

**EXPERIMENTAÇÃO E APRENDIZAGEM DE
ELETROMAGNETISMO SEGUNDO
A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD**

**EXPERIMENTATION AND LEARNING OF ELECTROMAGNETISM
ACCORDING TO THE THEORY OF
THE CONCEPTUAL FIELDS OF VERGNAUD**

Carlos Henrique da Silva Rocha
Fundação de Apoio à Escola Técnica do Estado do Rio de Janeiro
chsrocha@yahoo.com.br

Giselle Faur de Castro Catarino
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
gisellefaur@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem como objetivo analisar a aplicação de uma proposta de ensino de Eletromagnetismo, no terceiro ano do Ensino Médio, baseada em experimentos de baixo custo. As estratégias priorizaram os conceitos físicos em detrimento de abordagens que valorizam unicamente ferramentas matemáticas, possibilitando aos alunos uma participação mais ativa no processo de aprendizagem. A pesquisa utilizou como referencial teórico a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud e a Experimentação no Ensino da Física. A pesquisa qualitativa envolveu a aplicação de uma Sequência Didática em quatro momentos. Os dados foram coletados via observação, gravação das aulas, questionários e entrevistas. Para análise, seguimos os pressupostos teóricos aqui apresentados. Como resultados, aponta-se que os alunos se mostraram mais motivados quando apresentados aos conceitos do Eletromagnetismo através da abordagem experimental e demonstraram melhor compreensão dos conceitos quando confrontados com as situações, criadas e mediadas pelo professor, ampliando o domínio dos conceitos envolvidos.

Palavras-chave: Eletromagnetismo; Experimentos; Campos Conceituais.

Abstract

This work aims to analyze the application of a proposal for teaching electromagnetism, in the last year of high school, based on experiments. The strategies prioritized physical concepts over approaches that only value mathematical tools, enabling students to participate more actively in the learning process. The research used Vergnaud's Conceptual Fields Theory and Experimentation in Physics Teaching as a theoretical framework. Qualitative research involved the application of a Didactic Sequence in four stages. Data were collected via observation, recording of classes, questionnaires and interviews. For analysis, we follow the theoretical assumptions presented here. As a result, it is pointed out that students were more motivated when presented to the concepts of Electromagnetism

through the experimental approach and demonstrated a better understanding of the concepts when confronted with situations, created and mediated by the teacher, expanding the domain of the concepts involved.

Key words: Electromagnetism; Experiments; Conceptual Fields.

Introdução

As dificuldades identificadas no processo de ensino e aprendizagem do Eletromagnetismo podem ser entendidas a partir das metodologias de ensino utilizadas, com excesso de atenção dadas às aulas expositivas, cuja abordagem privilegia a aplicação de fórmulas e realização de exercícios repetitivos em detrimento de abordagens mais práticas e conceituais que possibilitem uma associação dos conteúdos à vida dos alunos.

Segundo Moreira (2018), há uma crise no Ensino de Física e vários são os fatores que contribuem para isso: carga horária semanal; ausência de aulas de laboratório; falta de professores de física; conteúdos curriculares resumidos à Mecânica Clássica; abordagem tradicional, centrada no professor. Revela que a testagem é outro sério problema para esse ensino, pois resumem o trabalho do professor a preparar os alunos para provas, produzindo alunos que reproduzem respostas. Para o autor, a ideia de que as melhores escolas são as que mais aprovam alunos em testes representa “uma visão comportamentalista, mercadológica, massificadora” (MOREIRA, *op. cit.*, p. 75).

É, portanto, urgente repensar a Física ensinada na escola, buscando novos mecanismos para abordar os conceitos físicos, pois o processo de ensino-aprendizagem não tem se mostrado efetivo. Para isso, um dos caminhos apontados é a utilização de experimentos e de atividades práticas, com vistas a enriquecer e favorecer a construção do conhecimento a partir dos conteúdos abordados.

Dessa maneira, a proposta deste trabalho é perceber e analisar se a utilização de experimentos, aliada à Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, pode contribuir com o processo de aprendizagem do Eletromagnetismo, aumentando a satisfação dos alunos e seu desempenho nos processos de avaliação da disciplina de Física.

Para realizar a pesquisa, desenvolvemos e construímos uma série de experimentos de baixo custo com facilidade de montagem e aplicação, acompanhados de uma Sequência Didática dividida em quatro momentos, a fim de que possam ser utilizados nas diversas realidades de escolas do Ensino Médio. No caso dessa pesquisa, as atividades foram realizadas com duas turmas de terceiro ano do Ensino Médio/Técnico em Administração de uma Escola Técnica Estadual, localizada na cidade do Rio de Janeiro.

Fundamentação Teórica

A fundamentação teórica desta pesquisa está apoiada na teoria de aprendizagem de Gérard Vergnaud ou, como é conhecida, Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. Em sua teoria, o autor ampliou e redirecionou o foco das operações lógicas reais e das estruturas gerais do pensamento para o estudo do funcionamento cognitivo do sujeito em ação.

Plaisance e Vergnaud (2003) definem a Teoria dos Campos Conceituais como um quadro teórico que torna possível a integração, de um ponto de vista psicológico, de vários fatores considerados nos processos de ensino e de aprendizagem, quais sejam:

- a relação entre os processos a curto prazo, de aprendizado em situação, e os processos a longo prazo, do desenvolvimento cognitivo;
- a dialética entre uma visão do cognitivo em termos de competências e de esquemas, de um lado, e em termos de conhecimentos e de concepções expressas, de outro lado;
- o papel de mediações linguísticas e outras formas de mediação. (PLAISANCE; VERGNAUD, 2003, p. 75)

A Teoria de Vergnaud dá importância à interação social, à linguagem e à simbolização no progressivo e importante domínio de um campo conceitual pelos alunos, na medida em que contribuem para: “a oferta de situações favoráveis ao aprendizado, a mediação por parte das pessoas que o rodeiam, a utilização de formas linguísticas e de formas simbólicas para comunicar e representar.” (PLAISANCE; VERGNAUD, 2003, p. 65)

Vergnaud toma como premissa que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo de um longo período de tempo, pela experiência, maturidade e aprendizagem. Campo conceitual é, para ele, um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos, e operações de pensamento, conectados uns aos outros e provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição. O domínio de um campo conceitual não ocorre em alguns meses, nem mesmo em alguns anos. Ao contrário, novos problemas e novas propriedades devem ser estudados ao longo de vários anos se quisermos que os alunos progressivamente os dominem. De nada serve tentar contornar as dificuldades conceituais; elas são superadas na medida em que são encontradas e enfrentadas, mas isso não ocorre de um só golpe. (MOREIRA, 2011, p. 206)

Para Vergnaud, a conceitualização é a parte essencial dos processos cognitivos, ou seja, sua premissa ou sua pedra angular. Os conhecimentos que o aprendiz tem sobre um tema, servem como alicerce à construção do conhecimento. Para Vergnaud, mesmo que errôneos estes conhecimentos são a base para a construção do conhecimento científico do conceito estudado. Cabe aos professores um papel muito importante nesta construção, na medida em que apresentam aos alunos diferentes situações que permitam a eles a

modificação destes conceitos rumo ao conhecimento científico. Este importante papel de mediação, é de fundamental importância durante a realização deste processo de transformação e tem como finalidade principal ajudar os alunos a formar, em situação, novos esquemas.

Moreira (2011) resume a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud como:

...uma teoria cognitivista neopiagetiana que pretende oferecer um referencial mais frutífero do que o piagetiano ao estudo do desenvolvimento cognitivo e da aprendizagem de competências complexas, particularmente aquelas implicadas nas ciências e na técnica. (MOREIRA, 2011, p. 207).

Para Brun (2000), embora a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud tenha sido elaborada a fim de explicar o processo de conceitualização das estruturas aditivas e multiplicativas, ela não é específica da matemática. Ele justifica a utilização da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud no ensino das ciências da seguinte forma:

A teoria dos campos conceituais é uma teoria cognitivista que visa fornecer um quadro coerente e alguns princípios de base para o estudo do desenvolvimento e da aprendizagem das competências complexas, nomeadamente daquelas que revelam das ciências e das técnicas. (BRUN, 2000, p. 155)

Optou-se pela utilização da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud como suporte teórico deste trabalho de pesquisa pois esta teoria nos permite compreender a aprendizagem do indivíduo através de situações, ou seja, a atuação dele frente a estas situações o torna um “sujeito-em-ação”. Esta análise e investigação do “sujeito-em-ação” é o cerne da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. Para Vergnaud (2014), a análise de uma situação, sua representação e a busca/aplicação de soluções, bem como, o recomeço no caso de fracassos fazem parte do processo psicológico fundamental da vida.

Esta teoria nos permite elaborar uma série de atividades que permitem uma abordagem mais eficiente dos conteúdos desde a fase de elaboração das aulas até a fase de avaliação do aluno.

Vamos agora abordar alguns conceitos necessários para compreensão da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud: Campo Conceitual; Conceito; Situações; Esquemas; e Invariantes Operatórios.

Para Vergnaud, um campo conceitual é constituído de uma variedade de conceitos que estão interligados e se relacionam a partir das situações enfrentadas pelo sujeito ao longo de sua vida. Neste processo de busca pelo domínio destas situações, o sujeito utiliza uma série de procedimentos, representações simbólicas e concepções. Para Bittar e Muniz

(2009), um campo conceitual é ao mesmo tempo um conjunto de situações e um conjunto de conceitos.

Os campos conceituais são caracterizados pela presença de conceitos, procedimentos, linguagens e representações simbólicas e podem ser definidos como um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição. (VEGNAUD, 1982, *apud* RAUPP, 2010, p. 43)

A Teoria de Vergnaud apresenta três argumentos que justificam a utilização do Campo Conceitual como forma de análise para a questão da obtenção do conhecimento:

- a) Um conceito não se forma dentro de um só tipo de situação;
- b) Uma situação não se analisa com um só conceito;
- c) A construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo de muito fôlego, que se estende ao longo de anos, com analogias e mal-entendidos entre situações, entre concepções, entre procedimentos, entre significantes.

Vergnaud considera o campo conceitual como uma unidade de estudo para dar sentido às dificuldades observadas na conceitualização do real e, como foi dito antes, a teoria dos campos conceituais supõe que a conceitualização é a essência do desenvolvimento cognitivo. (MOREIRA, 2011, p. 209)

A conceitualização é o núcleo do desenvolvimento cognitivo, portanto faz-se necessário dar especial atenção aos aspectos conceituais dos esquemas e a análise conceitual das situações nas quais os indivíduos desenvolvem seus esquemas, quer seja na vida cotidiana ou na escola. Isto nos leva a questão de conceito de Conceito na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.

A ideia de conceito também é muito importante na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. Porém, se o intuito for o interesse pelo processo de ensino e de aprendizagem, esta ideia não pode ser reduzida apenas a uma definição, pois conceitos podem ter significados diferentes em contextos diferentes, podendo assumir sentido por meio da situação.

Para Plaisance e Vergnaud (2003), o Conceito (C) se forma a partir de um tripleto de conjuntos $C = (S, I, R)$, onde: S – (Referente) – é o conjunto de situações que dão sentido ao conceito; I – (Significado) – é o conjunto de invariantes associados aos conceitos, nos quais assenta a operacionalidade do conceito, ou o conjunto de invariantes operatórios associados ao conceito (objetos, propriedades e relações); e R – (Significante) – é o conjunto de representações linguísticas e não linguísticas que permitem

representar simbolicamente o conceito, conseqüentemente, representar as situações e os procedimentos para lidar com elas.

Para estudar o desenvolvimento e o funcionamento de um conceito durante o processo de aprendizagem, é necessário considerar estes três planos simultaneamente.

Na verdade, os significantes (símbolos ou signos) representam os significados que são eles próprios de ordem cognitiva e psicológica. O conhecimento consiste ao mesmo tempo de significados e de significantes: ele não é formado somente de símbolos, mas também de conceitos e de noções que refletem ao mesmo tempo o mundo material e a atividade do sujeito nesse mundo material. (VERGNAUD, 2014, p. 19)

Como um único conceito não se refere a um só tipo de situação e uma situação não pode ser analisada com um só conceito, é necessário falar-se em termos de Campos Conceituais. As situações são a principal porta de entrada de um Campo Conceitual, haja vista que os conceitos se tornam significativos por meio destas.

Para Moreira (2011), um Campo Conceitual é, em primeiro lugar, um conjunto de situações, cujo domínio requer o domínio de vários conceitos de naturezas distintas.

A situação ou referente é o conjunto de situações que dão sentido ao Conceito. Para Vergnaud, o conceito de situação não é o de situação didática, mas sim de tarefa. Além disso, a diversidade de situações a serem vivenciadas pelos alunos, para a construção do conhecimento, tem como fator imprescindível a efetividade deste processo de construção (BRAGA, 2004).

Outro sentido para definir situação é utilizado pelos psicólogos: “os processos cognitivos e as respostas do sujeito ocorrem em função das situações com as quais são confrontados” (VERGNAUD, 1990 *apud* RAUPP, 2010, p. 48)

Duas ideias se destacam em relação ao sentido de situações:

- a) Variedade – Em certo Campo Conceitual existe uma grande variedade de situações.
- b) Histórica – Os conhecimentos dos alunos são moldados pelas situações que encontram e progressivamente dominam, particularmente pelas primeiras situações passíveis de dar sentido aos conceitos.

Plaisance e Vergnaud (2003) ressaltam que muitas de nossas concepções vêm das primeiras situações que fomos capazes de dominar. As situações permitirão ao sujeito evocar os comportamentos e suas organizações, isto é, os esquemas, constituindo o sentido desta situação. De acordo com Vergnaud, podemos identificar duas classes de situações com as quais analisamos os processos cognitivos dos sujeitos em ação, quais sejam:

- Na primeira, o sujeito possui todas as competências necessárias para resolver uma dada situação, em um momento específico de sua aprendizagem, ou seja, ele terá condutas automatizadas que darão conta de transpor as etapas e alcançar o resultado final.

- Na segunda, o sujeito não possui todas as competências necessárias para resolver uma dada situação, os esquemas de que dispõe não darão conta de resolver o problema em questão, faz-se necessário a reflexão e a exploração a fim de lograr êxito em suas tentativas.

Para Brun (2000), é através das situações e problemas propostos que um conceito adquire sentido para o indivíduo, podendo ser teóricos ou práticos. Bittar e Muniz salientam a importância das situações dizendo: “A formação não consiste somente em palavras e textos. A confrontação a situações é indispensável” (BITTAR; MUNIZ, 2009, p. 19)

A ideia de Campo Conceitual nos levou ao conceito de conceito como um triplete (referente, significado e significante); porém, como são as situações que dão sentido ao conceito, chegamos ao conceito de situação e dele ao de esquema, pois são os esquemas evocados no sujeito que dão sentido a uma dada situação. (MOREIRA, 2011, p. 212)

Os experimentos propostos neste trabalho visam criar estas situações a fim de dar sentido aos conceitos do eletromagnetismo e, os esquemas evocados no sujeito, darão sentido às situações. Portanto, faz-se necessária a definição de esquemas, apresentada a seguir.

Em sua teoria, Vergnaud também trabalha com o conceito de esquemas, aos quais chama de organização invariante do comportamento para uma determinada classe de Situações. Segundo ele, são nestes esquemas que se devem pesquisar os conhecimentos-em-ação do sujeito, ou seja, os elementos cognitivos que fazem com que a ação do sujeito seja operatória. Para ele, esquema refere-se tanto a processos mentais inconscientes como atitudes conscientes que geram uma determinada ação.

O conceito de esquema designa essa atividade organizada que o sujeito desenvolve em face de uma certa classe de situações; e a história do sujeito pode, de alguns pontos de vista, ser descrita como a sequência das situações encontradas e progressivamente dominadas por ele. (PLAISANCE; VERGNAUD, 2003, p. 66)

Para Zanella e Barros (2014), o conceito de esquema requer mais atenção pois é o ponto mais importante para analisar como o aluno adquire conhecimento, distinguindo o conhecimento nas suas formas predicativa e operacional.

Moreira (2011) afirma que um esquema gera ações e deve conter regras, mas não é um estereótipo pois esta sequência de ações depende e está intimamente ligada aos

parâmetros da situação. Dependendo das características de cada situação particular, um esquema pode gerar diferentes sequências de ação, de coleta de informações e de controle.

O esquema é uma totalidade dinâmica funcional, uma organização invariante da conduta, quanto a uma certa classe de situações. Essa organização comporta objetivos e esperas, regras de ação, tomada de informação e de controle, e é estruturada por invariantes operatórios, isto é, conhecimentos adequados para selecionar a informação e processá-la (conceitos-em-ato e teoremas-em-ato). (PLAISANCE; VERGNAUD, 2003, p. 66).

Para Vergnaud, o desenvolvimento cognitivo do indivíduo consiste, sobretudo, do desenvolvimento de um amplo repertório de esquemas, afetando esferas distintas da atividade humana.

Para facilitar a compreensão dos esquemas, Vergnaud define aquilo que chama de ingredientes dos esquemas:

- 1) Metas e Antecipações – Um esquema se dirige sempre a uma classe de situações nas quais o sujeito pode descobrir uma possível finalidade de sua atividade e, eventualmente, submetas; pode também esperar certos efeitos e certos eventos;
- 2) Regras de Ação do Tipo “se... então” – Constituem a parte verdadeiramente geradora do esquema, aquela que permite a geração e a continuidade da sequência de ações do sujeito; são as regras de busca de informação e controle dos resultados da ação;
- 3) Invariantes Operatórios (Teoremas-em-Ação e Conceitos-em-Ação) - Dirigem o reconhecimento, por parte do indivíduo, dos elementos pertinentes à situação; são os conhecimentos contidos nos esquemas; são eles que constituem a base, implícita ou explícita, que permite obter a informação pertinente e dela inferir a meta a alcançar e as regras de ação adequadas;
- 4) Possibilidade de Inferência (ou raciocínios) – Permitem calcular, aqui e agora, as regras e antecipações a partir das informações e invariantes operatórios de que dispõe o sujeito, ou seja, toda a atividade implicada nos três outros ingredientes requer cálculos “aqui e imediatamente” em situação.

Os esquemas são frequentemente eficazes, porém, nem sempre são efetivos. A utilização de um esquema ineficaz para uma determinada situação, leva o indivíduo a mudar ou modificar o esquema. Para Moreira (2011), a relação entre situações e esquemas é a fonte primária da conceitualização, porém são os invariantes operatórios (conceitos em ação e teoremas em ação) que fazem a articulação essencial entre a teoria e a prática.

Os conhecimentos contidos nos esquemas são designados “Conceitos-em-Ação” e “Teoremas-em-Ação” ou, segundo a expressão geral, “Invariantes Operatórios”. Os

Invariantes Operatórios ou invariantes operacionais são componentes essenciais dos esquemas e determinam a diferença entre eles. Um conjunto de Invariantes Operatórios pode ser utilizado pelo sujeito para analisar e dominar uma determinada situação pois possibilitam a percepção e a busca de informações.

Teorema-em-Ação é uma proposição tida como verdadeira sobre o real. Já Conceito-em-Ação é um objeto, um predicado, ou uma categoria de pensamento tida como pertinente, relevante. Os Conceitos-em-Ação não são conceitos científicos, como de forma análoga os Teoremas-em-Ação também não podem ser considerados como princípios e leis da Física.

Para Vergnaud (2014), o desenvolvimento do pensamento se faz em etapas e certas grandes etapas são caracterizadas pela aquisição ou construção de novos invariantes operatórios.

Mota (2013) afirma que os Invariantes Operatórios são mais amplos e gerais, constituindo-se uma forma de pensamento ou expressão que utilizam termos que são contidos nos esquemas e nestes se assentam. Ainda segundo Mota (2013), a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud tem como objetivo principal a conceitualização e os conceitos, leis e princípios científicos representam apenas uma pequena parte desta conceitualização.

Conceitos e teoremas explícitos constituem apenas a parte visível do iceberg da conceitualização: sem a parte escondida, constituída pelos invariantes operatórios, esta parte visível nada seria. Reciprocamente, só podemos falar dos invariantes operatórios integrados nos esquemas com auxílio das categorias do conhecimento explícito: proposições, funções proporcionais, objetos-argumentos. (VERGNAUD, 1993 *apud* ZANELLA; BARROS, 2014, p. 21)

Para Mota (2013), em muitas das situações os alunos ainda não alcançaram maturidade cognitiva suficiente para compreender os fenômenos científicos, devido ao alto nível de abstração que exigem. Estes alunos não são capazes de explicitar os seus Conceitos-em-Ação e Teoremas-em-Ação. A falta de vocabulário adequado por parte dos alunos é uma dificuldade a ser superada nas escolas.

Segundo Braga (2004), o processo de ensino e de aprendizagem vigente, na maior parte das realidades, não oferece esta possibilidade aos alunos, ou seja, os alunos não são estimulados de forma a experimentar a diversidade de situações que, segundo Vergnaud, são imprescindíveis à construção do conhecimento.

Numa postura mais realista, o aluno deveria ser considerado como construtor do seu conhecimento. Para Vergnaud, a construção do conhecimento é um processo lento e se

processa pela resolução de problemas, no sentido mais amplo, de confronto com situações onde os conceitos são abordados (BRAGA, 2004).

A abordagem de alguns conceitos do Eletromagnetismo, a partir da utilização de experimentos de baixo custo, possibilitará ao professor trabalhar com as situações problemáticas que são citadas na Teoria de Vergnaud como essenciais ao processo de ensino e de aprendizagem. Estas situações problemáticas, proporcionadas pelos experimentos, servirão como facilitadoras no processo de construção do conhecimento dos conceitos envolvidos no processo de ensino e de aprendizagem.

A Experimentação no Ensino de Física

Já explicitado o referencial para compreensão do processo de aprendizagem, é preciso expor nossa perspectiva sobre a importância da experimentação no ensino de Física que vem sendo tema bastante discutido na área de Ensino de Física e Ciências (BORGES, 2002; WESENDONK; TERRAZZAN, 2016; FARIA; CARNEIRO, 2020).

O ensino das ciências, particularmente da Física e mais precisamente do Eletromagnetismo, tem sido realizado, na maioria das salas de aula sem a utilização de aparatos experimentais que, segundo Pereira e Aguiar (2002), são importantes ferramentas didáticas no ensino da Física.

No atual ensino da Física, as atividades experimentais, na maioria das escolas, raramente fazem parte das aulas, e quando ocorrem, estão associadas à manipulação de materiais/aparatos, limitando-se à observação superficial de fenômenos físicos, não viabilizando a necessária reflexão e as condições para desenvolver o processo investigativo. (PEREIRA; AGUIAR, 2002, p. 71).

Concordando com as atuais demandas da área, enfatizamos que a experimentação é recurso didático fundamental para o Ensino de Física uma vez que constitui o próprio processo de construção dessa Ciência. Assim, os processos de experimentação, quando bem conduzidos pelo professor, estimulam o processo de autonomia do aluno no processo de construção do conhecimento.

Para Araújo e Abib (2003) todos os autores são unânimes quanto à defesa do uso de atividades experimentais e destacam dois aspectos fundamentais pelos quais acreditam na efetividade desta estratégia: as atividades experimentais estimulam a participação ativa dos estudantes, fomentando a criatividade e envolvendo-os no processo de aprendizagem; proporcionam um ambiente motivador, estimulante e agradável, rico em situações

desafiadoras que, quando bem trabalhadas pelo professor, tornam a aprendizagem mais significativa.

Entendemos ainda, concordando com Séré *et al.* (2003), que um experimento pode ser concebido considerando-se diferentes abordagens. Ao diversificar as atividades e abordagens, cria-se no aluno motivação e interesse para as atividades experimentais e, segundo os autores, “Concebe-se a experimentação como uma forma de favorecer o estabelecimento de um elo entre o mundo dos objetos, o mundo dos conceitos, leis e teorias e o das linguagens simbólicas” (SÉRÉ *et al.*, 2003, p. 30).

Partimos da hipótese de que a Conceitualização, possibilitada a partir da realização de experimentos de baixo custo, durante as aulas de Física que abordem o conteúdo do Eletromagnetismo, facilita e torna mais efetivo o processo de aprendizagem dos conceitos envolvidos bem como permite e aprimora o trabalho de medição professor/aluno e aluno/aluno.

Metodologia

Entendemos que a prática docente é uma prática social e, por isso, buscamos levar em conta suas condições sociais de produção, adotando uma linha qualitativa de pesquisa, ou seja, “uma metodologia de investigação que respeite sua natureza” (PÉREZ-GÓMEZ, 1998, p. 99).

A pesquisa foi desenvolvida a partir de um estudo de caso que, segundo Ludke e André (2013), precisa ser bem delimitado, com contornos bem definidos no desenrolar do estudo. Nosso caso foi, especificamente, duas turmas de terceiro ano do Ensino Médio/Técnico em Administração de uma Escola Técnica Estadual, localizada na cidade do Rio de Janeiro.

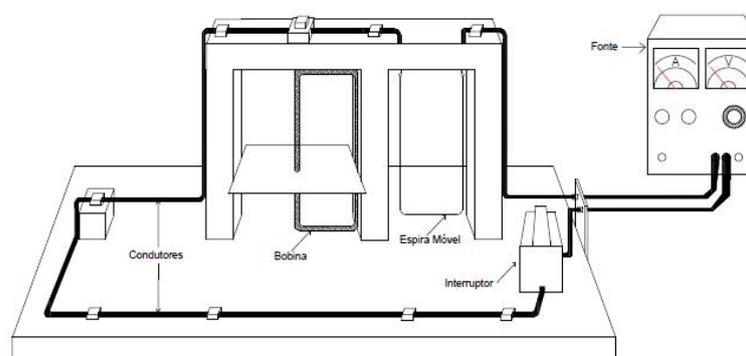
A abordagem metodológica deste trabalho, por ser de cunho qualitativo, da forma estudo de caso, envolveu a coleta de informações em campo, ou seja, nas salas de aulas no momento em que as atividades foram desenvolvidas.

Antes da realização da Sequência Didática, envolvendo quatro momentos, foi aplicado um questionário aos alunos, com diversas questões, abertas e fechadas, a fim levantar seus conhecimentos sobre o assunto. Em seguida foi aplicada a Sequência Didática com os experimentos nas duas turmas, realizados em quatro momentos distintos para cada turma. Para a coleta, nesse momento, foi utilizada a técnica da observação que, segundo Martins (2008), é um procedimento empírico de natureza sensorial que permite a

coleta de informações, envolvendo a percepção sensorial do observador distinguindo-se, enquanto prática científica, da observação rotineira. Com auxílio de uma câmera de vídeo, todos os encontros foram gravados e posteriormente transcritos para texto e separados em turnos de fala, onde a participação dos alunos e do professor pode ser identificada. Este instrumento permite observar fala e gestos dos alunos e do professor durante o processo de mediação.

Para aplicação dos experimentos foi desenvolvido um Kit Experimental, considerando a utilização de materiais de baixo custo e facilidade de montagem. A vista geral do Kit Experimental é mostrada na figura 1.

Figura 1: Vista Geral do Kit Experimental



(Fonte: Os autores)

Posteriormente à realização dos experimentos, ao final dos quatro momentos, o mesmo questionário inicialmente aplicado aos alunos, foi reaplicado, a fim de gerar informações sobre como a implementação destas práticas impactaram no processo de aprendizagem, buscando analisar se houve evolução dos alunos em relação aos conceitos trabalhados. Segundo Martins (2008), a utilização de questionários é um importante e popular instrumento de coleta de informações.

Buscando compreender o significado que os alunos atribuíram à realização das atividades, bem como, inferir sobre sua satisfação, foi realizada uma entrevista coletiva, que, segundo Martins (2008), deve ser realizada com base nas suposições e conjecturas do pesquisador. Para o autor, as entrevistas permitem levantar motivações, percepções e atitudes dos entrevistados em relação ao objeto de pesquisa. Esta entrevista foi aplicada a um grupo de dez alunos (cinco de cada turma), entrevistados em momentos distintos e escolhidos aleatoriamente. As entrevistas também foram gravadas e transcritas para análise.

As análises dos diálogos nas entrevistas e das gravações se apoiou na necessidade de valorizar a mediação entre falante e ouvinte, num processo de interação ativa. Vergnaud considera a mediação como fator essencial na medida em que esta estimula os sujeitos, falantes e ouvintes/alunos e professor, a formar, em situação, novos esquemas.

Buscamos, com esta diversidade de fontes de informações (questionários, observação e entrevistas), possibilitar visões distintas do mesmo fenômeno, aumentando com isso a credibilidade das evidências. Esta diversidade de fontes de informação possibilitou uma triangulação de dados que, segundo Carvalho (2005), valida nossas análises.

Análise dos Dados

A análise de dados foi realizada a partir da organização de todas as informações coletadas durante o processo e se baseou em um modelo clássico, criado, pelo autor, fundamentado na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. Este modelo visou identificar, a partir das situações proporcionadas pelos experimentos de baixo custo, os sujeitos-em-ação, analisando seus invariantes operatórios e esquemas.

Esta análise foi realizada com base nas respostas dos questionários aplicados, relato das observações obtidas durante o acompanhamento da realização das práticas experimentais a partir dos vídeos que foram gravados e relatos das entrevistas realizadas. Vamos, aqui, nos restringir ao encontro 1 tendo em vista a grande quantidade de dados.

Análise do Encontro 1

Em vários momentos das transcrições, podemos observar os invariantes operatórios demonstrados pelos alunos, muitas vezes errados, mas que, à luz da teoria de Vergnaud, também são importantes pois podem ser trabalhados pelo professor a fim de evoluírem para teoremas ou conceitos científicos.

Para Rekovvsky (2012), os erros são compreensíveis na perspectiva do referencial de Vergnaud, pois, para ele, um campo conceitual, por exemplo o do Eletromagnetismo, não se pode ensinar de imediato, apenas com alguns exemplos ou aplicações a poucas situações, mas vai se formando, com acertos e erros, durante a trajetória de um aprendiz.

Durante a aplicação dos experimentos na turma B, acidentalmente um dos alunos quebra um dos imãs, fato que foi utilizado imediatamente pelo professor para trabalhar o conceito de inseparabilidade dos polos, sem apresentar a ideia pronta, questionando seus alunos sobre o fenômeno. Assim, o professor indaga: “Ah, isso aí é o que?” Imediatamente,

a aluna B6 responde: “Inseparabilidade dos polos.” A situação criada pela quebra acidental do imã e aproveitada pelo professor, proporcionou a primeira observação do sujeito-em-ação, pois, observa-se pela gravação que, ao mesmo tempo em que o aluno externa o conceito da inseparabilidade dos polos, manipula as partes formadas com a quebra, trabalhando o conceito. Na mesma aula, o professor começa a trabalhar com a bússola, a fim de que, com seu auxílio, os alunos determinem os polos de um imã. O aluno B6 responde: “Não tinha de pendurar ele?”. Ao mesmo tempo, o aluno aproxima o imã da bússola sugerindo suspendê-lo com auxílio de uma linha a fim de que este se oriente com o ponteiro da bússola. Nesta situação inferimos que o aluno demonstrou seus esquemas para resolver a situação. A análise gestual, sugerindo a suspensão do imã, também ajuda a demonstrar seus invariantes operatórios. A situação é mediada pelo professor, e após várias tentativas o aluno B5 consegue concluir sobre o polo do imã em forma de barra, dizendo: “Se não está pra cá isso aqui é o Sul”. Nota-se a importância da mediação do professor na condução do grupo à resposta correta, mediação essa facilitada pelas situações possibilitadas pelo experimento.

Durante a aplicação dos experimentos na turma A, trabalhando o conceito de campo magnético, o professor indaga sobre o espectro do campo magnético e diz: “Bom, estamos falando de campo, mas até agora a gente não viu o campo, e como se vê o campo, estamos falando que o imã cria um campo magnético a volta dele, mas esse campo a gente não está vendo, como ver o campo?” Imediatamente, após a fala do professor, o aluno A6 responde: “Bota um pozinho.” O aluno externa seu esquema para resolver a situação apresentada pelo professor, embora ainda não tenha muita certeza sobre que tipo de material utilizar. Mais uma vez o professor exerce seu papel de mediação indagando sobre o tipo de pó a ser utilizado. O aluno A3 conclui: “Só metal. Pó de metal?”. Neste momento o professor oferece aos alunos um pote com limalhas de ferro e uma folha de papel. Por tentativas, os alunos começam a salpicar a limalha de ferro sobre a folha de papel, em diversas posições da folha em relação ao imã até que chegam a uma posição ideal em que o espectro formado pelas linhas de campo fica bem mais visível. Esta conquista é anunciada pelo aluno A9: “Agora aquele ali, olha só, olha só gente!”. Nos turnos de fala seguintes vários alunos manipulam os objetos repetindo o experimento.

Trabalhando ainda com o conceito de campo magnético o professor indaga sobre o sentido das linhas de campo e pergunta: “Como é a disposição das linhas de campo ao redor do imã? Aquele imã em forma de barra, primeira no meio, como é a disposição das linhas de campo ao redor do imã?”. O aluno A8 responde: “De fora”. Ao mesmo tempo o

aluno A2 gesticula com a mão, demonstrando sua forma circular e concêntrica e, em seguida, após algumas intervenções do professor, responde: “Mas se eu não me engano são do Norte para o Sul, como esse pedaço aqui viesse para cá, como se fosse...”.

Na teoria de Vergnaud, a observação dos gestos também é fator importante pois permite ao professor analisar no aluno fatores que, às vezes, sua dificuldade de linguagem não permite externar. Mais uma vez percebemos a importância da manipulação dos experimentos, bem como da mediação do professor com vistas a possibilitar a evolução dos invariantes operatórios demonstrados inicialmente pelos alunos para teoremas e conceitos mais próximos dos científicos. Há uma certa dificuldade por parte dos alunos em expressar, através da linguagem natural, seus teoremas-em-ação, mesmo que consigam resolver as situações propostas. À luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, a observação do sujeito-em-ação, frente às situações possibilitadas pelos experimentos de baixo custo, permitiu ao professor identificar e trabalhar estes teoremas-em-ação. Pode-se observar também, a partir dos turnos de fala o caráter dialógico potencializado pela prática da experimentação.

Análise dos Questionários

A análise dos questionários aplicados em dois momentos distintos aos alunos, antes e posteriormente a realização dos experimentos de baixo custo, permitiu constatar que houve uma ampliação no domínio dos conceitos envolvidos durante a realização das atividades. Notou-se um aumento na quantidade de acertos nas questões, bem como uma redução na quantidade de questões que foram deixadas em branco.

Apresentamos aqui dois exemplos referentes ao encontro 1. No primeiro exemplo, as definições de campo magnético evoluíram, em alguns casos, para o conceito científico. Podemos verificar as respostas do aluno B2 antes e depois da aplicação dos experimentos, respectivamente mostradas nas figuras 2 e 3.

Figura 2: Resposta Aluno B2 Questão 7 Antes da Realização do Experimento.

7) Descreva, com suas palavras, campo magnético:
É a área de maior magnetismo.

(Fonte: Dados da pesquisa)

Figura 3: Resposta Aluno B2 Questão 7 Após a Realização do Experimento.

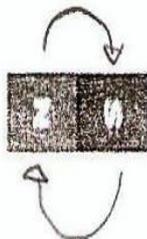
7) Descreva, com suas palavras, campo magnético:

É a área que envolve os ímãs, representando a zona de influência dos ímãs.

(Fonte: Dados da pesquisa)

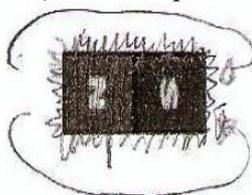
O segundo exemplo é referente à visualização feita pelo aluno A4 das variáveis envolvidas, antes e após a atividade, conforme figuras 4 e 5 a seguir.

Figura 4: Resposta Aluno A4 Questão 9 Antes da Realização do Experimento.



(Fonte: Dados da pesquisa)

Figura 5: Resposta Aluno A4 Questão 9 Após a Realização do Experimento.



(Fonte: Dados da Pesquisa)

Análise das Entrevistas

Quando solicitados a comparar as aulas com enfoque experimental desenvolvidas com as aulas tradicionais, os entrevistados das duas turmas foram unânimes pela escolha das aulas com enfoque experimental.

Na turma A, o aluno A4 diz: “A experiência faz a gente aprender melhor, porque a gente põe em prática aquilo que aprendeu”. O aluno A1 completa: “É mais dinâmico também, ajuda até a fixar a matéria que quando escreve esquece de tudo”. Na turma B, o aluno B3 salienta: “Eu acho que positivo é porque a gente consegue ver o que realmente a gente está aprendendo...”. Pelas falas nota-se que, embora não tenham plena noção do que é conceitualização, a consideraram como um fator importante para sua aprendizagem. Também podemos observar que as falas vão ao encontro da teoria de Vergnaud na medida em que as situações proporcionadas pelos experimentos deram sentido aos conceitos que alunos tinham sobre o assunto.

Quando indagados se a realização de experimentos de baixo custo contribuiu para a compreensão dos conceitos físicos envolvidos, especificamente os conceitos do Eletromagnetismo, também foram unânimes na resposta. Consideraram a realização dos experimentos de baixo custo uma ferramenta importante no processo de construção do

conhecimento. Quando questionado se a realização facilita a visualização, o aluno B1 responde: “Quando você vê uma coisa acontecendo na sua frente é muito mais marcante”. Na turma A, o aluno A1 responde: “A gente viu como a coisa acontece em si, como a função, movimento, a corrente elétrica, a gente não viu só o esboço no papel, a gente viu acontecendo”. Vemos aqui como a criação de situações, possibilitadas pela experimentação, contribui para uma melhor visualização das variáveis envolvidas.

Continuando a entrevista, o pesquisador questiona quais outras ações poderiam ser adotadas pelos professores, com vistas a tornar o processo de aprendizagem efetivo. Os dois grupos foram unânimes quando apresentaram as propostas com enfoque mais prático e dinâmico. Aluno A1: “Ter aulas mais dinâmicas” e B1: “...seria bom que cada matéria que os professores dessem eles dessem também uma aplicação prática de como a gente pode usar na nossa vida, porque o que os professores fazem agora é tipo dar a matéria e falar, o que dessa matéria pode cair no ENEM...”. A fala do aluno B1 vai ao encontro de muitas pesquisas, que têm sido realizadas em relação os conteúdos dos livros didáticos, cujo enfoque vem se alinhando, cada vez mais, com as provas de ENEM e Vestibulares, por exemplo, a pesquisa de Ricardo (2009) onde o autor levanta uma série de questionamentos sobre a efetividade deste processo de alinhamento.

Podemos inferir, pela análise desta entrevista, que os alunos demonstraram interesse e mostraram-se satisfeitos com a realização das aulas experimentais, apontando-as como fator motivador e facilitador da aprendizagem.

Considerações Finais

Assim, as análises permitiram compreender a complexidade do processo de aprendizagem dos alunos quando confrontados com as situações, criadas e mediadas pelo professor, durante a realização dos experimentos. Pôde-se perceber, que as situações facilitaram a explicitação das ideias e dos conceitos construídos por parte dos alunos, possibilitando a observação dos sujeitos-em-ação, com vistas a pontuar suas dificuldades e progressões na aprendizagem. A observação dos gestos também foi um fator importante, pois permitiu ao pesquisador analisar fatores que poderiam não ser externados verbalmente, principalmente com relação a alguns conceitos físicos. Pôde-se observar também, a partir dos turnos de fala, uma perspectiva dialógica valorizada nas atividades.

Assim, as situações criadas estimularam a exposição dos conceitos prévios que os alunos possuíam sobre o tema, gerando a construção dos esquemas, descritos na teoria de

Vergnaud, pelos alunos, sujeitos-em-ação, ao longo das atividades propostas, e possibilitando a estes, externar seus invariantes operatórios. A identificação destes invariantes operatórios são fundamentais para que o professor estabeleça um processo de mediação conduzindo a construção de conceitos científicos.

Referências

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino da Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

BITTAR, M.; MUNIZ, C. A. *A Aprendizagem Matemática na Perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais*. Curitiba: CRV, 2009.

BORGES, T. Novos rumos para o Laboratório escolar de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dezembro 2002.

BRAGA, M. de M. *O Eletromagnetismo Abordado de Forma Conceitual no Ensino Médio*. 2004. 142f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

CARVALHO, A. M. P. de. *Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias*. São Paulo: Papirus, 2005.

BRUN, J. *Didáctica das Matemáticas*. Lisboa: Horizontes Pedagógicos, 2000.

FARIA, F. P.; CARNEIRO, M. C. O papel da experimentação na história do Ensino de Física no Brasil. *Debates em Educação*, Maceió, v. 12, n. 26, Jan./Abr, 2020.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 2013.

MARTINS, G. de A. M. *Estudo de Caso: uma estratégia de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2008.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. *Estudos Avançados* v. 32, n. 94, 2018.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo; EPU, 2011.

MOTA, A. T. *Ensino e Aprendizagem da Astronomia Apoiado Pelas Tecnologias da Informação e Comunicação*. 2013, 159f, Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino das Ciências), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2013.

PEREIRA, D. F. O.; AGUIAR, O. Ensino de Física no Nível Médio: Tópicos de Física Moderna e Experimentação. *Revista Ponto de Vista*, v. 3, p. 65-81, 2002.

PÉREZ-GÓMEZ, A. I. Compreender o Ensino na Escola: modelos metodológicos de investigação educativa. In: PÉREZ-GÓMEZ, A. I.; SACRISTÁN, J. G. *Compreender e transformar o ensino*. 4. ed. Artmed, 1998.

PLAISANCE, E.; VERGNAUD, G. *As Ciências da Educação*. São Paulo: Loyola, 2003.

RAUPP, D. T. *Um Estudo de Caso Sobre a Compreensão de Conceitos Químicos Mediante Visualização de Representações Computacionais 3D Utilizando o Referencial Teórico dos Campos Conceituais*. 2010, 108f, Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino das Ciências e Matemática) – Diretoria de Pós-Graduação – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2010.

REKOVVSKY, L. *Física na Cozinha*. 2012, 109f, Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino das Ciências), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

RICARDO, E. C. Políticas Curriculares e o ENEM: Perspectivas de Implementação no Contexto Escolar: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 7. *Anais...* Florianópolis, ENPEC, 2009.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da Experimentação no Ensino da Física. *Caderno Brasileiro de Ensino da Física*, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.

VERGNAUD, G. *A Criança, a Matemática e a Realidade*. Curitiba: Editora da UFPR, 2014.

WESENDONK, F. S.; TERRAZZAN, E. A. Caracterização dos focos de estudo da produção acadêmico-científica brasileira sobre experimentação no Ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 3, p. 779-821, dez. 2016.

ZANELLA, M. S.; BARROS, R. M. de O. *Teoria dos Campos Conceituais: Situações Problemas da Estrutura Aditiva e Multiplicativa de Naturais*. Curitiba: CRV, 2014.

Recebido em: 12 de setembro de 2020
Aprovado em: 08 de dezembro de 2020
Publicado em: 23 de dezembro de 2020