

# PROBLEMATIZAÇÃO NO ENSINO DE TÓPICOS DO ELETROMAGNETISMO POR MEIO DAS ETAPAS DA PSICANÁLISE BACHELARDIANA<sup>1</sup>

## PROBEMATIZATION IN TEACHING OF TOPICS OF THE ELECTROMAGNETISM THROUGH THE STAGES OF THE BACHELARD'S PSICANALYSIS

*Moacir Pereira de Souza Filho<sup>2</sup>*  
*Sérgio Luiz Bragatto Boss<sup>3</sup>*  
*João José Caluzi<sup>4</sup>*

**RESUMO:** O objetivo desse artigo é discutir a problematização no ensino de Física subsidiada por uma metodologia que se baseia nas etapas do processo da psicanálise, proposta por Santos (1998) – consentização, desequilíbrio, familiarização - e que está fundamentada na epistemologia bachelardiana. O trabalho foi desenvolvido e aplicado em um curso extracurricular e foram investigadas as concepções de alunos do curso de licenciatura em Física da Unesp de Bauru referentes aos tópicos do eletromagnetismo. Os dados foram categorizados em níveis de complexidade e apresentados em tabelas e gráficos. A análise dos resultados nos permitiu inferir o perfil conceitual ou epistemológico da amostra investigada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gaston Bachelard; Ensino de Física; História da Ciência.

**ABSTRACT:** The aim of this paper is to discuss the problematization in Physics Teaching subsidized by a methodology based on the steps of the process of psychoanalysis proposed by Santos (1998) and based in Bachelard's epistemology. The work was developed and applied in extracurricular course and it was investigated at conceptions of students of the degree in Physics from Unesp-Bauru about the topics of the electromagnetism. The data were categorized into level of complexity and showed in tables and graphs. The results allowed us to infer the conceptual or epistemological profiles of the sample investigated.

**KEYWORDS:** Gaston Bachelard; Physics Education; History of Science.

## INTRODUÇÃO

---

<sup>1</sup> Esse artigo é uma versão completa e modificada das versões parciais e preliminares dos trabalhos Souza Filho *et al.* 2010a; 2010b; 2010c e 2010d.

<sup>2</sup> Doutor em Educação para a Ciência; Professor Assistente Doutor do Departamento de Física, Química e Biologia, Unesp – Presidente Prudente/SP. E-mail: [moacir@fet.unesp.br](mailto:moacir@fet.unesp.br)

<sup>3</sup> Doutor em Educação para a Ciência; Professor Adjunto do Centro de Formação de Professores, UFRB – Amargosa/BA. Email: [serginho@fc.unesp.br](mailto:serginho@fc.unesp.br)

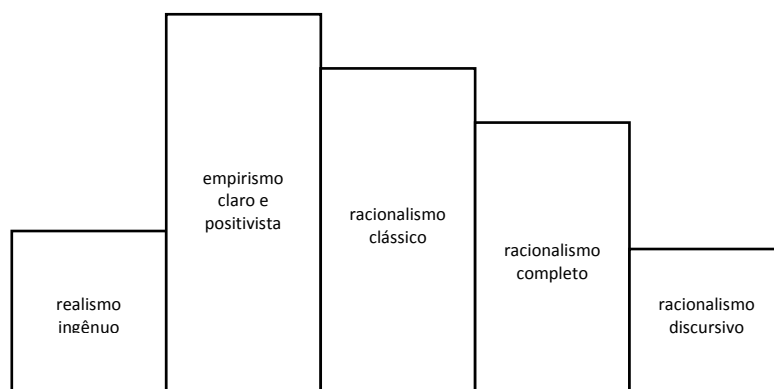
<sup>4</sup> Doutor em Física; Professor Assistente Doutor do Departamento de Física e do Programa de Pós-Graduação em Educação para as Ciências, Unesp – Bauru/SP. Email: [caluzi@fc.unesp.br](mailto:caluzi@fc.unesp.br)

As dificuldades na aquisição de conceitos científicos abstratos pelos alunos têm sido alvo de discussão e investigação na área de ensino de ciências e, particularmente, no ensino de Física e Química. Para exemplificar, podemos citar: o conceito de tempo (MARTINS, 2004); o conceito de átomo (MORTIMER, 2000); a estrutura e o comportamento dos materiais (POSADA, 1997; SOUZA FILHO, 2009); as concepções de cargas e campo elétricos (FURIÓ; GUIASOLA, 1998a, 1998b, 1999; BOSS, 2009); a ideia de campo magnético (GUIASOLA; ALMUDÍ; ZUBIMENDI, 2003); e as relações entre os fenômenos eletromagnéticos (SOUZA FILHO, 2009). Embora cada trabalho citado aborde um conceito em particular, ou um tema de estudo específico, eles possuem um ponto de convergência ao defenderem certos paralelos existentes entre as dificuldades na aprendizagem destes conceitos e os problemas ocorridos na sua formação ao longo do processo histórico. Os trabalhos citados acima consideram que estas dificuldades podem ocorrer tanto no nível *ontológico* (pensamento dos estudantes) quanto no nível *epistemológico* (desenvolvimento histórico). Portanto, as dificuldades inerentes ao processo de aprendizagem de conceitos científicos não advêm somente da complexidade dos fenômenos ou conceitos abordados, mas principalmente do próprio sistema cognitivo do sujeito aprendiz.

As *concepções alternativas* referentes a um dado conceito têm sido consideradas uma importante dificuldade ao processo de aprendizagem. Estas concepções anteriores ao ensino formal podem representar um obstáculo à aquisição de novos conhecimentos, pois elas possuem um caráter *idiossincrático* e mostram-se fortemente arraigadas e estruturadas no sistema cognitivo do sujeito. Por esta razão, são resistentes às mudanças ou reestruturação (MARTINS, 2004, p. 37). Pesquisadores consideram que há convivência e coexistência entre diferentes níveis de conhecimento na mente do estudante, ao invés de uma mudança conceitual, ou a substituição de conhecimentos (MORTIMER, 2000). Baseado nestes pressupostos e na noção de perfil epistemológico bachelardiano (BACHELARD, 1991), Mortimer desenvolveu a noção de perfil conceitual que representa um esboço das diferentes formas de pensar na psicologia do sujeito (MORTIMER, 2000). A noção de “*perfil*” sugere determinadas zonas hierarquizadas, para que o conhecimento novo tenha maior poder de explicação sobre seu predecessor. Assim, é na interface entre o conhecimento elementar e o conhecimento científico que consideramos onde ocorre o processo de aprendizagem. A partir do momento em que o sujeito adquire esta nova concepção, embora o conhecimento antigo tenha seu “status” reduzido, ambas as concepções passam a coexistir em sua mente. Ele poderá utilizar uma ou outra, dependendo do contexto

em que está inserido. A Figura 1 apresenta um exemplo de perfil genérico de um conceito ou da compreensão deste conceito pelo sujeito (perfil conceitual).

**Figura 1** – Característica geral que o perfil epistemológico ou conceitual pode assumir



Em relação às noções abstratas, Martins (2004, p. 36) aponta que o aprendiz apresenta esquemas comuns de pensamento, que são dominados por aspectos óbvios da percepção e que representa certas “tendências do pensar”. Uma delas caracteriza-se por substancializar ou “coisificar” determinadas noções abstratas ou percepções sensoriais<sup>1</sup>. No caso, essas tendências acabam potencializando as primeiras regiões ou zonas do perfil epistemológico que são as mais elementares, em detrimento de conceitos científicos mais elaborados.

Essas *concepções prévias* ou *alternativas* também são denominadas por alguns autores de *concepções errôneas*. Segundo Torre (2007, p. 20), a palavra “erro” pode assumir dois tipos de conotação: a *negativa* e a *positiva*. A conotação *positiva*, que iremos enfatizar, está em consonância com a concepção bachelardiana e que considera o *erro* como um “passo” necessário para a aquisição do conhecimento. Um processo de busca “infindável” de uma *verdade* “inatingível”, sempre em progresso. Esses equívocos que cometem o pensamento caracterizam-se por *erros positivos, normais e úteis*, que “exerce uma função positiva na gênese do saber” (BACHELARD, 1996, p. 298). Neste novo enfoque, o erro não é mais entendido como um resultado, mas é fruto de um processo criativo e construtivo da aprendizagem. Logo, devemos conceber o *erro* como um “sintoma” de problemas no processo de aprendizagem, não como um “mal” a ser evitado (TORRE, 2007, p. 20).

Pensar a ciência e o conhecimento como *processo*, ou seja, que o conhecimento se divide num *antes* e *depois*, é, efetivamente, considerar a descontinuidade do

pensamento e valorizar as diversas pré-concepções que os alunos possuem. Assim, “entre os dois pólos do mundo *destruído* e do mundo *construído*”, Bachelard propõe simplesmente “introduzir um mundo *retificado*” (BACHELARD, 1977, p. 63). Assim, Bachelard (2004, p. 19) considera que “não há *verdade* sem *erro* retificado”, logo, o aprendizado caracteriza-se pela reformulação de concepções anteriores. Desta forma, o conhecimento nada mais é do que a *retificação* de passos anteriores e, “a verdade resulta de uma *rejeição sucessiva de erros*” (SANTOS, 1998, p. 133).

Esta vertente processual se inscreve numa linha pedagógica construtivista, em que o ensino é centrado num processo educativo e interativo entre o educador e o educando. Trata-se de uma comunicação horizontal: *dialógica* e *dialética*<sup>ii</sup>. Santos (2005, p. 31) enumera algumas características desta abordagem: valoriza as *idéias prévias* do aprendiz; o sujeito cognoscente exerce um *papel ativo* no processo de aprendizagem; o papel do professor é de ser o *organizador* e *facilitador* das atividades cognitivas; e finalmente, o conhecimento passa por *reestruturações sucessivas* durante o processo.

Bachelard considera que o processo dialético entre *o erro e a verdade*, ou entre *a experiência e a razão*, propicia a aproximação de um conhecimento mais elaborado e sistematizado. Em outras palavras, por meio desse processo de “ajustamento” é que ocorre a aprendizagem. Nas palavras de Bachelard (2004, p. 251), “*o erro é um dos tempos da dialética que precisa ser transposta. Ele suscita uma investigação mais precisa, é o elemento motor do conhecimento*”. Neste sentido, é que vamos nortear o nosso “olhar investigativo”.

Vamos apresentar neste artigo, alguns resultados obtidos por Souza Filho (2009), para compreender como o estudante adquire uma nova zona ou região do perfil epistemológico. Para isto, foram utilizadas as etapas do tempo crítico da psicanálise (*conscientização, desequilíbrio e familiarização*), apresentadas por Santos (1998) e fundamentadas na epistemologia de Gaston Bachelard (1884-1962).

## **METODOLOGIA E AS ETAPAS DA PSICANÁLISE**

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido por meio de um curso extracurricular, elaborado para alunos de graduação, que denominamos “*Fundamentos Históricos do Eletromagnetismo*”<sup>iii</sup>. O objetivo foi reunir os estudantes interessados pela história do eletromagnetismo. Trata-se de um *grupo de estudos* que, além de trazer aos participantes informações e conteúdos, por meio de textos e experimentos<sup>iv</sup> históricos, consistiu e constituiu o objeto de nossa pesquisa: o estudo do sistema cognitivo do aprendiz.

O curso foi ministrado no decorrer do ano letivo de 2006, com uma carga-horária de 60 horas/aulas, distribuídas quinzenalmente em 20 encontros, com duração de 3 horas cada. Foram disponibilizadas, inicialmente, 15 vagas<sup>v</sup> que obedeceram rigorosamente à ordem de interesse pela matrícula. O “rol” de alunos da nossa amostra foi composto, basicamente, por estudantes do sexo masculino, com idades variando entre 18 a 25 anos de idade, os quais cursavam o segundo ou terceiro ano do curso de licenciatura em Física da Unesp de Bauru/SP.

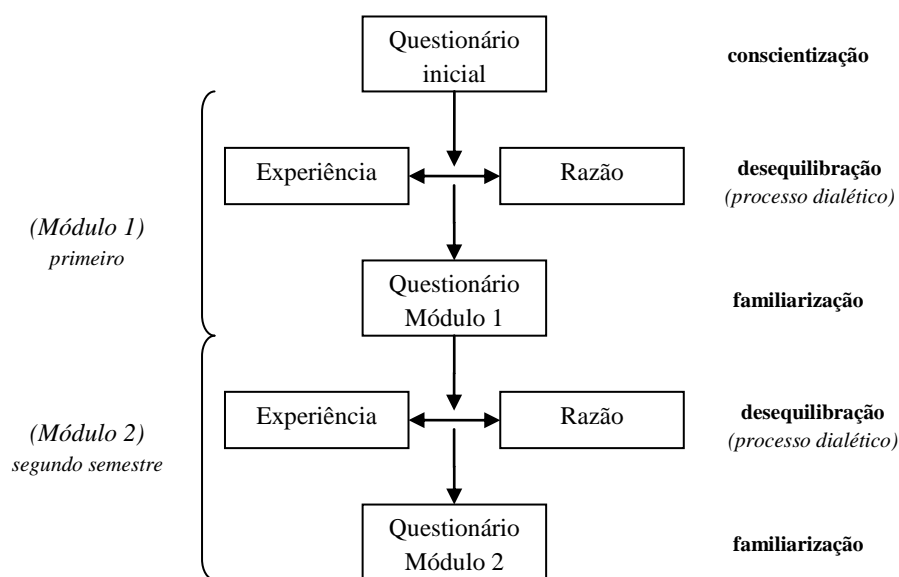
Trata-se de uma *pesquisa qualitativa*, classificada como uma *pesquisa-ação*. Tozoni-Reis (2007, p. 31) nos ajuda a definir este plano de investigação salientando que a pesquisa-ação “articula a produção de conhecimentos com a ação educativa”. Por um lado, ela investiga e produz conhecimento sobre a realidade a ser estudada; por outro, ela realiza um processo educativo para o enfrentamento desta mesma realidade. Existe uma articulação entre a teoria e a prática. Neste sentido, os participantes deixam de ser simplesmente “objetos de estudo” para se tornarem pesquisadores do conhecimento sobre suas próprias realidades. Assim, os integrantes da pesquisa “compartilham conhecimento que trazem de diferentes experiências sócio-históricas, com o objetivo de promover, pela *ação-reflexão-ação*, transformações na realidade [...] que investigam” (TOZONI-REIS, 2007, p. 32).

Elaboramos três questionários sobre diferentes aspectos do tema escolhido (*eletromagnetismo*). O *primeiro* foi aplicado no início do curso para que pudéssemos inferir sobre algumas concepções relativas aos conceitos e elaborar nosso cronograma de trabalho. O *segundo* e o *terceiro* foram aplicados, respectivamente no final de cada módulo proposto, ou seja, no final de cada semestre, como uma forma de sintetizar o conteúdo abordado e as idéias veiculadas.

A estrutura da coleta e análise dos dados foi baseada nas etapas do *tempo crítico da psicanálise* (SANTOS 1998, p. 202-25) que, em nosso trabalho, foi estruturado como a seguir:

- *Conscientização*: questionário respondido no primeiro dia de aula;
- *Desequilíbrio*: análise das idéias veiculadas pelos estudantes durante os encontros no decorrer do curso;
- *Familiarização*: questionário referente ao *módulo 1* (final do primeiro semestre) e questionário referente ao *módulo 2* (final do segundo semestre e término do curso).

#### **Quadro 1** – Esquema da coleta e análise dos dados



O próprio termo, *conscientização*, sugere o reconhecimento de que as concepções iniciais que o aluno possui não são suficientes para explicar determinados fenômenos. Para isso, Santos (1998, p. 212) recomenda que o professor proponha atividades que encorajem o aluno a invocar as suas ideias, explicitando-as para o professor e para os colegas. Mas acima de tudo, para si próprio. É fundamental que o aluno raciocine sobre suas concepções. Para isso, é preciso disponibilizar um tempo para reflexão. O educador deve explorar o significado do que está sendo dito, deixando o aprendiz usar seu vocabulário próprio, mesmo que apresente termos incorretos. A partir disso, será possível guiar o diálogo e conscientizá-lo de suas certezas. A interação entre os colegas e os registros gráficos (questionários, desenhos, esquemas, etc.) são elementos pedagógicos relevantes para o intuito de facilitar o pensamento.

O tempo lógico da *desequilíbrio* consiste numa etapa em que o estudante, após tomar consciência de seus obstáculos e desconfiar de suas certezas, começa a se afastar de seus conhecimentos iniciais, das suas *concepções alternativas*. Isso ocorre pelo confronto entre estes conhecimentos elementares com conhecimentos mais elaborados, que advém tanto do professor, quanto dos colegas. Neste confronto de ideias, o aluno busca as razões para a explicação de suas opiniões. As discussões permitem ao aluno se dar conta das divergências existentes entre as concepções e, perceber que elas não são *verdades* absolutas. Este é o momento da *infirmação* das *concepções alternativas*, que consiste em “introduzir experiências que as questionem e as contradigam, questões críticas que as ponham em causa, contra-exemplos, anomalias históricas, evidências teóricas e práticas reveladoras dos limites de seu campo de aplicação, contratação experimental no sentido de falsificá-las, etc.”

(SANTOS, 1998, p. 215). Em outras palavras, a *infirmiação* caracteriza-se pela tomada da consciência do “*não*”<sup>vi</sup>. Segundo a autora, este desequilíbrio levará à necessidade de procurar uma nova concepção. Este conflito cognitivo interno tenderá a ser resolvido na etapa da *familiarização*.

As estratégias de *familiarização* têm como propósito, a introdução de novas ideias. Somente com a construção de novas ideias se dá a ruptura entre os conhecimentos. Neste sentido, Santos (1998, p. 216) comenta que “se algumas experimentações podem bastar, como estratégias para *infirmar* ideias prévias, geralmente, não bastam para ‘descobrir’ a realidade escondida. Em regra, uma ideia combate-se com outra”. A autora aponta algumas condutas que permitiriam ao professor implementar esta estratégia em sala de aula, entre as quais podemos apontar: proporcionar situações em que o aluno comente textos históricos, em que identifique conclusões e suporte, ou justifique, estas conclusões; situações em que ele sintetize várias opiniões numa ideia; situações em que se utilizem palavras com múltiplos significados, dando oportunidades para que identifiquem o sentido em que estão sendo usadas, etc.

## APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

As transcrições dos questionários, na íntegra, podem ser consultadas em Souza Filho (2009). Vamos apresentar, neste artigo, os trechos mais relevantes, juntamente com sua análise. Identificamos os sujeitos da pesquisa apenas com as três primeiras letras do nome.

- **Etapa da conscientização (*questão inicial*)**

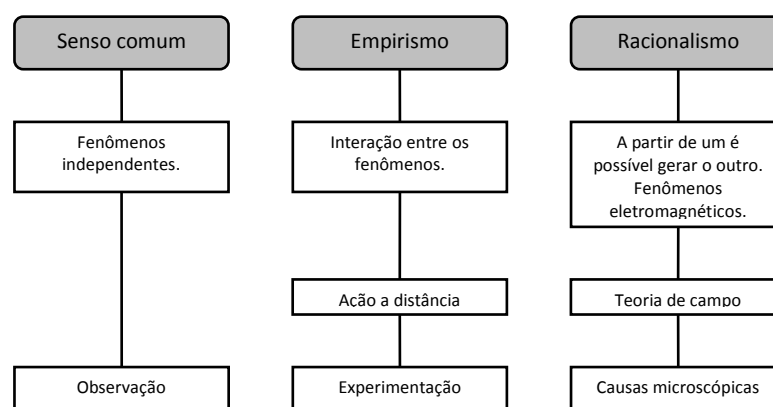
*Em sua opinião, existe relação entre os fenômenos elétricos e os fenômenos magnéticos? Em sua resposta, argumente defendendo seu ponto de vista.*

A ideia básica, com esta pergunta, foi conhecer o perfil epistemológico apresentado pelos alunos em relação às zonas do perfil epistemológico que iríamos estudar (*realismo ingênuo, empirismo e racionalismo*). Assim, alguns subsídios para a elaboração do nosso plano de trabalho e para uma análise comparativa da evolução do perfil foram obtidos.

Antes de analisar as manifestações colocadas, convém destacar que, dos dezesseis alunos que responderam a este questionário, apenas um não opinou. Os demais, sem exceção, afirmaram existir uma relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos (suas ideias são detalhadas mais adiante). No entanto, muitos não se sentiram seguros e questionaram sobre seu próprio conhecimento. Só para citar alguns exemplos: o estudante CAR afirmou que

“não sabe”, “não faz ideia” e “não se sente capaz de diferenciar esses fenômenos”. Ele disse que considera estes fenômenos como “forças ocultas” dos corpos. O aluno SER disse que não conseguiu “abstrair” para explicar como se dá esta relação e, para ele, tudo ficou “nebuloso”. O integrante do grupo, LUC, acredita que não é possível afirmar esta relação “com o grau de conhecimento que ele possui”. O estudante EDE, por sua vez, considerou “necessária uma complementação dos seus conhecimentos para uma melhor argumentação”. Além disso, ele questionou se o conhecimento que ele possui está de acordo com os critérios aceitos pela comunidade científica, ou pela própria “verdade” científica. E finalmente, o aluno MÁR afirmou que é difícil classificar estes fenômenos e que, “sua opinião não foi formada por ele, mas [foi] inserida em sua mente”, o que sugere que ele tenha tido um ensino dogmático-transmissivo em sua formação.

**Quadro 2** – Enquadramento das características presentes nas diferentes regiões do perfil<sup>vii</sup>



O *Quadro 2*, ao ser pensado numa matriz, apresenta, nas colunas, as categorias que representam as diferentes zonas do perfil. Nas linhas, estão as categorias que correspondem às respostas dos alunos, das quais nós apresentaremos, a seguir, pequenos trechos:

Fenômenos independentes: *Acredito que são independentes, pois podemos ter fenômenos elétricos não relacionados a magnéticos e vice-versa. Por exemplo, ao ligarmos uma lâmpada incandescente, não existe nenhum fenômeno magnético, já que a luz é gerada pela resistência; para escutarmos discos [...], teremos apenas fenômenos elétricos; um ímã atrai objetos metálicos através de seu magnetismo; esfregando uma caneta aos cabelos conseguimos atrair pequenos pedaços de papel, sem nenhuma utilização de energia [magnética]; [AND]*



Observação: Existe, pois é visível (observável) a relação entre um campo magnético e um campo elétrico, como por exemplo, em usinas de geração de energia, no dínamo. [...] o efeito visto em tubos de TV imediatamente após a ocorrência de um raio, [...]. Também observo em solenóides (eletroímãs), a transformação de energia elétrica em mecânica; o mesmo ocorre em alto-falantes, campainhas, etc. [SAL]

Interação entre os fenômenos: A reação de uma bússola próxima de um fio transpassado por uma corrente contínua, por exemplo, é evidência disso. Mas, pressupomos que a bússola seja instrumento que evidencia fenômenos magnéticos e que a corrente no fio é fenômeno elétrico. [...] vimos o fenômeno elétrico causar efeito na bússola. Não percebemos o seu efeito sobre a corrente! Logo, esta experiência sugere, [...], uma “unilateralidade” na relação! [MÁR]

Ação a distância: Sim, pois a maneira em que se dá a interação elétrica e magnética são praticamente semelhantes: ambas têm a ação à distância, podem surgir forças atrativas ou repulsivas de acordo com a situação (na eletricidade ou no magnetismo). [ADR]

Experimentação: Fundamento o meu “achar que sim” no experimento [...] em que a passagem da corrente elétrica no fio metálico ocasiona a movimentação da agulha da bússola quando esta é posicionada de forma apropriada. [SER]

A partir de um fenômeno é possível gerar o outro: Existe sim uma relação entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos, pois fenômenos magnéticos podem ser gerados a partir [...], de uma corrente elétrica passando por um condutor, do mesmo modo que um ímã em movimento pode gerar uma corrente elétrica. [VIT]

Teoria de campo: Uma bobina (solenóide) produz campo magnético quando se passa corrente elétrica. E o mesmo ocorre quando um campo magnético oscila, produzindo uma corrente alternada. [FÁB]

Causas microscópicas: Neste caso, pensamos que ao esfregarmos o ímã, estaríamos alinhando os “domínios” numa direção preferencial e acabamos por classificar tal fenômeno, como magnético. [NET]

Por meio da *etapa da conscientização*, realizada por este questionário inicial, foi possível classificar a pluralidade de pensamento dos participantes do curso dentro das nossas categorias, que correspondem às zonas do perfil. Pode-se verificar que uma mesma fala pode ser classificada em duas ou mais subcategorias, ou ainda, as respostas dos estudantes podem ser desmembradas de forma que, cada trecho, possa ser enquadrado nessas subcategorias.

- **Etapa da desequilíbrio**

O *Quadro 3* sintetiza as concepções dos alunos que foram estudadas durante esta etapa da pesquisa e as compara com uma síntese das principais ideias históricas, na formação dos conceitos. O quadro em questão, mostra que é possível enquadrar as concepções dentro das diferentes zonas do perfil e verificar certas semelhanças e paralelismos entre o perfil *epistemológico* e *ontológico*, segundo a concepção de alguns autores. Sendo assim, a História da Ciência serviu de base para orientar as atividades de ensino.

A primeira zona do perfil (*realismo ingênuo*) evidencia a atribuição de características místicas aos materiais magnéticos e a presença de alguns obstáculos em relação à eletricidade. Geralmente, elas são atribuídas à falta de mobilização do pensamento. Por meio dos dados coletados, pôde-se verificar que os graduandos que constituem os sujeitos

desta pesquisa, não apresentam esta zona do perfil acentuada. Ao se referirem às concepções de senso comum, eles sempre se referem à outras pessoas (pessoas mais velhas, *e.g.*, avós, etc.). Estes alunos conseguem, perfeitamente, distinguir estas *concepções de senso comum* do *conhecimento científico*. Em relação à eletricidade, encontramos alguns obstáculos que, realmente podem dificultar a aprendizagem. Acreditamos que a ideia dos estudantes de que *a eletricidade está relacionada com a luz e o calor*, difere do *pensamento pré-científico*. Ou seja, eles consideram que estes fenômenos possam estar relacionados à presença do “elétron” e, portanto, possuem uma concepção mais científica. Outro aspecto importante diz respeito à analogia. No nível de conhecimento elementar, ela pode ser válida. No entanto, Bachelard considera que, num nível mais avançado, ela é prejudicial e representa um *obstáculo ao conhecimento científico*. Seja na formação do conceito, ou no processo de aprendizagem, a explicação científica para os fenômenos é extremamente difícil. É superando estes obstáculos que há a evolução do pensamento para um nível mais elevado. Consideramos que os dados sugerem que os obstáculos encontrados, no caso do magnetismo, se referem ao *conhecimento geral*, visto que o indivíduo generaliza o fenômeno observado, com aquilo que ele julga conhecer. O principal obstáculo relativo à eletricidade é o *substancialista*, pois podemos observar seus *efeitos*, e não a sua *causa*. A segunda zona do perfil, o *empirismo*, está relacionada à *experiência primeira*. O ímã é um objeto simples, que produz efeitos admiráveis. Por meio da manipulação deste objeto, podemos conhecê-lo um pouco melhor. Por exemplo, podemos verificar que ele é capaz de tornar um pedaço de ferro um ímã temporário. O principal obstáculo, verificado nessa zona do perfil, diz respeito à *crença* de que os polos possuem intensidades de atração e repulsão diferentes. O experimento pode denotar uma “certa autoridade” para os alunos, não sendo possível refutá-lo por meio do *raciocínio* lógico, tal como foi evidenciado pelos dados. Um aluno com esta concepção poderá apresentar dificuldades, na medida em que estiver suscetível a aceitar conhecimentos provindos do experimento, sem questioná-los e, sem tampouco verificar se o resultado experimental é coerente do ponto de vista teórico ou lógico. O *objeto percebido* e o *objeto pensado* pertencem à duas instâncias filosóficas diferentes: a *experiência* e a *razão*. Neste sentido, é preciso manter um contato cada vez mais estreito com o real, porém, não esquecer que a descrição é a finalidade da ciência. A evolução de um conhecimento particular caminha em direção à uma coerência racional (BACHELARD, 2004). Acreditamos que a terceira zona do perfil epistemológico, o *racionalismo*, está intrinsecamente relacionada com o obstáculo *substancialista*. A ideia de linhas de forças, a concepção de “correntes” no interior dos ímãs, a presença de partículas atômicas e subatômicas, etc., caracterizam-se por conceitos *abstratos*.

Visto que é impossível adentrar no interior da matéria, para conhecer a “*coisa em si*”, atribuímos a esta zona do perfil a presença do obstáculo *substancialista*, uma vez que o aluno tenta imaginar o que ocorre em seu interior. O obstáculo *substancialista* “dá lugar” ao conceito de *estruturalismo*. Por meio dos dados coletados, nos deparamos, muitas vezes, com a palavra “entes”<sup>viii</sup>, para se referir as *partículas existentes no interior do ímã ou do fio condutor*. Sendo assim, o modelo explicativo proposto pelo aluno pode não condizer com modelo teórico, socialmente acreditado. Surge a questão: caberia a ele aceitar o modelo proposto pelos cientistas? Sabemos que há um consenso entre teorias já instituídas, mas cabe ao aluno questioná-las, bem como a sua própria maneira de pensar. O curso teve por objetivo propor esta linha de raciocínio.

**Quadro 3** – Perfis epistemológicos relacionados ao eletromagnetismo (síntese)

<i>Zonas do perfil</i>	<i>Perfil: História da Ciência</i>	<i>Perfil: Alunos</i>
<b>1ª Zona: Realismo ingênuo<sup>ix</sup></b>	<p><i>Bartholomews</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A magnetita é uma pedra preciosa.</li> <li>• Ela cura enfermidades.</li> <li>• Possui poder de prejudicar pessoas.</li> </ul> <p><i>Franklin</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luz e calor relacionados com a eletricidade.</li> <li>• Teoria do fluido único (esponja).</li> <li>• Dificuldade de explicar a teoria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garrafa PET com água diminui o consumo de energia elétrica.</li> <li>• CD pirata estraga o aparelho.</li> <li>• Colchões magnéticos previnem doenças.</li> <li>• Luz e calor relacionados com a eletricidade.</li> <li>• Analogia com um copo d’água.</li> <li>• Dificuldade de explicar a teoria.</li> </ul>
<b>2ª Zona: Empirismo</b>	<p><i>Peregrinus</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para identificar os polos, devemos colocar o ímã em uma vasilha.</li> <li>• O ferro friccionado a um magneto se transforma em um ímã temporário, e perde rapidamente suas propriedades.</li> </ul> <p><i>Gilbert</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O polo norte (macho) tem maior poder de atração do que o sul (fêmea).</li> </ul> <p><i>Ambos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ao quebrarmos uma magnetita, teremos dois novos ímãs, por menor que seja o fragmento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ao observar um ímã, é impossível identificar os polos. Podemos apenas manuseá-lo e verificar seu comportamento.</li> <li>• Verifica-se que é impossível um material ferromagnético repelir um ímã.</li> <li>• Experimentalmente, a força que os polos de um ímã atraem um objeto é diferente.</li> </ul>
<b>3ª Zona: Racionalismo simples</b>	<p><i>Ampère</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existem correntes microscópicas no interior do ímã e é o sentido destas correntes que determina os polos magnéticos.</li> </ul> <p><i>Faraday</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Um ímã não pode ser encontrado tendo apenas um pólo, e estes poderes (polos) são absolutamente iguais entre si.</li> <li>• Estes polos estão relacionados por meio de linhas de forças internas e externas ao ímã.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A matéria não é inerte. Ela possui “entes” que estão em constante movimento.</li> <li>• Inexistência de monopolo magnético.</li> <li>• Existência de linhas de força (<i>abstratas</i>), que podem ser “visualizadas” por meio de limalhas de ferro.</li> <li>• Presença de partículas atômicas e subatômicas.</li> </ul>

As informações apresentadas no *Quadro 3* buscam evidenciar algumas características dos alunos relativas aos perfis, identificadas durante a pesquisa. Se considerarmos que a primeira zona praticamente inexistente entre os alunos, podemos considerar que eles estariam enquadrados em apenas *duas zonas* do perfil: o *empirismo* e o *racionalismo*. Podemos ainda, imaginar que estes dois perfis representam o período anterior e posterior à descoberta do eletromagnetismo. Ela representou uma ruptura entre dois níveis de pensamento: a idéia de *ação a distância* e a concepção da *teoria de campo*.

- **Etapa da familiarização (questionários *módulo 1 e 2*)**

Estes questionários foram elaborados com base em textos históricos. Antes de cada pergunta, havia duas citações históricas, antagônicas ou conflitantes, extraídas de fontes primárias, ou artigos científicos (SOUZA FILHO, 2009). O objetivo destas questões era instigar o aluno a repensar o que já havia pensado antes, na etapa da *conscientização*. A etapa da *familiarização* permite que os estudantes tenham a oportunidade de rever os seus conceitos e confrontá-los com as concepções socialmente aceitas pela comunidade científica.

A etapa da familiarização se subdividiu em dois questionários distintos:

- Questionário do *módulo 1* - corresponde a quatro questões que foram aplicadas em meados do curso;
- Questionário *módulo 2* – corresponde a três questões que foram aplicadas no final do segundo semestre (*i.e.*, no final do curso).

Vamos apresentar as questões de forma resumida e, em seguida, analisar as respostas dos estudantes de maneira geral.

#### Análise do questionário - módulo 1

1. Existe diferença entre a eletricidade produzida por atrito e a eletricidade produzida por uma pilha?

[MAR] - *A eletricidade produzida pelo atrito produz cargas elétricas, que difere daquela produzida por uma pilha, por estarem estáticas, ou se movimentarem pouco em relação à sua configuração. O “fluido galvânico” é constituído também por cargas elétricas<sup>x</sup>, mas estas se movimentam orientadas em um dado sentido.*

Assim como este estudante, os alunos, de maneira geral, analisaram esta questão em termos do “comportamento cinético” das cargas. Segundo eles, no primeiro caso, elas são cargas estáticas, enquanto que, no segundo, estão em movimento, apresentando um

comportamento dinâmico ordenado. Assim, embora elas apresentem a mesma *causa*, seus *efeitos* são distintos.

É interessante notar que ninguém faz uma análise baseada na concepção de campo. Por exemplo, um pente atritado gera no seu entorno um *campo elétrico* que atrai os pedacinhos de papel. Ou ainda, um fio conduzindo corrente gera um *campo magnético* ao seu redor, que só irá interagir com “materiais ferromagnéticos”, o que não é o caso dos papéis.

2. Você considera que o polo norte possui maior poder de atração que o polo sul?

[SID] - *Se esta pergunta fosse feita no início do curso, eu responderia não! Mas agora, já foi “comprovado” que um polo tem maior força de atração que o outro.*

[NET] - *Aparentemente sim, num experimento feito no grupo, vimos que, muitas vezes um dos polos exerce uma força maior em materiais metálicos do que o outro [polo]. Percebemos que as limalhas de ferro ficam mais concentradas, frequentemente, sobre um dos polos. Tal fato se deve às imperfeições do ímã, [ou seja], partes não homogêneas, com defeitos gerais.*

[MAR] - *Da experimentação feita num dos encontros, observei que, realmente, numa pedra magnética (ímã,) um dos polos possui uma força maior de atração sobre objetos do que o outro. Mas, penso que dizer que o polo norte possui mais força que o polo sul é um equívoco, visto que este polo possui sua força aumentada, devido à constituição e o processo de formação do material, [...] [isso] depende fortemente das condições as quais o ímã foi submetido (tratamento térmico, presença de outros ímãs).*

[VIT] - *Se considerarmos um ímã ideal, ou seja, livre de possíveis impurezas ou materiais indesejados, eu não considero que o polo norte tenha maior poder de atração, pois as linhas magnéticas de força são as mesmas em ambos os lados.*

Há uma contradição entre aquilo que os alunos observaram durante o experimento em sala de aula (*empirismo*) e aquilo que eles consideram ser correto teoricamente (*racionalismo*). Para uns, o fato experimental é incontestável. Segundo SID foi “comprovado”, por meio do experimento! Embora alguns reconheçam que isto foi mostrado experimentalmente, (MAR, NET), eles atribuem às imperfeições, ou às condições térmicas no qual o material foi submetido durante o processo de fabricação. O estudante VIT considerou este fato teoricamente impossível. Para VIT, a quantidade de linhas que saem de um ímã são as mesmas que chegam até ele.

3. Porque é possível conduzir a eletricidade e não é possível conduzir o magnetismo?

[SID] - *Na eletricidade, temos as cargas elétricas e podemos provocar uma diferença de potencial entre os corpos envolvidos. No magnetismo, as linhas de campo saem de um polo e chegam ao outro, [...].*

[THI] - *Não é possível conduzir o campo magnético, por se tratar de um fenômeno decorrente do movimento orientado de cargas elétricas.*

[MAR] - O “fluido magnético” não pode ser transportado porque [o transporte] é uma consequência da movimentação de cargas, ou seja, ele não existe por conta própria.

[SER] - Esta é uma boa pergunta! A hipótese que tenho é porque na eletricidade há movimento de cargas, e nos fenômenos magnéticos não há um movimento equivalente. [...], a eletricidade é transmitida, muito provavelmente, por meio de deslocamento de cargas, [...]. Já os fenômenos magnéticos, ocorrem apenas por alinhamento dos momentos de dipolo magnético, e o campo magnético tem um limite espacial para esses alinhamentos, pois é possível, por hipótese, dizer que a partir de certa distância, o campo magnético “não consegue” alinhar os momentos de dipolo magnético seguintes do material. [...]. Resumindo, a eletricidade é transmitida porque existem cargas elétricas que se movimentam, o magnetismo não é transmitido porque não existem “cargas magnéticas” que se movimentam.

#### 4. Existe relação entre eletricidade e magnetismo?

[NET] - Na matéria há uma propriedade intrínseca: a carga. Tal carga tem à ela associada, um campo elétrico, ou seja, esta carga promove uma “força a distância” sobre a outra carga, que é algo intrínseco a ela. Deste princípio, nascem os fenômenos elétricos. Ao fazer esta carga se deslocar, ela acaba provocando outro fenômeno. Ela passa a produzir um campo magnético, que é fechado em si mesmo, sem origem e fim, numa direção perpendicular ao deslocamento da carga. Tal fato gera os “então” chamados fenômenos magnéticos [...]

[SER] - Concordo com Gilbert, quando ele diz que a causa do movimento da magnetita é bem diferente do âmbar, já que o primeiro se deve a um campo magnético e o segundo a um campo elétrico, e estes são fenômenos distintos. No entanto, também concordo com Franklin, pois, a partir de um fenômeno elétrico, [...], é possível gerar campo magnético; e a partir de um fenômeno magnético, [...](com a variação temporal do fluxo de campo magnético), é possível gerar campo elétrico. Desta forma, penso que ambas as afirmações estão coerentes.

Todos foram unânimes em afirmar que existe uma relação entre os dois fenômenos (processos) considerados. Embora a maioria do grupo considere que sejam fenômenos distintos em sua natureza, eles consideram que o deslocamento de cargas, ou variação de campos, evidencia a relação entre estes fenômenos, uma vez que por meio de um, é possível gerar o outro.

#### Análise do questionário - módulo 2

No final do curso, ao terminarmos o módulo *dois*, formulamos outro questionário, contendo *três* perguntas, visando traçar um panorama geral das ideias dos estudantes. Sintetizamos a seguir, essas principais ideias:

1. O que você considera ser responsável por produzir o campo magnético ao redor do ímã? E ao redor de um fio conduzindo uma corrente elétrica? O que estas coisas têm em comum?

[ALI] - *O movimento angular dos elétrons; o movimento retilíneo dos elétrons; o movimento dos elétrons, mesmo que, quanticamente, não faça sentido dizer em trajetória, [...].*

[MAR] - *[...], creio que a origem deste campo magnético deve ser uma espécie de corrente elétrica permanente e interna ao material que compõe o ímã; a passagem de uma corrente elétrica pelo fio; a presença de uma corrente elétrica é comum.*

[NEL] - *Em nível atômico, partículas em vibração ou movimento no interior do ímã; no fio condutor temos a presença de uma corrente elétrica, que são cargas em movimento; portanto, a presença de cargas em movimento.*

[SER] - *O momento de dipolo magnético; a variação da corrente elétrica no tempo; a geração dos campos magnéticos.*

Os alunos consideram que, em seu nível atômico, os ímãs possuem partículas vibrando, ou espécies de “elétrons” girando. Assim como as cargas em movimento no fio, confere ao ímã seu campo magnético. O estudante SER considera que o alinhamento do momento de dipolos magnéticos seja responsável pelo campo do ímã.

2. Diferencie as duas situações: O experimento de Ørsted e o experimento de Faraday.

[ALI] - *Na primeira situação, [...], é uma corrente contínua que gera um campo magnético e que interage com a bússola [...]. Na segunda situação, é a variação de fluxo de campo magnético que “gera” a corrente elétrica.*

[MAR] - *No experimento de Oersted, o alinhamento da bússola é devido à presença de um campo magnético produzido a partir da passagem da corrente elétrica. Este campo, não muda sua polaridade devido ao fato de a corrente também não mudar de sentido. No experimento de Faraday a agulha do galvanômetro movimenta-se apenas quando diminui ou aumenta a intensidade da corrente elétrica, provocando uma variação na intensidade do campo magnético que ela produz; [...].*

[NEL] - *Na primeira situação temos a presença de um campo magnético constante ao redor do fio, garantindo a sustentação da agulha. No experimento de Faraday, existe a interação entre correntes pelas bobinas, onde o primário só irá induzir corrente no secundário se houver alternância no campo magnético (ligar e desligar).*

[VIT] - *No primeiro experimento, o campo elétrico gera um campo permanente, enquanto que no experimento de Faraday, a indução de corrente elétrica ocorre apenas com a variação do campo magnético.*

Parece um consenso entre os alunos considerar que, no primeiro caso, enquanto houver uma corrente no fio condutor, existe um campo magnético constante que interage com a bússola. Em relação à segunda situação, eles reconhecem que o “ligar” e o “desligar” da chave provoca uma variação na intensidade da corrente, que provoca uma variação no fluxo magnético, induzindo uma corrente apenas enquanto houver esta variação.

Parece que, em geral, o grupo passou a ter mais clareza dos experimentos que envolvem o *campo magnético*.

3. Pode existir um campo elétrico sem um campo magnético? E o último sem o primeiro?

[SER] - *Campo elétrico e campo magnético são fenômenos independentes, portanto a existência de um não depende [da existência] do outro. Por exemplo, uma carga elétrica parada apresenta um campo elétrico e não campo magnético, já que um ímã parado apresenta apenas campo magnético e não elétrico.*

[VIT] - *Em ambos os casos, um não existirá sem o outro, pois não existe um campo elétrico sem campo magnético. Em um ímã existem micro-correntes responsáveis pelo campo magnético.*

[AND] - *Um não existirá sem o outro, se nós considerarmos que dentro do ímã existem micro-correntes.*

[NEL] - *Sim, pois campo magnético é uma característica de cargas em movimento. Você pode ter uma carga puntual estacionária sem a presença de um campo magnético. Mas pode-se produzir um [campo] por meio do outro.*

O estudante SER considera que existe um campo elétrico sem um campo magnético e vice-versa, pois ambos são independentes. Segundo ele, “cargas paradas” geram um *campo elétrico* e um “ímã estático” produz apenas o *campo magnético*. Outros alunos (AND, VIT), por considerarem que a fonte de campo magnético é de origem elétrica, acreditam que, neste caso, estes fenômenos estão intrinsecamente relacionados. Para o estudante NEL, uma carga estacionária existe sem a presença de um campo magnético, no entanto, quando ela está em movimento ela “gera” este campo.

Esta etapa da *familiarização* teve como objetivo conhecer o perfil epistemológico que os alunos manifestavam no final do processo de aprendizagem, a fim de compará-lo com o perfil existente no início do curso. Esta estratégia forneceu subsídios para avaliar se houve ou não uma *alteração no perfil epistemológico* do aluno ao longo do curso proposto.

A *Tabela 1* e o *Gráfico 1* apresentam, em termos de porcentagens, as respostas dos alunos enquadradas nas diferentes zonas do *perfil epistemológico*.

**Tabela 1** – Zonas do *perfil epistemológico* (geral):

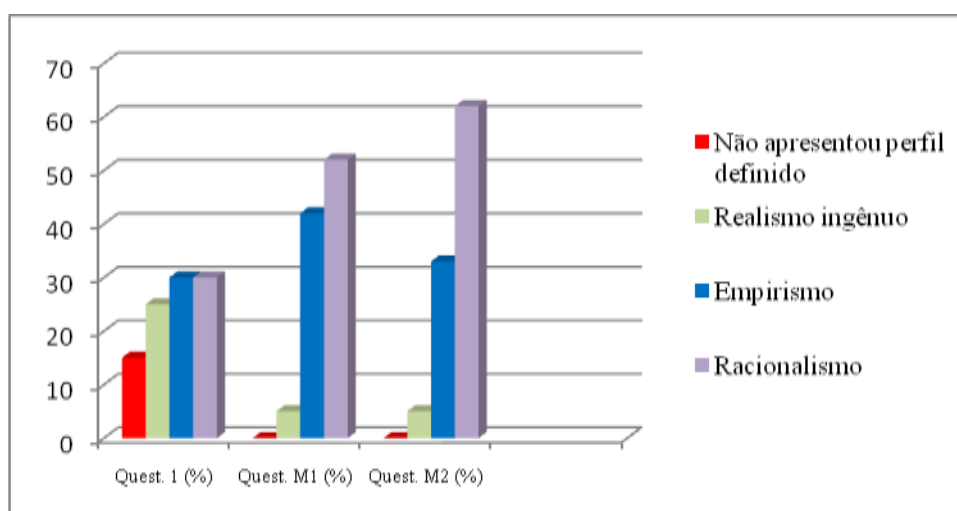
	<i>Quest. 1 (%)</i>	<i>Quest. M1(%)</i>	<i>Quest. M2(%)</i>
<i>Não apresentou perfil definido</i>	<b>15</b>	-	-



<i>Senso comum (observação dos fenômenos)</i>	<b>25</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<i>Empirismo (por meio de experimentos)</i>	<b>30</b>	<b>42</b>	<b>33</b>
<i>Racionalismo (Causas no mundo microscópico)</i>	<b>30</b>	<b>52</b>	<b>62</b>

Inicialmente, analisamos o primeiro questionário, que foi respondido no primeiro dia de aula; em seguida, o questionário referente ao *módulo 1* (final do primeiro semestre) e; finalmente, o questionário do *módulo 2* (final do curso). O número de alunos que responderam aos questionários (quest. 1, quest. M1 e quest. M2) foram respectivamente, 16, 7 e 6 alunos.

**Gráfico 1** – Zonas do perfil epistemológico (geral).



Pudemos verificar que, inicialmente, alguns estudantes apresentaram perfis indefinidos (15%). Suas respostas não puderam ser enquadradas em nenhuma zona do perfil bachelardiano. Após o fim de cada módulo, todos passaram a apresentar pelos menos uma das zonas do perfil. Em relação à categoria de *senso comum*, tivemos uma queda em relação ao percentual inicial, que era de (25%) e caiu para (5%) no *módulo 1* e se manteve em (5%) no *módulo 2*. Estas quedas são acompanhadas por evidências de que ideias com status iniciais inferiores, se tornaram menos presentes. No caso do *empirismo*, que era inicialmente de (30%), notamos que houve acréscimo no final do *módulo 1* (42%). Neste módulo, as questões relacionadas à esta zona do perfil estiveram bem presentes. Em seguida, houve uma queda deste valor para (33%), ou seja, as explicações deixaram de ser baseadas apenas nos experimentos e passaram a uma explicação mais racional. O aumento gradativo da perspectiva

racionalista (30%, 52% e 62%) é um bom indicativo, pois mostra que, de uma maneira geral, as discussões realizadas em sala de aula possibilitaram um conhecimento mais elaborado e sistematizado em relação aos fenômenos estudados (vide *Gráfico 1*).

A partir da análise feita e dos dados apresentados, verificou-se que as etapas da psicanálise (*conscientização, desequilibração e familiarização*) contribuíram para que o aluno pudesse “construir” conceitos mais elaborados, e assim, vislumbrar novos conhecimentos a partir de suas próprias concepções.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A etapa da *conscientização*, como o próprio nome sugere, visa *conscientizar* os alunos que muitos dos conhecimentos que eles possuem e trazem para o ambiente escolar, embora bem estruturados, não conseguem explicar toda a complexidade dos fenômenos científicos. Estas anomalias e inconsistências, aqui caracterizadas pelas *concepções alternativas*, são frutos de um passado e de uma cultura relevantes e indispensáveis para a formação, ou a aquisição, de conhecimentos mais sistematizados e mais elaborados.

É pertinente esclarecer que o *objeto* estudado, no caso do magnetismo, consiste em um “*ímã*” comum. No caso da eletricidade, trata-se da interação entre “corpos carregados” ao serem atritados e/ou referente à “corrente elétrica” que percorre um fio condutor. Tal objeto de estudo se baseia no princípio da “*carga elétrica*”. Para mostrar aos estudantes a evolução destes conceitos, nos baseamos em textos históricos e na reprodução de alguns experimentos. Esta foi a etapa que denominamos *desestruturação*.

O estudo histórico mostrou que as primeiras concepções relativas aos ímãs e a corpos carregados, propunham que estes objetos apresentavam um *poder sobrenatural*, que conferia a eles, propriedades “miraculosas” (SOUZA FILHO, 2009). O conhecimento elementar é uma característica de uma região denominada *realismo ingênuo*, caracterizada pelas concepções de *senso comum*. Esta região pode possuir um “status” mais ou menos presente na cultura do sujeito. Geralmente, crianças ou pessoas idosas e/ou com menor grau de instrução possuem esta região do perfil mais acentuada. Os alunos parecem ter superado esta zona do perfil, embora, ela se encontre ainda presente, em menor grau.

Com as técnicas de *observação, manipulação* do objeto de estudo e *experimentação* sistematizada, o conhecimento científico *rompe* com o senso comum. Esta região do perfil epistemológico é denominada de *empirismo*. Geralmente, este nível de pensamento considera a matéria *contínua* e a propriedade de atração é atribuída a “*eflúvios*” que emanam de ímãs e de corpos carregados.

Este nível de pensamento, no campo da eletricidade, é repleto de *obstáculos*. Pudemos elencar vários deles na história da eletricidade e verificar que, no campo pedagógico, os alunos possuem obstáculos análogos. A *experiência primeira* é um obstáculo ao conhecimento científico. O fascínio que a eletricidade estática desperta nas pessoas, impede a compreensão real dos fenômenos. O obstáculo *substancialista* promoveu nos alunos a ideia de que o interior do corpo estava repleto de fogo (luz e calor), conforme os dados sugeriram. Por outro lado, alguns alunos reconheceram que os “elétrons” podiam ser responsáveis por estes efeitos.

Para o *empirismo*, a matéria é *descontínua*, formada por grãos e partículas menores que podem se dividir, conservando as propriedades físicas e químicas da matéria. Conseqüentemente, os filósofos naturais Peregrinus e Gilbert perceberam, ao quebrar um ímã, que ele continuava apresentando propriedades magnéticas. Os alunos “perceberam” que isto ocorre, não apenas no nível físico, mas também, no nível atômico, e é preciso adentrar no interior da matéria para conhecer o fenômeno com mais profundidade. Propositadamente, o professor mostrou que a observação pode ser fonte de “*erros*”. As ações e propriedades dos ímãs não podem ser percebidas a “olho nu”. É necessário utilizar a *razão* e criar modelos que descrevam os fenômenos. A *percepção* “dá lugar” à criação de *modelos*.

Cientistas do século XVIII e início do XIX concebiam que a interação entre os corpos ocorria na linha reta que une as duas partículas (uma pertencente a cada corpo). Assim, forças elétricas, magnéticas e gravitacionais atuavam entre si, pelo princípio da “ação a distância” newtoniana. Nesta concepção, os corpos agiam por meio de forças do tipo “empurra-puxa”, sem considerar a presença de um meio entre os corpos interagentes. O experimento, realizado para determinar a força (com um dinamômetro) que os polos de um ímã exercem sobre um objeto, teve por intuito, trazer para sala de aula o diálogo entre o “verdadeiro” e o “falso”. O experimento mostrou que, de fato, um dos polos atrai com “mais vigor” o objeto. Este tipo de interação é baseado no modelo da “ação a distância”. A concepção teórica sugerida por Faraday, baseada no modelo de linhas físicas de força, sugere justamente o contrário. Segundo alguns alunos, como as linhas de campo magnético são fechadas, não haveria motivo para que as intensidades destas forças fossem diferentes.

A invenção da pilha elétrica em 1800 por Alessandro Volta (1745 – 1827) representou uma *mudança de método*. A eletricidade dinâmica *rompe* com a eletricidade estática. Esta ruptura representou uma verdadeira “revolução” para a *unificação* da eletricidade e do magnetismo. O experimento de Ørsted mostrou que uma corrente elétrica provoca um torque na agulha magnética da bússola. A sua concepção de corrente elétrica era

um duplo fluxo de eletricidade em sentidos opostos, que ele denominou de “conflito elétrico”. O conflito não se dava apenas no interior do condutor, mas também, nas adjacências do fio, por movimentos de rotações espiraladas. A partir daí, tornou-se necessário descrever os fenômenos baseado nas interpretações lógicas. Podemos considerar que surge uma nova região do perfil epistemológico: *o racionalismo*. Biot e Sarvat interpretaram esta interação como a *ação entre polos magnéticos*. Contrária a esta concepção, Ampère imaginou a *interação entre correntes* (eletrodinâmica) ao conceber correntes microscópicas no interior da agulha imantada. Estes dois tipos de interpretações ainda se pautavam no princípio da “*ação a distância*”. Posteriormente, Faraday consegue visualizar intuitivamente a presença de *linhas físicas de forças magnéticas*. Talvez, este *modelo de campo* tenha sido o grande passo para a mudança de paradigma: a consolidação de uma nova concepção, a “*teoria de campo*”, que mais tarde Maxwell descreveria matematicamente. O modelo de campo *rompe* com a “cosmologia newtoniana”, que defende a ação em linha reta. A nova concepção está de acordo com a “cosmologia cartesiana”, que imagina a ação atuando em redemoinhos ou vórtices ao redor do fio condutor.

Embora neste trabalho o modelo da *teoria de campo* tenha sido considerado uma ruptura com o modelo da *ação a distância*, é necessário salientar que existem concepções que advogam, que se trata de uma disputa entre programas de pesquisas concorrentes. Outra questão fundamental, e que merece atenção, é que não se pode afirmar, categoricamente, que o modelo da *ação a distância* pertença à região do *empirismo* e o modelo da teoria de campo ao *racionalismo*. Ambas podem ser enquadradas nas duas regiões do *perfil epistemológico*, dependendo se o contexto for empírico ou racional.

O *racionalismo* fica mais evidente a partir do momento em que o aluno, não podendo mais observar diretamente os fenômenos, tem que criar “modelos” explicativos para interpretá-los. Surge a necessidade de compreender a estrutura atômica da matéria e imaginar como seria o interior do objeto de estudo. Esta nova região, denominada de *racionalismo*, concebe a descontinuidade da matéria. O modelo atômico clássico é utilizado para a descrição do objeto. O estudo histórico mostra o exemplo de Ampère, que bem antes da proposição da teoria atômica, já preconizava a presença de “correntes microscópicas moleculares” no interior do ímã. Outro exemplo foi Faraday que imaginou “linhas físicas de forças” numa região externa ao corpo.

Baseado nestas ideias, nós elaboramos um quadro que apresenta algumas semelhanças entre as concepções *epistemológicas* e *ontológicas*. A partir dele, percebemos que existe um paralelismo entre ambas, como defendem alguns trabalhos da área. Assim, é

por meio da História da Ciência que podemos compreender os processos cognitivos dos nossos alunos e refletir sobre nossa ação pedagógica.

Na etapa da *desequilíbrio*, as transcrições apresentadas ilustram o processo de dialética e síntese. No primeiro caso, o fato de Ørsted possuir a concepção de “conflito elétrico” nas adjacências do fio, ou ainda, o aluno possuir a ideia de *campo ao redor do fio*, só faz sentido por meio de uma *verificação experimental*. Um obstáculo presente, e que Bachelard chama a atenção, é o obstáculo *substancialista*, em que o cientista e o aluno imaginam que “algo”, ou um “meio”, tem que transmitir essa força para a agulha da bússola. Podemos dizer que, quando o experimento evidencia os fenômenos, é preciso explicá-los. Quando criamos modelos teóricos é preciso verificá-los. Isto caracteriza o *processo dialético* entre o *realismo* e o *racionalismo*. Analogamente, o aluno não aprende sem errar e o erro não faz sentido sem uma “verdade” a ser alcançada. Ao mencionarmos os *erros históricos*, é possível relacioná-los aos *erros didáticos* ou *pedagógicos*.

Logo após realizarmos a etapa de conscientização dos alunos acerca de suas dúvidas e certezas e, após utilizarmos situações potencialmente desequilibradora, elaboramos na etapa da *familiarização*, os questionários (*módulo 1 e 2*) compostos de *quatro* e *três* questões, respectivamente. Eles permitiram um confronto de concepções anteriores com as novas ideias. A análise dos questionários mostrou que os alunos passaram a utilizar termos científicos, o que sugere um maior poder de abstração em relação ao início do curso. O resultado pode também ser inferido ao analisar a *Tabela 1* e o *Gráfico 1*. Com um olhar atento a esses indicadores, é possível verificar uma evolução das respostas do grupo ao final de cada *módulo*. Na medida em que as respostas enquadradas na região do *senso comum* têm seu “status” diminuído, verificamos um aumento na região do *racionalismo*.

O processo de aprendizagem se mostrou profícuo, com a utilização da metodologia adotada. O perfil epistemológico dos alunos, que na etapa da *conscientização* estava fortemente pautado nas visões de *senso comum* e *do empirismo*, passou a ser enquadrado na região do *racionalismo*. Isto pode ser inferido porque por meio dos questionários, no final dos módulos (*familiarização*), pudemos perceber a aquisição de uma região com maior coerência racional, dentro da hierarquia do pensamento, o que sugere a aprendizagem de conceitos científicos.

## Notas

<sup>i</sup> Essa tendência representa aquilo que Bachelard (1996) denominou de *obstáculos substancialista*.

<sup>ii</sup> De acordo com Bachelard, a *dialética* “imprime um movimento indutivo que a caracteriza e que determina uma reorganização do saber numa base alargada” (BACHELARD, 1991, p. 127). Segundo Japiassu (1976, p. 66), trata-se de um diálogo de informações que tem por objetivo ajustar, tanto a *teoria* quanto, a *experiência*. Este processo de ajustamento proporciona aos cientistas oportunidade, tanto de reverem suas teorias e de formularem novas hipóteses, quanto de aperfeiçoarem suas experiências. Por intermédio desse diálogo é que se *reorganiza o saber*, é esta reorganização ou ajustamento que Bachelard denomina de *dialética*.

<sup>iii</sup> Em Souza Filho *et al.* (2009) fizemos uma breve incursão na história do eletromagnetismo. Portanto, não trataremos neste artigo de conceitos específicos. O leitor pode consultar o capítulo referente a este tópico.

<sup>iv</sup> Esses experimentos foram feitos com materiais de baixo custo e equipamentos disponíveis no laboratório didático de Física.

<sup>v</sup> Embora tenha havido quinze inscritos, o aluno THI que não estava inscrito, pediu para participar totalizando 16 alunos no primeiro dia de aula (questionário inicial). No meio (*módulo 1*) e no final do curso (*módulo 2*) tivemos 7 (*sete*) e 6 (*seis*) alunos que responderam aos questionários, respectivamente.

<sup>vi</sup> A palavra “*não*” tem o sentido dado na obra “*a filosofia do não*” (BACHELARD, 1991).

<sup>vii</sup> No caso do tipo de ação entre os fenômenos, consideramos que a *ação a distância* está relacionada ao *empirismo* e a noção de *campo* ao *racionalismo*. No entanto, sabemos que o modelo da ação a distância possui predições teóricas que permitiriam enquadrá-la na zona do racionalismo. Assim como a noção de campo, em alguns aspectos, poderia ser enquadrada no empirismo. Inexiste para esta análise a zona referente ao senso comum.

<sup>viii</sup> Segundo o dicionário, *ente* significa coisa; ser; substância; objeto; aquilo que existe ou supomos existir. (*fonte: Dicionário Aurélio*).

<sup>ix</sup> Os alunos deste curso não apresentaram esta zona do perfil. No entanto, eles reconheceram que esta categoria já esteve presente em suas concepções passadas, e ainda se faz presente em algumas pessoas de seu convívio.

<sup>x</sup> No decorrer do artigo, aparecem alguns casos de anacronismo, como este, nas falas dos alunos.

## REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. *O racionalismo aplicado*. Rio de Janeiro: Zahar Editoria, 1977.

\_\_\_\_\_. *A filosofia do não: filosofia do novo espírito científico*. 5. ed. Lisboa: Editorial Presença, 1991.

\_\_\_\_\_. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. 3ª reimpressão. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

\_\_\_\_\_. *Ensaio sobre o conhecimento aproximado*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004.

BOSS, S. L. B. *Ensino de eletrostática: a história da ciência contribuindo para a aquisição de subsunções*. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.

FURIÓ, C.; GUIASOLA, J. Difficulties in Learning the Concept of Electric Field. *Science Education*, v. 82, n. 4, p. 511-526, 1998a.

FURIÓ, C.; GUIASOLA, J. Dificultades de Aprendizaje de los Conceptos de Carga y de Campo Electrico em Estudiantes de Bachillerato y Universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 16, n. 1, p. 131-146, 1998b.

\_\_\_\_\_. Concepciones Alternativas y Dificultades de Aprendizaje en Electroestática. Selección de Cuestiones Elaboradas para su Detección y Tratamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 3, p. 441-452, 1999.

GUISASOLA, J., ALMUDÍ, J. M.; ZUBIMENDI, J. L. Dificultades de aprendizaje de los Estudiantes universitarios em La teoria Del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 1, p. 79-94, 2003.

JAPIASSÚ, H. *Para ler Bachelard*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1976.

LOPES, A. R. C. Bachelard: O filósofo da desilusão. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 3, p. 248-273, 1996.

MARTINS, A. F. P. *Concepções dos estudantes acerca da noção de tempo: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard*. 2004. 218f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências*. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

ØRSTED, H. C. Experiência sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética. (Tradução: Roberto Martins). *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v. 10, p. 115-122, 1986.

POSADA, J. M. Conceptions of High School Students Concerning the Internal Structure of Metals and Their Electric Conduction: Structure and Evolution. *Science Education*, v. 81, n. 4, p. 445-467, 1997.

SANTOS, M. E. V. M. *Mudança conceptual na sala de aula: um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado*. 2. ed. Lisboa: Livros Horizonte, 1998.

\_\_\_\_\_. *Que educação?* Lisboa: SANTOSEDU, 2005.

SOUZA FILHO, M. P. *O erro em sala de aula: subsídios para o ensino do eletromagnetismo*. 2009. 229f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009. Disponível em: <[http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/ArquivosPDF/TES\\_DOUT/TES\\_DOUT20090525\\_FILHO%20MOACIR%20PEREIRA%20DE%20SOUZA.pdf](http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/ArquivosPDF/TES_DOUT/TES_DOUT20090525_FILHO%20MOACIR%20PEREIRA%20DE%20SOUZA.pdf)>. Acesso em: 16 fev. 2011.

SOUZA FILHO, M. P.; BOSS, S. L. B.; CALUZI, J. J. Resultados de uma pesquisa baseada nas etapas da psicanálise bachelardiana: desequilíbrio. In: XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2010, Águas de Lindóia/SP. *Anais do XII EPEF*, 2010a., p. 1-12.

\_\_\_\_\_. Resultados de uma pesquisa baseada nas etapas da psicanálise bachelardiana: conscientização e familiarização. In: XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2010, Águas de Lindóia/SP. *Anais do XII EPEF*, 2010b, p. 1-12.

\_\_\_\_\_. Formação de novas zonas do perfil epistemológico bachelardiano: alguns resultados de uma pesquisa baseada nas etapas da conscientização e familiarização. In: BASTOS, F.

(Org.). *Ensino de Ciências e Matemática III: contribuições da pesquisa acadêmica a partir de múltiplas perspectivas*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010c, v. III, p. 169-191.

\_\_\_\_\_. O processo dialético erro/verdade e razão/experiência: resultados e análises de uma pesquisa baseada nas etapas da desequilíbrio. In: PIROLA, N. A. (Org.). *Ensino de Ciências e Matemática IV: temas de investigação*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010d, v. IV, p. 135-155.

TORONI-REIS, M. P. C. *Metodologia de pesquisa científica*. Curitiba: IESDE Brasil, 2007.

TORRE, S. *Aprender com os erros: o erro com estratégia de mudança*. Porto Alegre: ARTMED, 2007.

Recebido em Fevereiro de 2012

Aprovado em Junho de 2012