico" (A19).	Cargas elétricas geram, ao seu redor, campo elétrico. (Quadro 2)	CCA3
	"Se a carga for positiva, a força elétrica terá o mesmo sentido do campo elétrico e se a carga que for negativa a força terá sentido contrário." (A23).	Cargas elétricas num campo elétrico estão sujeitas a forças elétricas. Se a carga for positiva, a força tem mesma direção e sentido do campo e se a carga for negativa, a força tem sentido oposto ao do campo.	CCA21
	"A intensidade do campo é maior próximo ao ponto A pois é onde as linhas de força estão mais próximas" (A14).	Quanto maior a densidade de linhas de campo (quanto mais próximas umas das outras), maior é a intensidade do campo naquela região.	CCA22
	"pois quando mais linhas de forças unidas mais força haverá envolvido, então no campo A se concentra uma maior força" (A22). "A força desse campo ira se mover em sentido contrário da força negativa" (A22).	Outras concepções. Concepções onde não foi possível identificar uma unidade de significação.	OC

**Quadro 11** - Concepções utilizadas pelos estudantes para responder a questão 2 do Questionário 2

Analisando os resultados apresentados no Quadro 12, observa-se que, basicamente, duas concepções (CCA21 e CCA22) foram utilizadas para responder a questão. Como estas eram as concepções esperadas neste tipo de questão e a mesma foi respondida corretamente por 20 dos 22 estudantes, consideramos satisfatório o desempenho dos estudantes neste item.

Entre os estudantes que responderam corretamente a questão, três deles apresentaram concepções diferentes das esperadas na questão. Eles recorreram ao princípio da atração e repulsão entre cargas elétricas para justificar suas respostas, ou seja, eles afirmaram que havia uma carga fonte positiva que gerava o campo elétrico e, dessa forma, ao colocar outra carga positiva nesse campo ela seria repelida pela carga fonte. Dessa forma, podemos inferir que:

- Para estes estudantes a existência de um campo elétrico implica na existência de uma carga fonte para gerá-lo;
- Nesses estudantes a concepção de interação carga-campo não foi desenvolvida.

Grupos/ Alunos		Questão 2				
		CCA1	CCA3	CCA21	CCA22	OC
G1	A1			X	X	
	A2			X	X	
	A4			X	X	
	A5			X	X	
G2	A6			X	X	
	A7			X	X	
	A8			X	X	
	A9	X	X		X	
G3	A10			X	X	
	A12			X	X	
G4	A14			X	X	
	A15			X	X	
	A17			X	X	
G5	A18			X	X	
	A19	X	X			
	A20			X	X	
G6	A22					X
	A23			X	X	
	A25					
G7	A26			X	X	
	A27			X	X	
	A28	X	X		X	
<b>Nº de ocorrência</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>1</b>

Quadro 12 - Resultados da análise da questão 2 do Questionário 2

### 5.4.3 Resultados das questões 3 e 4

As questões 3 e 4 apresentavam situações nas quais os estudantes tinham a oportunidade de externalizar suas capacidades de explicação e aplicação do conhecimento. As situações apresentadas foram as seguintes:

- 3) Você possui os seguintes materiais: um ímã, uma pilha e uma bobina. Explique como você faria para descobrir a polaridade do ímã usando, apenas, estes materiais. Faça um desenho esquematizando sua montagem.
- 4) Atualmente, existem tecnologias experimentais para a transmissão de energia, a curtas distâncias, sem o uso de fios e que podem vir a eliminar essa necessidade nos próximos anos. Esta tecnologia pode ser utilizada, inclusive, para recarregar os carros elétricos que, aos poucos, estão entrando no mercado. Utilizando seu conhecimento sobre Eletromagnetismo, explique em detalhes, como esse sistema funciona.

Para auxiliar no entendimento das situações descritas nestas questões, também foram apresentadas figuras junto com as questões ( Questionário 2, Apêndice A). O Quadro 13 mostra as concepções utilizadas pelos estudantes para solucionar e explicar as situações-problema propostas.

<b>Categoria</b>	<b>Exemplos de unidade de registro (UR)</b>	<b>Concepções</b>	<b>Código</b>
Ação Direta à Distância (ADD)	"E se caso eu aproximar um ímã eles irão se atrair ou repelirem dependendo do lado, se caso se atraírem tem lados opostos e se caso se repelirem estão de polaridades (lados) igual" (A22)	Ímãs possuem dois polos - Norte e Sul: Polos iguais se repelem e polos diferentes se atraem (Quadro 2)	CCA2
	Ver resposta do aluno (A25), na Figura 10	Ímãs possuem dois polos: positivo, devido ao acúmulo de cargas positivas; negativo, devido ao acúmulo de cargas negativas (Quadro 2)	CCI2
Ação Mediada por um Campo (AMC)	"Ao ligar a pilha na bobina, a corrente elétrica cria um campo magnético como um ímã." (A10)	Corrente elétrica gera campo magnético (Quadro 6)	CCA7
	"... esse campo magnético variável gera a corrente elétrica" (A9)	Campo magnético variável gera corrente elétrica num circuito fechado.	CCA12
	"Corrente alternada gera um campo magnético através da bobina..." (A9)	Corrente elétrica alternada gera campo magnético variável.	CCA15
	"Então usaria a regra da mão direita, segurando a bobina com a mão direita o dedo aponta a direção do campo magnético assim saberia o pólo norte e sul da bobina." (A10)	A direção e sentido do campo magnético gerado por corrente elétrica pode ser determinada pela regra da mão direita.	CCA23
	"Quando a fonte de corrente alternada assim a bobina receptora fazendo que o carro tenha energia" (A20).	Outras concepções. Concepções em que não foi possível identificar uma unidade de significação.	OC

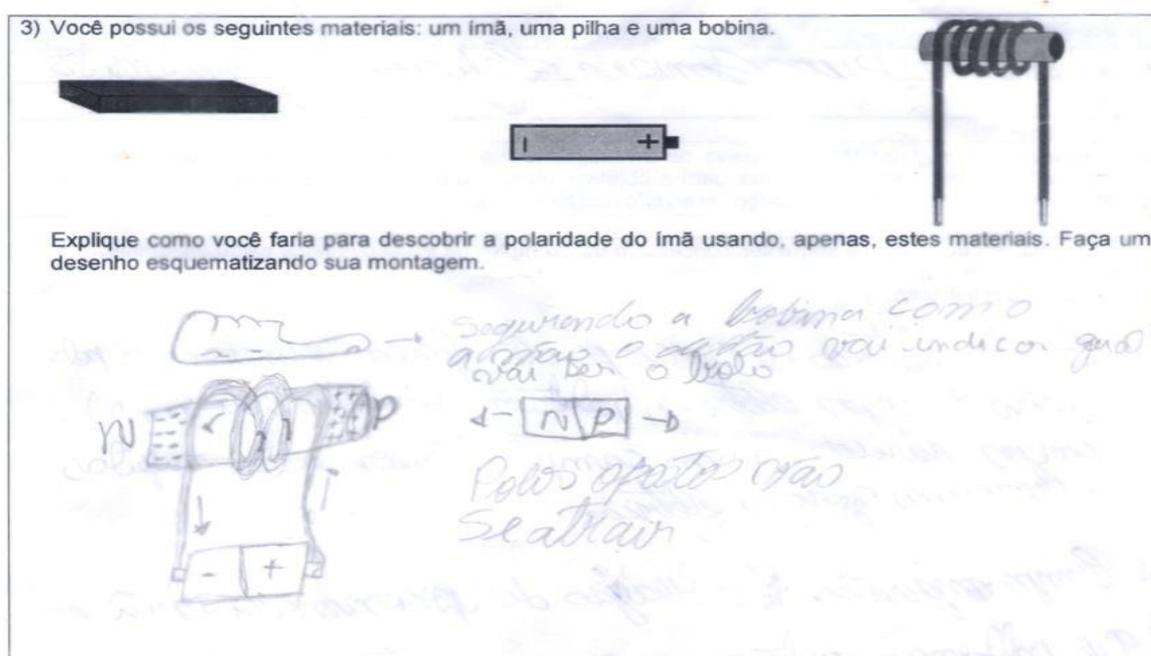
**Quadro 13** - Concepções utilizadas pelos estudantes para responder as questões 3 e 4 do Questionário 2

Os resultados obtidos nas questões 3 e 4 são apresentados no Quadro 14.

Grupos/ Alunos		Questão 3				Questão 4		
		CCA2	CCI2	CCA7	CCA23	CCA12	CCA15	OC
G1	A1	X		X	X	X	X	
	A2	X		X	X	X	X	
	A4	X		X	X	X	X	
	A5							
G2	A6	X		X	X	X	X	
	A7							
	A8	X		X	X	X	X	
	A9	X		X	X	X	X	
G3	A10	X		X	X	X	X	
	A12	X		X	X	X	X	
G4	A14	X			X		X	
	A15	X			X		X	
	A17	X			X	X	X	
G5	A18	X		X	X	X	X	
	A19	X		X	X	X	X	
	A20	X			X			X
G6	A22	X		X	X	X	X	
	A23	X		X	X	X	X	
	A25		X					
G7	A26	X			X	X	X	
	A27	X			X	X	X	
	A28							
<b>Nº de ocorrência</b>		<b>18</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>1</b>

**Quadro 14** - Resultados da análise da questão 3 e 4 do Questionário 2

Analisando o Quadro 14, o primeiro ponto que chama atenção é a permanência da concepção cientificamente inadequada CCI2, na questão 3. Esta concepção foi apresentada pelo estudante A25 e está ilustrada na Figura 10. Este aluno, mesmo após instrução, manteve a ideia errônea de que os polos de um ímã são devido ao acúmulo de cargas positivas e negativas nas extremidades do ímã. Além disso, ele transpôs esta mesma ideia para explicar o surgimento dos polos numa bobina percorrida por corrente elétrica.



**Figura 10** - Resposta do aluno A25 à questão 3 do Questionário 2

Exceto por este caso e pelos estudantes que não responderam a questão, os demais estudantes, 18 dos 22, responderam corretamente a questão apresentando todas as concepções cientificamente adequadas (CCA2, CCA7 e CCA23) que seriam esperadas na solução da mesma. Um fato que pode ser observado no Quadro 14 é que 6 destes estudantes, não apresentaram, explicitamente, a concepção CCA7, porém, baseando-se nos significados que estas concepções possuem, pode-se inferir que os estudantes que apresentaram a concepção CCA23 também possuem a concepção CCA7.

Outro ponto que vale a pena ser esclarecido é que, para alguns dos estudantes, só foi possível identificar as concepções expressas pelos mesmos com base na análise dos desenhos produzidos em suas respostas. Para exemplificar, analisaremos as respostas dos alunos A22 e A10, mostradas nas Figuras 11 e 12, que evidencia este último ponto.

Assim, na Figura 11, observa-se que o aluno A22 não menciona, em nenhum momento, o termo *campo magnético* em seu texto. Porém este campo está representado por meio de desenhos e corretamente associado com o sentido da corrente que o gerou e com a polaridade que surge na bobina.

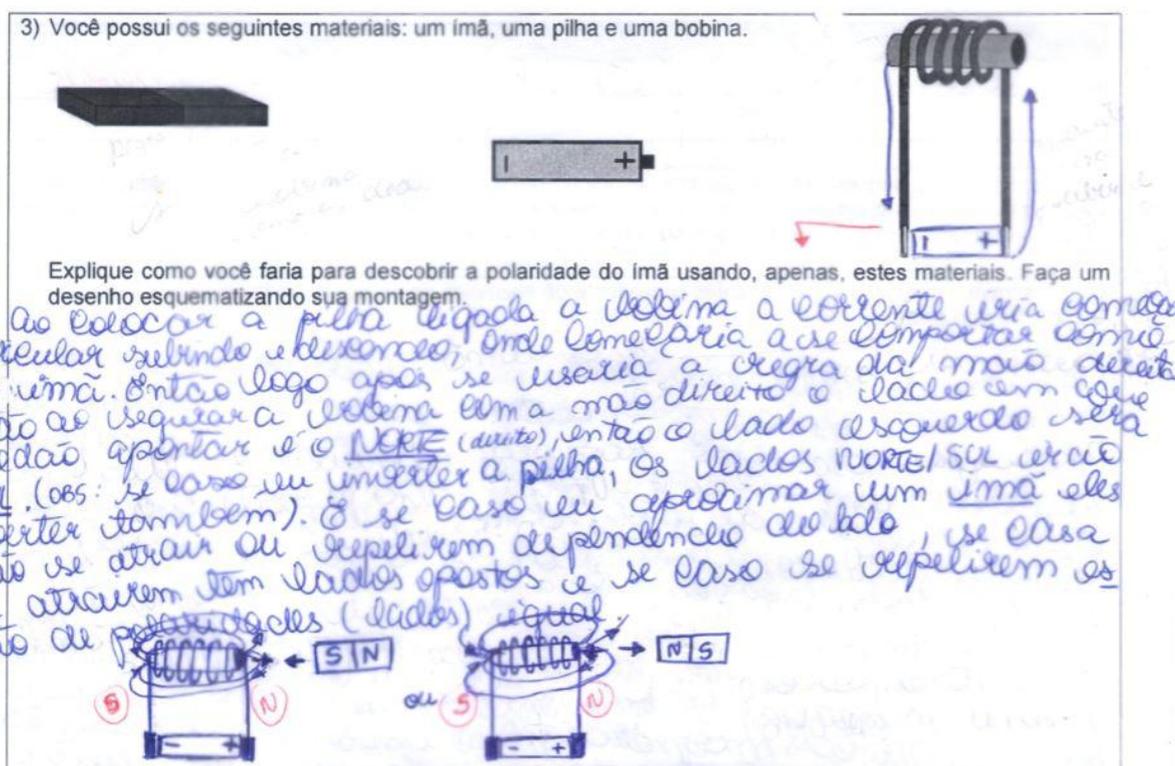
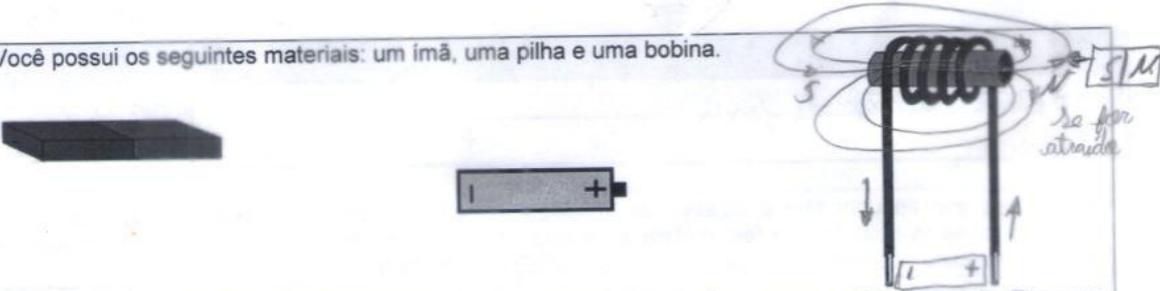


Figura 11 - Resposta do aluno A22 à questão 3 do Questionário 2

Na Figura 12, além de utilizar o desenho, o aluno A10 explica claramente, em seu texto, que o campo magnético da bobina é gerado pela corrente elétrica e seu sentido é determinado pela regra da mão direita. Sabendo a direção do campo magnético na bobina determina-se sua polaridade e assim descobre-se a polaridade do ímã aproximando-o da bobina.

3) Você possui os seguintes materiais: um ímã, uma pilha e uma bobina.



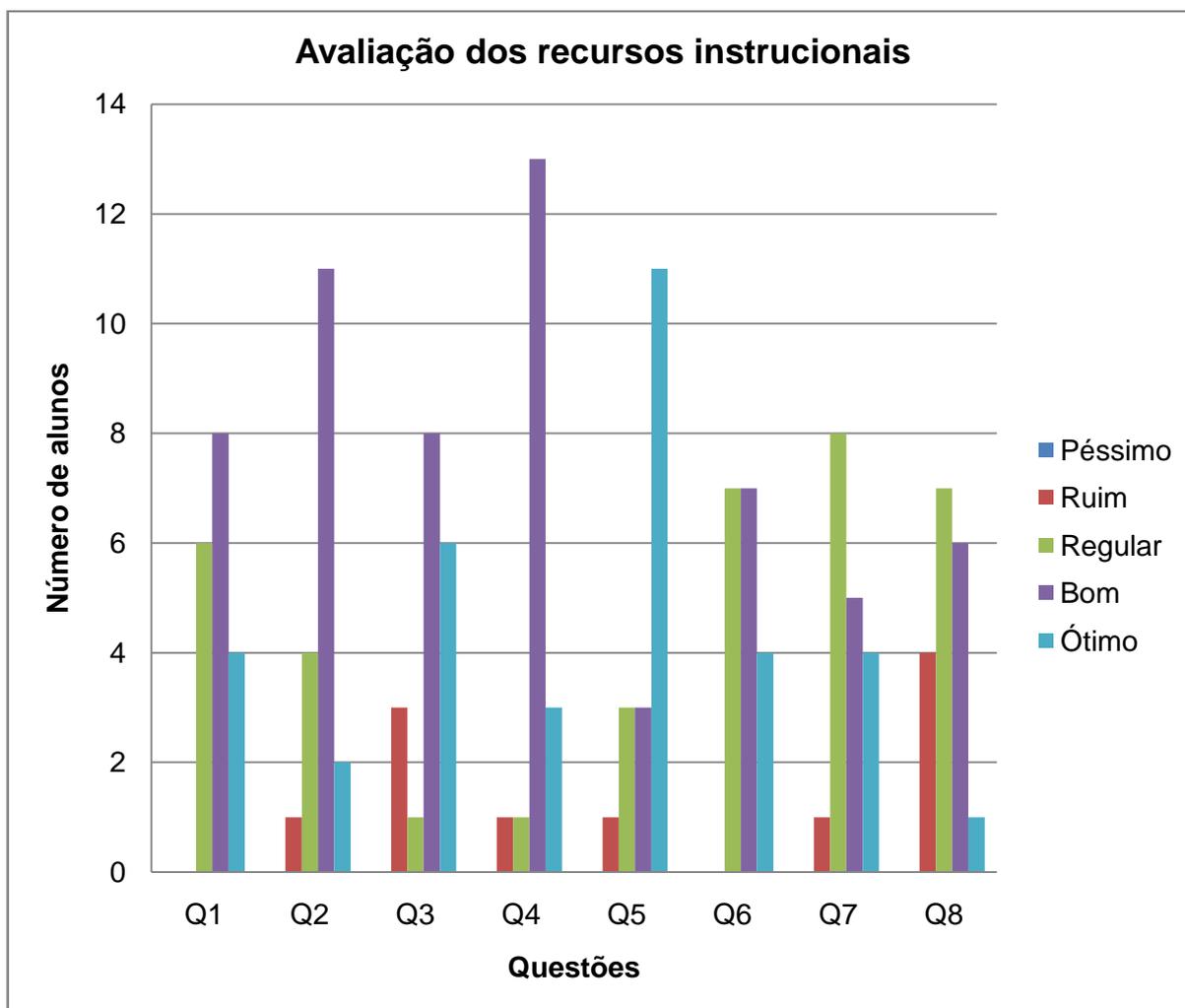
Explique como você faria para descobrir a polaridade do ímã usando, apenas, estes materiais. Faça um desenho esquematizando sua montagem.

*Se liga a pilha na bobina, a corrente elétrica cria um campo magnético como um ímã. Então usaria a regra da mão direita, segurando a bobina com a mão direita e o dedo aponta a direção do campo magnético assim saberia o polo norte e sul da bobina. Se eu aproximar o ímã do lado norte da bobina e ele for atraído esse será o lado sul do ímã e o outro será o norte.*

Figura 12 - Resposta do aluno A10 à questão 3 do Questionário 2

## 5.5 Resultados do questionário de avaliação dos recursos instrucionais

Este questionário foi uma adaptação de um dos instrumentos de avaliação, proposto originalmente por Vieira (2014, p. 134), cujo objetivo era permitir que os alunos avaliassem os recursos instrucionais utilizados na sequência didática proposta pelo autor do trabalho. Neste trabalho, este questionário possui o mesmo objetivo e é composto por 11 questões, sendo que as 8 primeiras são respondidas por meio de uma escala Likert. Nesta escala os estudantes especificam seu nível de concordância com uma afirmação: 1 (Péssimo), 2 (Ruim), 3 (Regular), 4 (Bom) e 5 (Ótimo). O questionário foi respondido por 18 estudantes e os resultados das 8 primeiras questões são apresentados no Gráfico 2.



**Gráfico 2** - Resultado das questões (1 a 8) da avaliação dos recursos instrucionais

Analisando este gráfico, percebe-se que, exceto pelas questões 7 e 8, a maioria das respostas dos estudantes ficaram entre “Bom” e “Ótimo” e que a soma das duas categorias corresponde a mais de 66%, nestas questões, ficando em 50% na questão 7. Somente a questão 8 que perguntava ao estudante “Os recursos instrucionais aumentaram o meu interesse em buscar mais informações sobre Física e a Ciência em geral?” obteve menos de 39% das respostas na soma das categorias “Bom” e “Ótimo”. Ao considerarmos a soma das categorias “Regular”, “Bom” e “Ótimo”, observa-se que, todas as questões obtiveram um percentual superior a 77%, sendo ainda que nenhuma das questões obteve resposta classificada como “Péssimo”.

A questão 9 solicitava ao estudante que respondesse quais dos recursos instrucionais utilizados nas aulas ele mais gostou e porque. Esta questão foi

respondida por 14 dos 18 estudantes que responderam o questionário e seus resultados encontram-se na Tabela 6.

**Tabela 6** - Resultados da questão 9 do Questionário de avaliação dos recursos instrucionais

Questão 9:	Número de ocorrências
<b>Quais dos recursos utilizados nas aulas você mais gostou?</b>	
Experimentos	9
Simulações	9
Vídeos	2
Palavras cruzadas	3
<b>Porque?</b>	
Deixaram a aula mais interessante.	3
Permitiram que compreendesse melhor o conteúdo estudado.	6

Este resultado mostra que os recursos que mais chamaram a atenção dos estudantes e prenderam sua atenção foram, os experimentos e as simulações. Tal fato concorda com as observações do professor, em sala de aula. Os momentos de maior participação dos estudante, foram exatamente os momento em que se utilizava diretamente, experimentos ou simulações para desenvolver os conteúdos.

A questão 10 solicitava ao estudante que respondesse se, os recursos instrucionais utilizados nas aulas contribuíram para que ele relacionasse o conceito de campo com alguma aplicação tecnológica. Dos 18 estudantes que responderam o questionário, 10 responderam que sim e 8 estudantes responderam que não. Dos estudantes que responderam afirmativamente, todos eles citaram pelo menos uma aplicação tecnológica que acreditam está relacionada ao conceito de campo. Os resultados encontram-se na Tabela 7.

**Tabela 7** - Aplicações tecnológicas do conceito de campo, citadas pelos estudantes

Aplicações	Número de ocorrências
Geração de energia elétrica	1
Motores*	1
Auto-falantes	1
Lâmpadas tubulares	1
Carros	4
Celulares	2
Televisão	2
Transmissão de energia sem fio	4
Antenas	1
Bobinas	1
Bússola	1

Nota: \*O estudante não especificou o tipo de motores.

Se considerarmos que o estudante que citou motores como uma aplicação do conceito de campo estava se referindo aos motores elétricos, então podemos considerar que todas as aplicações citadas pelos estudante estão, direta ou indiretamente relacionada aos campos elétrico e/ou magnético.

Na questão 11, foi solicitado que os estudantes escrevessem sugestões, críticas ou elogios referentes a unidade de ensino como um todo. Dos 18 estudantes que responderam o questionário, 14 fizeram críticas, sugestões ou elogios e 4 não opinaram. O Quadro 15 mostra as respostas dos estudantes, classificadas em: Elogio, sugestão e crítica.

<b>Respostas dos estudantes</b>	<b>Classificação</b>
"Gostei muito, foi uma aula diferenciada"	Elogio
"Acredito que as aulas ajudaram muito, pois tornou as coisas um pouco mais claras"	Elogio
"Parabens gostei muito, possivelmente vou poder ensinar alguém a produzir energia, etc"	Elogio
"Pelo que entendo de professores, sei que houve bastante esforço por parte do professor para dar uma aula diferenciada, só que faltou revisão direcionada para a prova. Ótimo professor! Esforçado."	Elogio Crítica
"Suas aulas são boas, só não tenho mais interesse e aprendo mais porque não gosto de física."	Elogio
"Acho que deveria continuar assim com essas formas de desenvolver sua aula pois fica melhor de entender, só pelo esforço de trazer varias coisas e formar de desenvolver sua aulas, e eu quero mais conta pois amo calculo."	Elogio Sugestão
"Criticas foram a falta de mais informação e explicações. Sugestão: relacionar com intreterimento aos alunos com os recursos mais qualificados. Elogios foram os slides"	Crítica Sugestão Elogio
"Aprendi muito com essas aulas."	-
"Aprendi muito nessas aulas com os recursos instrucionais, pois nunca imaginaria que poderias ia aprender assim."	Elogio
"Eu quero que nois tivece mais aulas assim porque e mais facio de aprender."	Elogio
"Acho o professor muito bom em relação as aulas. Mais acho que você tem que falar um pouco mais devagar mas em relação ao resto ta bom e espero que continue as aulas no laboratório."	Elogio Sugestão
"As aulas foram otimas, gostei do desenvolvimento e desenvoltura da aula. Tenho um pouco de dificuldade por isso, peço que continue sempre trazendo novos experimentos e experiências a ser realizdas em sala de aula. Se possível for que podessemos fazer uma feira de Ciência, envolvendo experimentos de física, ciência e Quimica em nosso dia-a-dia. Obrigado!"	Elogio Sugestão
"trabalho em grupo incentivando o aluno a buscar. Informações"	-
"Nenhuma critica a fazer e sim acho que as aulas contribuíram para que eu entender melhor coisas de que eu não tinha tanto conhecimento."	Elogio

**Quadro 15** - Elogio, sugestões e críticas dos estudantes em relação aos recursos instrucionais

Analisando este Quadro, observa-se que a maioria dos estudantes apresentaram elogios e/ou sugestões e apenas dois estudantes apresentaram críticas consideradas construtivas.

Considerando o fato de que neste questionário os alunos não precisavam se identificar, consideramos que suas respostas e opiniões são sinceras. Dessa forma,

---

os resultados obtidos indicam indícios de que os experimentos, os vídeos e as simulações computacionais utilizadas na UEPS para abordar o conceito de campo elétrico e magnético contribuíram para despertar o interesse dos estudantes em estudar estes conceitos. Este resultado se torna importante pois, segundo Ausubel (2003), um dos requisitos para a ocorrência da Aprendizagem Significativa é a predisposição do estudante em aprender significativamente.

# Capítulo 6

## Conclusão

Neste estudo procuramos investigar as contribuições da integração de experimentos e simulações interativas numa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), no contexto do Ensino Médio, sobre conceitos relacionados aos campos elétrico e magnético. Para isso, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Fazer um levantamento sobre o conceito de campo na literatura em nível de Ensino Médio;
- b) Organizar e elaborar uma UEPS segundo os princípios propostos por Moreira (2011), visando o ensino dos conceitos de campo elétrico e magnético;
- c) Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, relacionados ao conceito de campo;
- d) Investigar indícios de Aprendizagem Significativa durante e após a aplicação da UEPS;
- e) Investigar indícios que permitam inferir um possível aumento do interesse dos estudantes em apreender.

As atividades de identificação de conhecimentos prévios mostrou que os estudantes apresentavam pouco ou nenhum conhecimento relevante para o conceito de campo no Eletromagnetismo. No entanto a identificação dos significados que os estudantes apresentaram para termo "campo" foi útil para promover a negociação de significados entre professor e aluno.

A análise qualitativa das atividades realizadas pelos estudantes ao longo do estudo revelou que os mesmos apropriaram-se, gradativamente, dos conceitos trabalhados na unidade de ensino e foram capazes de aplicá-los de forma adequada ao solucionarem situações-problema. A utilização, intercalada com as atividades, de vídeos, demonstrações experimentais e simulações computacionais possibilitou momentos de discussões em grupos e com toda a turma, promovendo a negociação de significados, entre professor e aluno, dos conceitos abordados.

Os resultados do questionário de avaliação da aprendizagem mostraram que os estudantes, ao expressarem seu entendimento do conceito de campo, ainda apresentaram indícios de Aprendizagem Mecânica. De forma geral, o que se observou nas respostas dos estudantes ao descreverem os campos elétricos e magnéticos, são frases e sentenças bem próximas das que aparecem nos livros didáticos e em materiais disponíveis na internet. Por outro lado, todas as situações-problemas propostas, foram corretamente solucionadas e explicadas pela maioria dos estudantes com a utilização de concepções cientificamente adequadas para tais situações. De acordo com Moreira (2011), este último ponto se configura num indício de ocorrência de Aprendizagem Significativa. Outro dado que corrobora esta última afirmação é o resultado da questão 10 do questionário de avaliação dos recursos instrucionais. Quando os estudantes foram questionado se os recursos instrucionais utilizados nas aulas contribuíram para que relacionassem o conceito de campo com alguma aplicação tecnológica, 10 de 18 estudantes responderam afirmativamente e relacionaram corretamente o conceito de campo com alguma aplicação tecnológica.

Os resultados obtidos no questionário de avaliação dos recursos instrucionais indicaram que o uso dos experimentos, dos vídeos e das simulações computacionais contribuições para despertar o interesse dos estudantes para o conteúdo abordado na UEPS. De acordo com Ausubel (2003), um dos requisitos para que ocorra Aprendizagem Significativa é a pré-disposição do estudante em aprender significativamente. Além disso, a forma como a avaliação foi conduzida na UEPS pode ter contribuído para motivar o estudante. No ensino tradicional a avaliação é realizada normalmente no final do processo educativo de uma unidade de ensino, o conhecimento prévio do estudante é completamente ignorado e dificilmente é feita

alguma comparação entre o que se sabe antes e depois. Com a UEPS, a avaliação ocorreu durante todo o processo e essa teve um caráter prioritariamente formativo.

Entre os aspectos que dificultaram a aplicação da unidade de ensino, destacamos os seguintes: a indisponibilidade de tempo da maioria dos estudantes de realizar atividades em casa e as faltas de muitos estudantes, o que acabou por reduzir a amostra participante do estudo.

Finalmente, pode-se concluir que a utilização da UEPS elaborada com base nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa para introduzir os conceitos de campo elétrico e magnético, foi bem recebida pelos estudantes e os resultados de aprendizagem obtidos forneceram indícios que nos permite considerá-la exitosa conforme preconiza Moreira (2011).

## Referências

- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimento: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução ao português de Lígia Teopisto, do original *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*, 2003.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio - Parte III Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2006.
- GARDELLI, D. **Concepções de Interação Física: Subsídios para uma Abordagem Histórica do Assunto no Ensino Médio**. 2004. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- KRAPAS, S.; SILVA, M. C. Controvérsia ação a distância/ação mediada: abordagens didáticas para o ensino das interações físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 471-479, 2007.
- KRAPAS, S.; SILVA, M. C. O conceito de campo: polissemia nos manuais, significados na física do passado e da atualidade. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 14, n. 1, p. 15-36, 2008.
- MARANDINO, M. A prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em ensino de ciências: Questões atuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 2, p. 168-193, 2003.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS**, 2011. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 5 maio 2014.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal Aprendizagem Significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2012, Aceito para publicação, Qurriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. S. **Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos.** Subsídios Metodológicos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências, Porto Alegre: 2009.  
Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios11.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

OLIVEIRA, C. . D. Análise de Conteúdo Temático-Categorial: Uma proposta de sistematização. **Revista Enfermagem Uerj**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 569-76, 2008.

ROCHA, J. F. M. O conceito de "Campo" em Sala de Aula - Uma Abordagem Histórico-Conceitual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, 2009.

SILVA, M. C. **A Controvérsia ação à distância versus ação mediada como subsídio para o desenvolvimento de propostas didáticas para o ensino de campo.** 2006. 83 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

TEIXEIRA, P. M. M. A Educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento CTS no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003.

VIEIRA, D. M. **Supercondutividade: Uma proposta de inserção no ensino médio.** 2014. 151 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

---

## **Apêndice A - UEPS para o Ensino do Conceito de Campo no Eletromagnetismo**

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



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

## **UEPS para o Ensino do Conceito de Campo no Eletromagnetismo**

Márcio Oliveira da rocha

Thiéberson da Silva Gomes

Vitória - ES  
Dezembro de 2015

MÁRCIO OLIVEIRA DA ROCHA

## **UEPS para o Ensino do Conceito de Campo no Eletromagnetismo**

Produto Educacional da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Thiéberson da Silva Gomes

Vitória - ES  
Dezembro de 2015

# Apresentação

Caro(a) professor(a)

Este guia constitui o Produto Educacional da pesquisa desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Universidade Federal do Espírito Santo, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF). Este guia é essencialmente uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino do conceito de campo no Eletromagnetismo.

Este material é destinado, principalmente, ao professor da educação básica e possui o objetivo de auxiliar na introdução e no desenvolvimento do conceito de campo no Eletromagnetismo numa perspectiva conceitual. Todas as atividades destinadas aos estudantes acompanham este material e os recursos computacionais utilizados na sistematização do conteúdo estão disponíveis na internet.

# Sumário

<b>1</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>SEQUÊNCIA DA UEPS</b> .....	<b>5</b>
3.1	Conceitos abordados .....	5
3.2	Atividades iniciais.....	6
3.3	Situações-problema iniciais .....	6
3.4	Aprofundamento do tema.....	7
3.5	Novas situações-problema.....	9
3.6	Revisão e aprofundamento de conceitos .....	10
3.7	Avaliação da aprendizagem.....	11
3.8	Avaliação da UEPS.....	11
<b>4</b>	<b>ATIVIDADES</b> .....	<b>12</b>
4.1	Atividade 1: Identificação de conhecimentos prévios.....	12
4.2	Atividade 2: Identificação de conhecimentos prévios.....	13
4.3	Atividades 3 e 4: Aplicação do conhecimento.....	15
4.4	Atividade 5: Aplicação do conhecimento .....	16
4.5	Atividade 6: Revisando com um jogo de palavras cruzadas .....	17
<b>5</b>	<b>QUESTIONÁRIOS</b> .....	<b>18</b>
5.1	Questionário 1: Identificação de conhecimentos prévios .....	18
5.2	Questionário 2: Avaliação individual da aprendizagem.....	19
5.3	Questionário 3: Avaliação dos recursos instrucionais.....	21

## 1 Justificativa

O conceito de campo no Eletromagnetismo tem sido um dos conceitos de mais difícil compreensão por grande parte dos estudantes, tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior. Parte desta dificuldade na compreensão do conceito se deve a forma como o conceito é abordado nos livros didáticos, os quais apresentam diversos significados para o conceito (KRAPAS e SILVA, 2008).

Diante deste cenário, elaboramos esta Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), objetivando o ensino do conceito de campo numa abordagem mais conceitual dos fenômenos eletromagnéticos. Para discutir o conceito de campo, adotamos uma das propostas de (KRAPAS e SILVA, 2007), na qual introduz-se a dicotomia ação mediada/ação à distância sem entrar nos detalhes históricos e o conceito de campo surge pela necessidade de haver um ente que dê conta da propagação da informação entre os corpos. Nesta unidade de ensino nos limitamos a abordagem clássica do conceito de campo, focando-se principalmente nas teorias de Faraday e Maxwell, (GARDELLI, 2004) e (ROCHA, 2009).

## 2 Objetivos

O objetivo geral desta proposta de UEPS é, prover meios e metodologias que motivem e facilitem a Aprendizagem Significativa do conceito de campo no Eletromagnetismo. Após a aplicação desta UEPS, espera-se que os estudantes sejam capazes de:

- a) Apropriar-se do conceito de campo entendendo-o como uma entidade física necessária a descrição dos fenômenos eletromagnéticos;
- b) Descrever de forma cientificamente adequada os campos elétricos e magnéticos, assim como suas formas de representação (Vetorial e linhas de força);
- c) Identificar as fontes do campo elétrico (cargas elétricas e variação de campo magnético);
- d) Identificar as fontes do campo magnético (ímãs, corrente elétrica e variação do campo elétrico);

- e) Identificar e explicar o fenômeno da Indução Eletromagnética (Lei de Faraday e Lenz);
- f) Aplicar o conceito de campo e os princípios a ele relacionados na solução de situações-problema.
- g) Identificar as aplicações e tecnologias em que os campos elétricos e magnéticos desempenham um papel fundamental.

### **3 Sequência da UEPS**

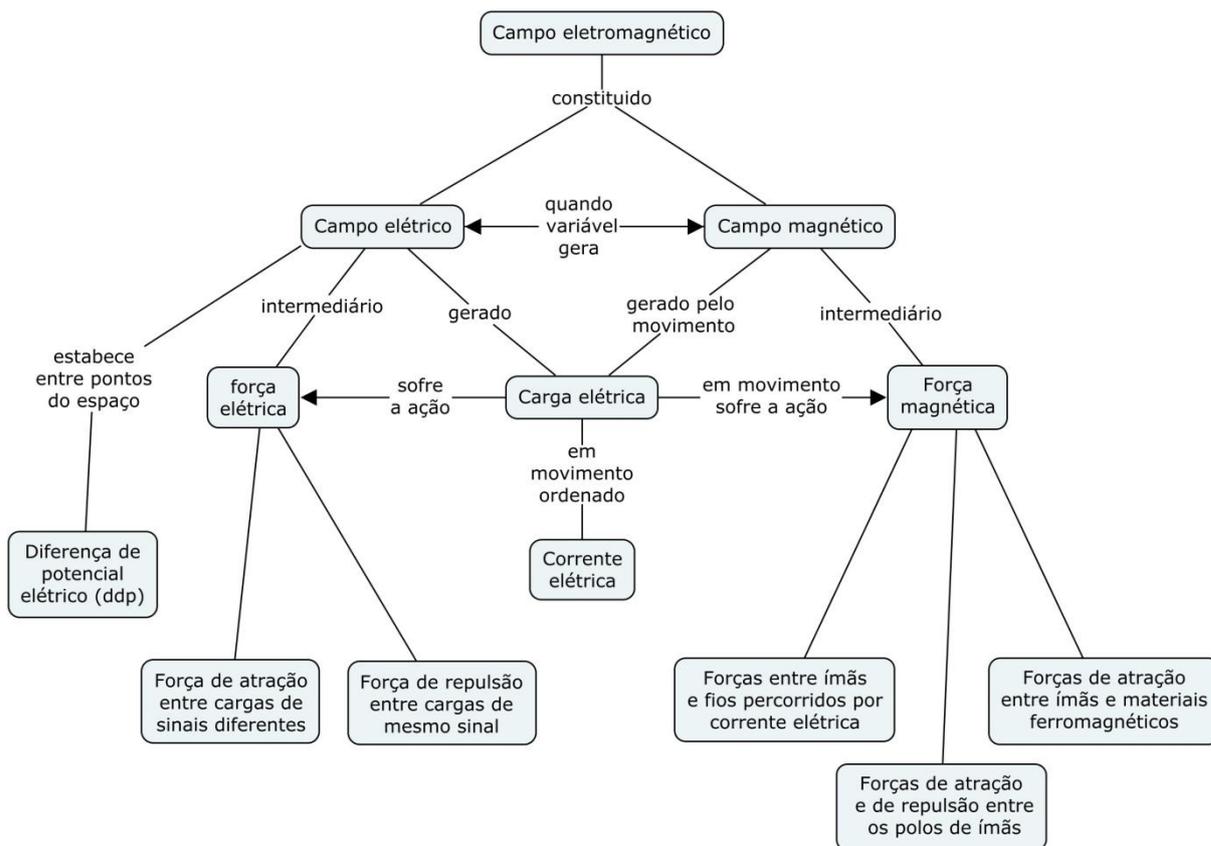
Esta unidade de ensino foi elaborada com base nos princípios e orientações de Moreira (2011) e seguiram todos os aspectos sequenciais definidos para a elaboração de uma UEPS.

#### **3.1 Conceitos abordados**

O primeiro passo de uma UEPS é a definição do tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais, tais como aceitos no contexto da matéria de ensino. Nesta UEPS, abordaremos o conceito de campo no Eletromagnetismo, tendo como foco principal os seguintes conteúdos:

- a) Campo elétrico;
- b) Campo magnético;
- c) Forças elétricas e magnéticas;
- d) Indução eletromagnética (lei de Faraday e Lenz).

Para identificar os aspectos declarativos deste conteúdo, montamos o seguinte mapa conceitual o qual serviu de guia para o desenvolvimento e orientações das discussões em sala de aula.



**Figura 1** - Mapa conceitual para o conceito de campo eletromagnético, mostrando as relações entre os principais conceitos trabalhados na UEPS

### 3.2 Atividades iniciais

Os estudantes serão incentivados a realizarem os experimentos da **Atividade 1** e **2** em grupos de até 5 estudantes e responder as questões relacionadas. Espera-se desta atividade que os estudantes expressem suas concepções em relação aos fenômenos observados na realização dos experimentos. Ainda objetivando a identificação de conhecimentos prévios, os estudantes deverão responder o **Questionário 1**. Tempo para as atividades: **duas aulas**.

### 3.3 Situações-problema iniciais

Nesta etapa, tendo em mãos as principais concepções apresentadas pelos estudantes nas **Atividades 1** e **2** e no **Questionário 1**, apresentar situações que relacione os conhecimentos prévios dos estudantes com os tópicos objetos de ensino da unidade. Nesta etapa, foram utilizados os seguintes recursos:

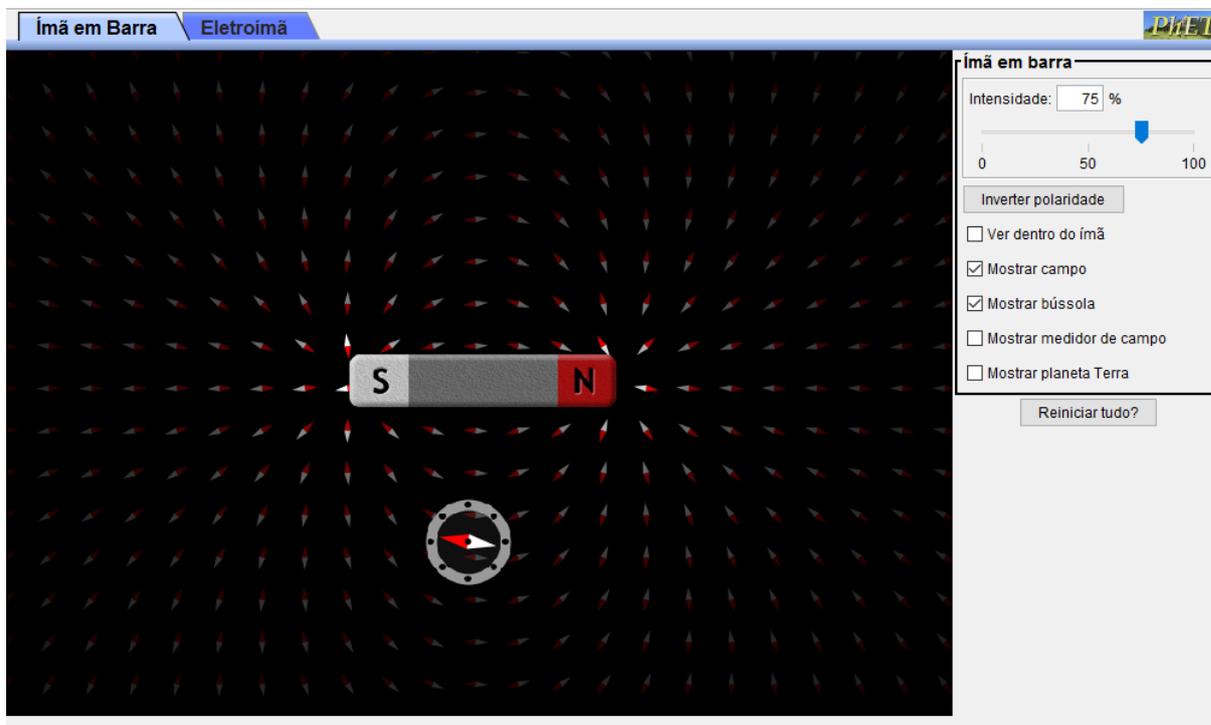
- Inicialmente, fazer um experimento demonstrativo, espalhando limalha de ferro em cima de uma folha de papel que se encontra sobre um ímã. Apresentar imagens semelhantes a obtidas no experimento usando o projetor. Nesse momento direcionar algumas questões a turma, tais como:
  - a) Porquê a limalha de ferro se comporta dessa forma?
  - b) Existe alguma relação entre esse comportamento e a forma como a agulha da bússola se orientava ao redor do ímã na **Atividade 2**?
- Apresentar o vídeo (<https://www.youtube.com/watch?v=WoCudP5bpil>), que mostra um Guindaste eletromagnético em funcionamento e, novamente dirigir questões a turma, tais como:
  - a) O que faz o Guindaste atrair os objetos da pilha de sucata que está no caminhão?
  - b) Como o Guindaste consegue soltar os objetos no local desejado?
  - c) É possível ligar e desligar um ímã dessa forma?

É importante que estas questões sejam bastante discutidas entre os estudantes. O professor deve orientar e direcionar as discussões, mas esse ainda não é o momento de responder ou explicar as situações apresentadas. Deve-se estimular o estudante a falar e propor suas hipóteses. Tempo: **uma aula**.

### 3.4 Aprofundamento do tema

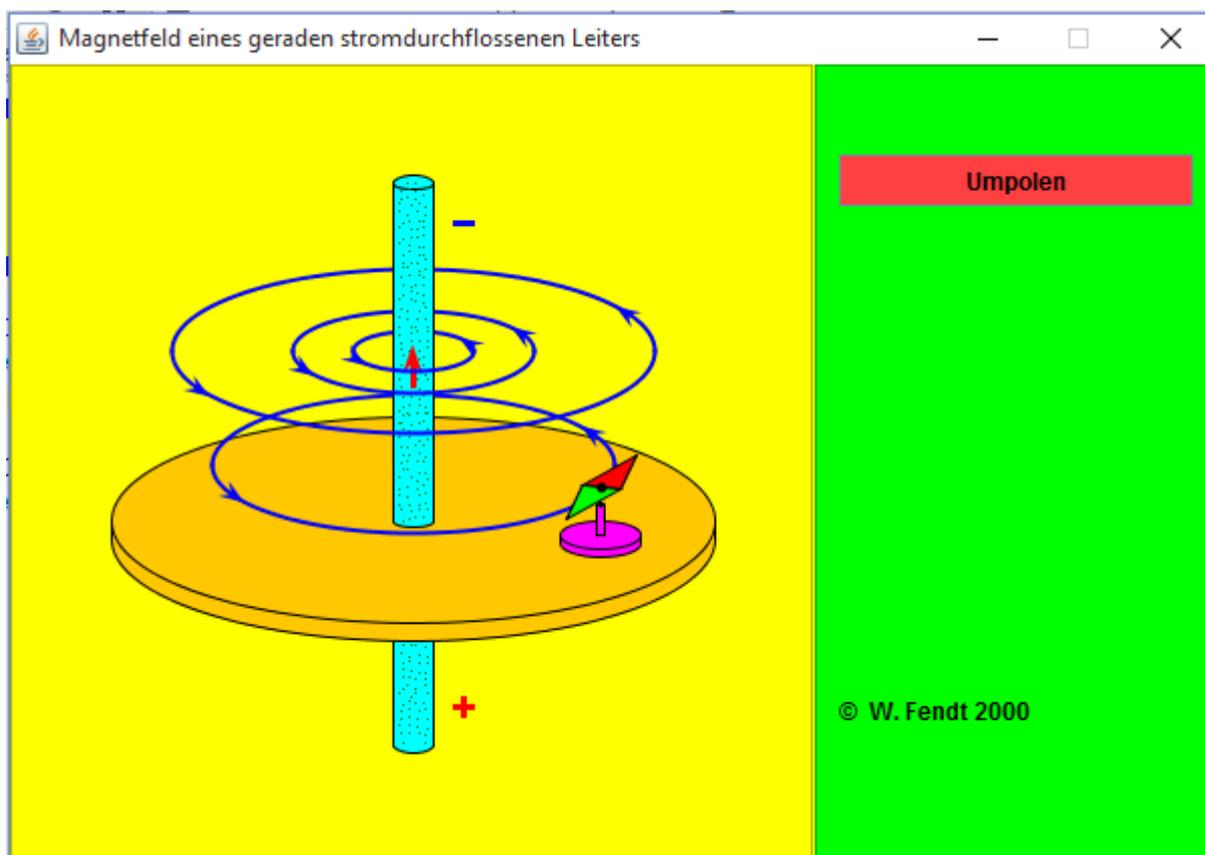
Desenvolver e aprofundar os conceitos de campo elétrico e campo magnético a partir das questões levantadas na aula anterior, levando-se em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes. Para desenvolver o conceito de campo elétrico e suas representações, utilizamos uma simulação do PhET "Hóquei no Campo Elétrico" disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/electric-hockey](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/electric-hockey). Nesta simulação, o professor deve mostrar as interações entre cargas elétricas sem e com a representação do campo elétrico e discutir as semelhanças e diferenças entre este tipo de representação (vetores) e a representação por meio de linhas de forças. Este é o momento adequado para discutir a ideia de ação mediada contrastando-a com a ideia de ação a distância, a relação entre campo elétrico e força elétrica.

Para desenvolver o conceito de campo magnético e suas representações, utilizamos uma simulação do PhET "Ímãs e Eletroímãs" disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/magnets-and-electromagnets](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/magnets-and-electromagnets) (Figura 2).



**Figura 2** - Tela principal do software de simulação "Ímãs e Eletroímãs"

Embora, em nossa proposta, os estudantes não manipulem diretamente as simulações, deve-se sempre estimular a participação dos mesmos por meio de questões dirigidas a turma. Nesta simulação em particular, o objetivo principal é discutir o conceito de campo magnético e suas representações, comparando as representações da simulação com o mapeamento do campo magnético de um ímã (**Atividade 2**) e o experimento demonstrativo com a limalha de ferro (**Situações-problema iniciais**). O professor deve sempre retomar as concepções e questionamentos que surgiram nas aulas anteriores incluindo os obtidos na etapa de identificação de conhecimentos prévios. Com esta mesma simulação, apresentar e discutir a relação entre corrente elétrica e campo magnético, enfatizando bastante a ideia de não existir uma carga magnética. Para esclarecer melhor, a relação entre corrente elétrica e campo magnético pode ser necessário utilizar uma simulação do walter fendt, disponível em: [http://www.walter-fendt.de/ph14br/mfwire\\_br.htm](http://www.walter-fendt.de/ph14br/mfwire_br.htm) (Figura 3).



**Figura 3** - Simulação do walter-fendt do campo magnético de um fio percorrido por corrente elétrica

Após discussão dos conceitos de campo elétrico e campo magnético, propor que os estudantes realizem as **Atividades 3 e 4**, em grupos de até 5 estudantes. Espera-se destas atividades que eles sejam capazes de aplicar os conceitos estudados nas aulas anteriores para solucionar as situações-problema descritas nestas atividades. Tempo: **duas aulas**.

### 3.5 Novas situações-problema

Fazer uma breve revisão do que já foi estudado na unidade de ensino. Logo após essa revisão, dirigir a turma o seguinte questionamento: "Já vimos por meio de experimentos e simulações que uma corrente elétrica cria campo magnético, será que um campo magnético cria corrente elétrica?". Após as discussões em torno deste questionamento, pedir aos estudantes que realizem a **Atividade 5**.

Após a realização da **Atividade 5**, discutir com os estudantes as soluções e respostas dos mesmos na atividade. Para sistematizar os conceitos envolvidos nesta última atividade e introduzir o princípio da indução eletromagnética (Lei de Faraday e Lenz) utilizar a simulação do PhET "Lei de Faraday" disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/faradays-law](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faradays-law). Tempo: **uma aula**.

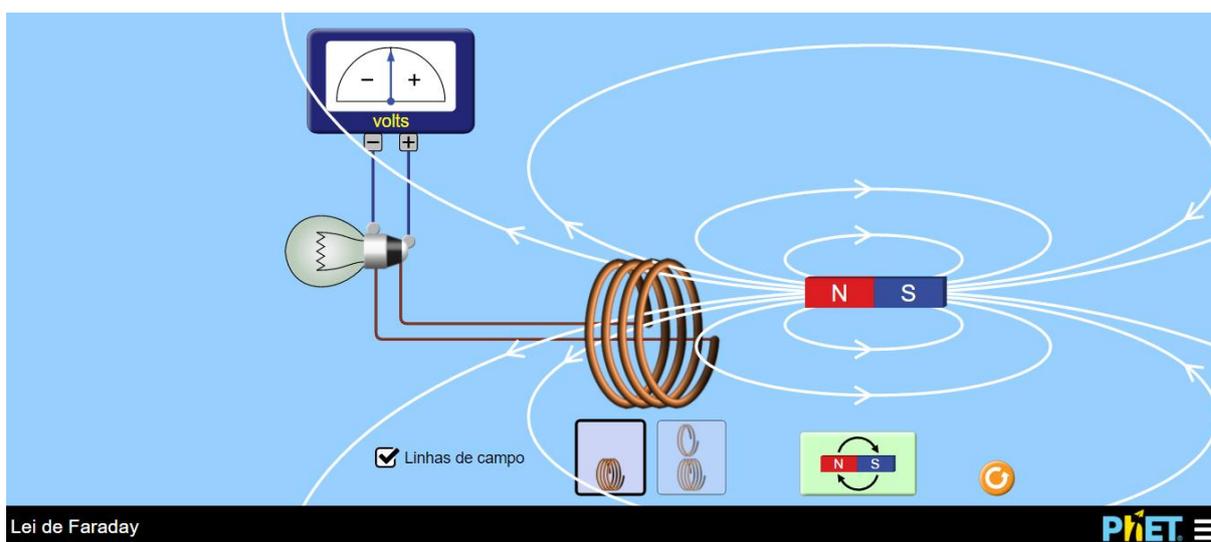


Figura 4 - Simulação da Lei de Faraday

### 3.6 Revisão e aprofundamento de conceitos

Iniciar a aula com uma breve revisão dos conceitos estudados, focando principalmente nas questões e soluções surgidas durante a realização da **Atividade 4 e 5**. Utilizando uma simulação do PhET "Laboratório de eletromagnetismo de Faraday", disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/faraday](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday), mostrar e discutir com os estudantes por meio de questões dirigidas a turma:

- a) a relação entre a variação de fluxo magnético e o sentido da corrente elétrica (diferenciando-o do movimento dos elétrons) numa espira ou bobina;
- b) as aplicações tecnológicas dos conceitos e fenômenos estudados.

Para complementar as discussões sobre as aplicações dos fenômenos envolvendo os conceitos relacionados aos campos elétrico e magnético, apresentar o vídeo (<http://olhardigital.uol.com.br/video/saiba-como-a-eletricidade-sem-fio-pode-mudar-nossas-vidas/41492>). Neste vídeo é apresentada uma reportagem sobre as tecnologias de transmissão de energia sem fio, conhecidas como WiTricity.

Após o vídeo, fazer um experimento demonstrativo da transmissão de energia elétrica sem fio. Após o vídeo e o experimento, os conceitos envolvidos devem ser discutidos com toda turma, dando-se prioridade as falas dos estudantes. As simulações do PhET "Laboratório de eletromagnetismo de Faraday" devem ser retomadas para auxiliar as discussões.

Para finalizar esta etapa, solicitar que os estudantes realizem a **Atividade 6** (um jogo de palavras cruzadas) para revisar os conceitos e conteúdos estudados na unidades de ensino. Tempo para as atividades: **três aulas**.

### 3.7 Avaliação da aprendizagem

Nesta etapa, será solicitado aos estudantes que respondam, individualmente, o **Questionário 2** constituído de quatro questões abertas nas quais os estudantes terão a oportunidade de expressar livremente sua compreensão dos conceitos abordados nesta unidade de ensino. Este questionário deverá ser respondido em 50 minutos e constitui a avaliação somativa individual, a qual Moreira (2011) sugere que seja aplicada após o sexto passo da UEPS. Além desta avaliação, serão consideradas todas as atividades realizadas, em grupo ou individualmente, pelos estudantes, e as observações feitas pelo professor durante a aplicação da UEPS. Tempo: **uma aula**.

### 3.8 Avaliação da UEPS

Será baseada nos resultados de aprendizagem obtidos nas atividades realizadas ao longo da UEPS, nos questionários e questões levantadas pelos estudantes. Também será solicitado aos estudantes que respondam o **Questionário 3**, de avaliação dos recursos instrucionais, contendo questões que versam sobre os recursos instrucionais utilizados nesta UEPS. É recomendável que os estudantes não se identifiquem ao responderem este questionário para que seja garantida a veracidade de seus resultados. Tempo: **uma aula**.

## 4 Atividades

### 4.1 Atividade 1: Identificação de conhecimentos prévios

ESCOLA	
Nome: _____ _____ _____	Data: __/__/__
	Turma: _____

Esta atividade tem o objetivo de investigar o seu conhecimento sobre alguns fenômenos que envolvem a eletricidade e o magnetismo. Por favor, reflita antes de responder qualquer questão, seja objetivo e claro em suas respostas.

**Atividade 1:** Um dos instrumentos mais antigos usado como eletroscópio foi o versorium construído por William Gilbert, que o chamou assim porque girava na direção dos corpos eletrizados, apontando para eles.



Figura 1: Versorium de Gilbert.



Figura 2: Versorium de plástico.

Nesta atividade, usaremos quatro versoriuns com hastes constituídas de materiais diferentes: plástico (canudo de refrigerante), clip metálico esticado, alumínio e um pedaço de fio de cobre rígido. Além do versorium, usaremos, também, alguns ímãs, canudos de refrigerantes e papel higiênico.

1) Aproxime um ímã de cada um dos versoriuns. O que acontece com cada um deles? Explique.

---



---



---

2) Pegue um pedaço de papel higiênico e um canudo de refrigerante. Atrite o canudo com o papel higiênico e aproxime-o de cada um dos versoriuns. O que acontece com cada um deles? Tente explicar porque isto acontece.

---



---



---

3) Agora pegue o versorium de haste de plástico, retire sua haste e atrite-a com o papel higiênico e a coloque de volta. Atrite novamente o canudo de refrigerante com o papel higiênico e aproxime-o do versorium de plástico. O que acontece? Explique.

---



---



---

## 4.2 Atividade 2: Identificação de conhecimentos prévios

ESCOLA	
Nome: _____ _____ _____	Data: __/__/____
	Turma: _____

Esta atividade tem o objetivo de investigar o seu conhecimento sobre alguns fenômenos que envolvem a eletricidade e o magnetismo. Por favor, reflita antes de responder qualquer questão, seja objetivo e claro em suas respostas.

**Atividade 2:** Nesta atividade iremos observar a interação entre ímãs e o comportamento de uma bússola quando está próxima ou afastada de um ímã. Os materiais utilizados nesta atividade são: vários ímãs, fita adesiva e uma bússola.

- 1) Pegue dois ímãs e tente aproximá-los um do outro. Em seguida, vire um dos ímãs e tente aproximá-los novamente (marque um dos lados do ímã com fita adesiva para poder identificá-los). O que aconteceu nas duas situações quando tentou aproximar os ímãs? Tente explicar porque isto acontece?

---

---

---

---

- 2) Junte quatro ímãs e coloque-os no local indicado no verso desta folha. Em seguida, coloque a bússola sobre os círculos e observe o que acontece com a agulha da bússola. Desenhe, em cada círculo uma seta indicando a direção da agulha da bússola (desenhe a seta na direção para onde apontar o lado vermelho da bússola).

- a) Porque a agulha da bússola se comporta dessa forma quando está próxima do ímã?

Explique. \_\_\_\_\_

---

---

---

- b) Qual seria o comportamento da bússola se não houvesse nenhum ímã próximo dela?

---

---

---

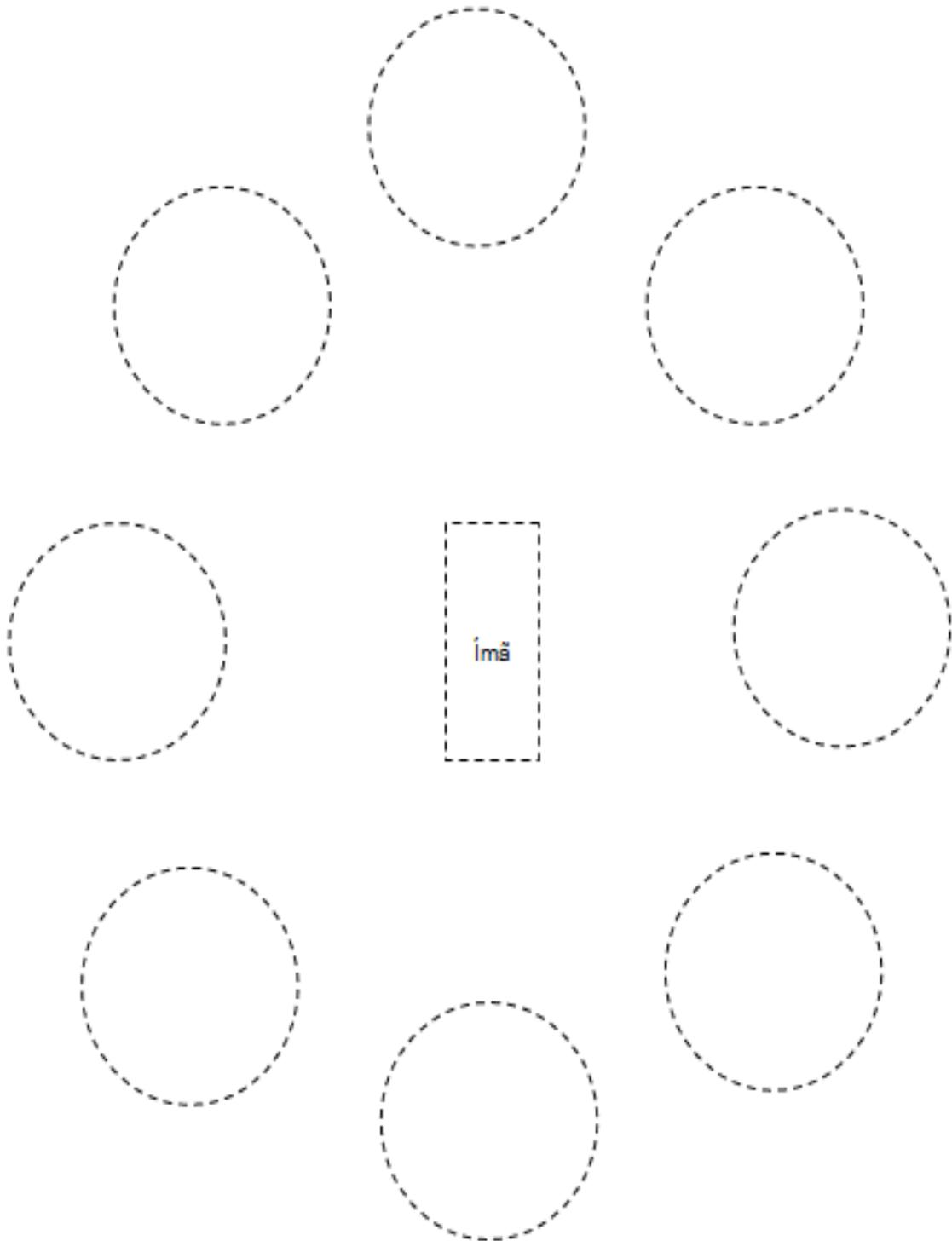
- 3) Guarde todos os ímãs bem longe da bússola e a coloque sobre uma superfície plana. Gire a bússola em diferentes direções e observe o que acontece. Faça esse mesmo procedimento em outros locais dentro da sala (tome cuidado para não aproximar a bússola de objetos de aço como armários, por exemplo). O que você observou ao realizar estes procedimentos? Explique porque isto acontece.

---

---

---

Verso da folha da Atividade 2.



### 4.3 Atividades 3 e 4: Aplicação do conhecimento

ESCOLA	
Nome: _____ _____ _____	Data: __/__/__
	Turma: _____

As atividades que seguem têm o objetivo de investigar como você aplica seu conhecimento na solução de situações-problema. A seguir são apresentados dois problemas que você deverá resolver e descrever todos os passos executados até chegar à solução.

**Atividade 3:** Nesta atividade vocês deverão descobrir a polaridade de um ímã, utilizando somente uma bússola. Depois de discutirem entre o grupo os procedimentos adotados, escrevam um texto explicando, de forma detalhada, todos os procedimentos e justificativas para a solução encontrada pelo grupo.

---

---

---

---

---

---

---

**Atividade 4:** Nesta atividade vocês deverão construir um eletroímã e com ele, tentar erguer pequenos objetos como cliques para prender papel. Para isso, vocês terão a disposição alguns pregos e cliques de metal, um fio de cobre esmaltado e pilhas. Para construir o eletroímã, deverão enrolar o fio de cobre em torno do prego. Depois de discutirem entre o grupo, escrevam um texto explicando, de forma detalhada, todos os procedimentos adotados e como funciona o eletroímã. Em seu texto, deverão responder a seguinte questão: O que deve ser feito para aumentar a força de atração do eletroímã (fazê-lo atrair mais cliques)?

---

---

---

---

---

---

---

#### 4.4 Atividade 5: Aplicação do conhecimento

ESCOLA	
Nome: _____ _____ _____	Data: __/__/____
	Turma: _____

Esta atividade tem o objetivo de investigar como você aplica seu conhecimento na solução de uma situação-problema. Nesta atividade é apresentado um problema que você deverá resolver e descrever os procedimentos e responder as questões colocadas.

**Atividade 5:** Nesta atividade vocês deverão descobrir como gerar uma corrente elétrica utilizando um ímã e uma bobina. Para provar que conseguirão gerar corrente elétrica, deverão medir esta corrente com um multímetro e em seguida, tentar acender um LED. Depois de discutirem entre o grupo os procedimentos adotados, respondam as seguintes questões:

- 1) Descrevam todos os procedimentos necessários para gerar corrente elétrica com o ímã e a bobina.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- 2) Para gerar corrente elétrica na bobina, basta deixar o ímã próximo ou dentro da bobina? Justifique sua resposta.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- 3) O sentido da corrente elétrica é o mesmo quando você aproxima ou afasta o ímã da bobina? Explique.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

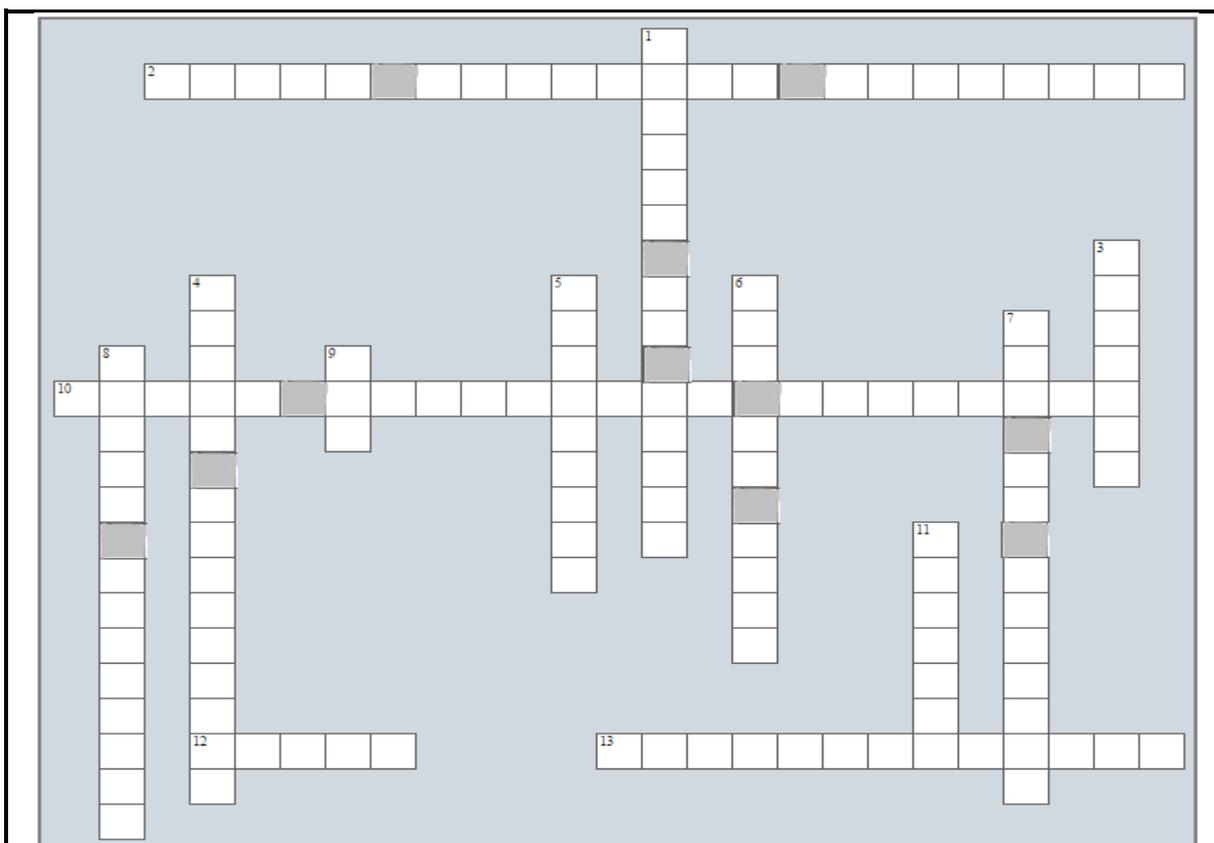
- 4) Ao substituir o multímetro pelo LED e repetir os procedimentos, o LED acende? Caso sua resposta seja SIM explique como. Caso sua resposta seja NÃO, tente explicar por quê?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 4.5 Atividade 6: Revisando com um jogo de palavras cruzadas

ESCOLA	
Nome: _____	Data: __/__/__
	Turma: _____

Esta é uma atividade de revisão. Tente completar as palavras cruzadas no menor tempo possível utilizando seu conhecimento sobre os fenômenos elétricos e magnéticos.



### Verticais:

1. Representação utilizada como forma de visualizar os campos elétricos e magnéticos.
3. Objeto que serve como ferramenta de orientação geográfica e que pode ser utilizado para detectar campos magnéticos.
4. Campo gerado devido à presença de um ímã ou de cargas elétricas em movimento ordenado.
5. Dispositivo que utiliza corrente elétrica para gerar um intenso campo magnético
6. Lei que afirma: "O sentido da corrente elétrica é tal que o campo magnético por ela produzido sempre se opõe à variação do campo magnético que originou a corrente".
7. Lei que afirma: "A tensão elétrica (voltagem) induzida em uma espira ou bobina é causada pela variação do fluxo magnético através desta espira ou bobina".
8. Campo gerado devido a presença de cargas elétricas.
9. Objeto que contenha em sua composição materiais ferromagnéticos e que gera ao seu redor um campo magnético permanente.
11. Dispositivo que utiliza a indução eletromagnética para produzir uma corrente elétrica, girando uma bobina dentro de um campo magnético estacionário.

### Horizontais:

2. Campo criado devido à variação temporal do campo magnético.
10. Campo criado devido à variação temporal do campo elétrico.
12. Conceito criado para explicar as interações à distância.
13. Dispositivo que transfere energia elétrica de uma bobina para outra, por meio da indução eletromagnética, a fim de elevar ou baixar a tensão elétrica (voltagem).

## 5 Questionários

### 5.1 Questionário 1: Identificação de conhecimentos prévios

ESCOLA	
Nome: _____	Data: __/__/__
	Turma: _____

Este questionário tem o objetivo de investigar o seu conhecimento sobre alguns fenômenos elétricos e magnéticos. O resultado deste questionário não influenciará na sua nota. O importante é que sua resposta reflita sua opinião sincera em cada questão. Por favor, reflita antes de responder qualquer questão, seja objetivo e claro em suas respostas.

- 1) Nas atividades que realizaram anteriormente, você pôde observar diversas situações onde as forças atuam a distância. Como é possível dois objetos se atraírem ou se repelirem a distância? Tente propor uma explicação para esse fato.

---

---

---

---

- 2) Já ouviu falar em forças de campo? Escreva todos os significados que você conhece para a palavra "campo".

---

---

---

---

- 3) Já ouviu falar em campo elétrico? Dê exemplos de situações onde isso aconteceu.

---

---

---

---

- 4) Já ouviu falar em campo magnético? Dê exemplos de situações onde isso aconteceu.

---

---

---

---

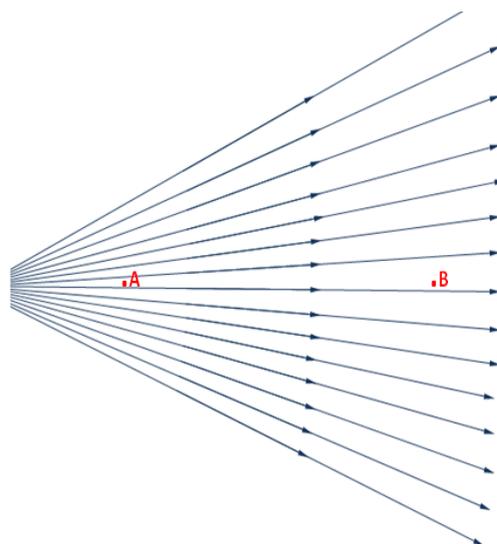
## 5.2 Questionário 2: Avaliação individual da aprendizagem

ESCOLA	
Nome: _____	Data: __/__/__
	Turma: _____

As questões que seguem têm o objetivo de investigar o que você aprendeu nesta unidade de ensino. Responda todas as questões de forma clara e objetiva, utilizando desenhos explicativos se for necessário. Caso sua resposta não caiba no espaço reservado, utilize o verso da folha.

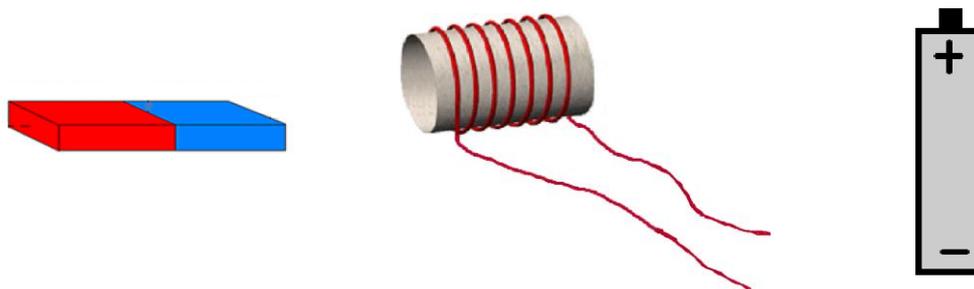
- 1) Descreva, em detalhes, os seguintes conceitos e dê exemplos de situações onde estão presentes.
- Campo elétrico;
  - Campo magnético.

- 2) Na figura a seguir aparece a representação, por linhas de força, do campo elétrico numa certa região do espaço.
- Onde a intensidade do campo é maior, próximo ao ponto A ou próximo ao ponto B? Justifique.



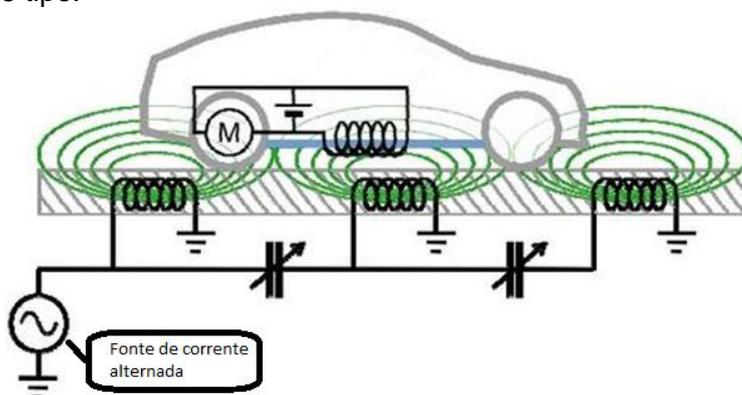
- Se uma carga positiva for colocada nesse campo, para qual direção ela vai se mover? Justifique.

3) Você possui os seguintes materiais: um ímã, uma bobina e uma pilha.



Explique como você faria para descobrir a polaridade do ímã usando, apenas, estes materiais. Faça um desenho esquematizando sua montagem.

4) Atualmente, existem tecnologias experimentais para a transmissão de energia, a curtas distâncias, sem o uso de fios e que podem vir a eliminar essa necessidade nos próximos anos. Esta tecnologia pode ser utilizada, inclusive, para recarregar os carros elétricos que, aos poucos, estão entrando no mercado. A figura seguinte mostra um esquema de um sistema desse tipo.



Utilizando seu conhecimento sobre eletromagnetismo, explique em detalhes, como esse sistema funciona.

### 5.3 Questionário 3: Avaliação dos recursos instrucionais

ESCOLA

Esse questionário tem o objetivo de investigar sua opinião ao estudar os conteúdos com a utilização dos recursos instrucionais utilizados nestas aulas. Não há respostas corretas. O importante é que sua resposta reflita sua opinião em cada questão.

Dê sua nota, marcando um X, para cada item de avaliação, de acordo com a seguinte gradação:

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Péssimo</b>	<b>Ruim</b>	<b>Regular</b>	<b>Bom</b>	<b>Ótimo</b>

		Péssimo ..... Ótimo				
		1	2	3	4	5
<b>1</b>	Os recursos instrucionais utilizados despertaram meu interesse pelos conteúdos estudados?					
<b>2</b>	Os recursos instrucionais utilizados contribuíram para que eu participasse da aula respondendo às perguntas dirigidas a turma?					
<b>3</b>	Os recursos instrucionais utilizados contribuíram para que eu participasse da aula fazendo, espontaneamente, perguntas ou comentários sobre os temas estudados?					
<b>4</b>	Os recursos instrucionais utilizados aumentaram minha disposição em realizar as atividades propostas?					
<b>5</b>	Os recursos instrucionais utilizados contribuíram para que eu visualizasse o fenômeno e assim compreendesse melhor as propriedades, conceitos e teorias associadas aos conteúdos estudados?					
<b>6</b>	Os recursos instrucionais utilizados prenderam a minha atenção para as explicações e as discussões sobre os conteúdos?					
<b>7</b>	Os recursos instrucionais aumentaram o meu interesse em buscar mais informações sobre o tema?					
<b>8</b>	Os recursos instrucionais aumentaram o meu interesse em buscar mais informações sobre Física e a Ciência em geral?					
<b>9</b>	Quais dos recursos utilizados nas aulas você mais gostou? Por quê? _____					
<b>10</b>	Os recursos instrucionais utilizados contribuíram para que eu relacionasse o conceito de campo com alguma aplicação tecnológica? Sim ( ) Não ( ) Quais? _____					
<b>11</b>	Sugestão, críticas ou elogios. _____					

Utilize o verso desta folha, se necessário.

## Referências Bibliográficas

GARDELLI, D. **Concepções de Interação Física: Subsídios para uma Abordagem Histórica do Assunto no Ensino Médio**. 2004. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

KRAPAS, S.; SILVA, M. C. Controvérsia ação a distância/ação mediada: abordagens didáticas para o ensino das interações físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 471-479, 2007.

KRAPAS, S.; SILVA, M. C. O conceito de campo: polissemia nos manuais, significados na física do passado e da atualidade. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 14, n. 1, p. 15-36, 2008.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS**, 2011. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 5 maio 2014.

ROCHA, J. F. M. O conceito de "Campo" em Sala de Aula - Uma Abordagem Histórico-Conceitual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, 2009.