



A evolução do entendimento dos estudantes sobre o funcionamento do circuito elétrico simples em uma estrutura curricular recursiva

The evolution in the understanding of the students about the simple electrical circuit in the recursive structure curriculum

Geide Rosa Coelho

Centro de Educação/Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física/UFES
geidecoelho@gmail.com

Oto Borges

Colégio Técnico e Programa de Pós-Graduação em Educação da UFMG
onborges@gmail.com

Resumo

Relatamos um estudo sobre o entendimento dos estudantes sobre a física envolvida no funcionamento de um circuito elétrico simples. Detivemo-nos a investigar: (i) a mudança no entendimento dos estudantes sobre o funcionamento de circuito elétrico simples; (ii) o patamar de entendimento dos mesmos, sobre essa temática, ao final da terceira série. Desenvolvemos um instrumento qualitativo e criamos um sistema categórico hierarquizado constituído de quatro modelos sobre circuito elétrico simples. O mesmo instrumento foi aplicado em duas ocasiões distintas, em um intervalo de 10 meses, dessa forma tivemos acesso ao entendimento dos estudantes ao iniciar e ao encerrar o ano letivo. Os resultados indicam que os estudantes, ao encerrar a terceira série possuíam maior representatividade no modelo que reconhece a diferença de potencial de uma fonte como agente responsável pela corrente elétrica estabelecida no circuito. Destacamos também as evoluções dos estudantes em direção ao modelo mais acurado do nosso sistema categórico.

Palavras-chave

Ensino de Física; currículo recursivo; modelos hierárquicos; circuito elétrico simples.

Abstract

We report on this document an understanding of the students regarding physical involvement in the operation of a simple electrical circuit. We investigate: (i) the change in the understanding of the students about the operation of a simple electrical circuit; (ii) the level of understanding seen from the students about the subject at the end of the 3rd year. We develop a qualitative tool and we create a categorical hierarchical system with four different models about the simple electrical circuit. The same tool was used in two different opportunities with a break of ten months each, so we could see the students understanding in the beginning and at the end of the third year of high school. The results indicate that students, by the end of the third year they have a greater representation in the model that recognizes the difference in potential as a source of a responsible agent of the electrical current established in the circuit. We emphasize also the significant development of the students toward the more accurate model of our categorical system.

Key Words

Physics Teaching; recursive curriculum; hierarchical models; simple electrical circuit.

Introdução

Neste trabalho, relatamos um estudo sobre o entendimento dos estudantes em relação à física envolvida no funcionamento de um circuito elétrico simples. Detivemo-nos a investigar: (i) a mudança no pensamento dos estudantes sobre o funcionamento de circuito elétrico simples, ao longo da terceira série do Ensino Médio; (ii) o patamar de entendimento dos estudantes sobre essa temática, ao final da terceira série. Para avaliar o entendimento dos estudantes sobre essa temática, desenvolvemos um instrumento qualitativo e criamos um sistema categórico baseado em modelos hierárquicos para analisar suas respostas.

O entendimento dos estudantes sobre eletricidade tem sido amplamente estudado por mais de três décadas (CLOSSET 1983; GENTNER e GENTNER 1983; OSBORNE 1983; SHIPSTONE 1984,1988; MILLAR e KING 1993; MILLAR e LIM BEH 1993; DRIVER et al., 1994; DUIT e RHONECK 1998; FURIÓ e GUIASOLA, 1998; BORGES 1999; FURIÓ e GUIASOLA, 2001; FURIÓ et al., 2003; CEPNI e KELES 2006; COELHO e BORGES, 2006). Essas pesquisas são em geral exploratórias e descritivas e investigam desde as noções mais simples sobre eletricidade, tratadas no ensino fundamental, até noções mais sofisticadas tratadas no ensino secundário ou até mesmo no nível universitário. O leitor interessado em uma revisão dessas pesquisas pode encontrá-la em Coelho (2007).

Alguns dos estudos descritos anteriormente têm mostrado que a compreensão dos estudantes melhora com a idade e a instrução, e que eles tendem a abandonar modelos mais simples em favor de outros mais sofisticados (OSBORNE 1983; SHIPSTONE 1984, CEPNI e KELES, 2006). Nessa perspectiva, a habilidade em explicar um fenômeno evolui à medida que o indivíduo adquire modelos mais sofisticados sobre os conceitos envolvidos nesse fenômeno. Consideramos que essa evolução pode ocorrer devido ao maior conhecimento, por parte do indivíduo, dos conceitos envolvidos no fenômeno proposto e pela instrução à qual ele é submetido.

O instrumento qualitativo utilizado nesse estudo faz parte de uma pesquisa instrumental mais ampla, na qual procuramos desenvolver instrumentos qualitativos e quantitativos para acessar o entendimento conceitual dos estudantes e avaliar sua aprendizagem em física. Além do instrumento utilizado nesse estudo, desenvolvemos outro instrumento para acessar o entendimento dos estudantes sobre a natureza da luz, que está relatado em outro artigo (COELHO e BORGES, 2007). Esses instrumentos de coleta de dados permitem obter resultados de forma rápida e simples de ambientes reais de aprendizagem e possibilitam consorciar técnicas qualitativas e quantitativas para análise dos dados.

O contexto da Pesquisa: O currículo em espiral

Essa investigação foi realizada em um ambiente curricular, no qual os conteúdos de física são organizados de forma recursiva e em uma estrutura espiralada de três níveis. Dessa forma, os estudantes fazem um “passeio” pelas diversas temáticas da Física, com diferentes níveis de complexidade em cada uma das três séries do Ensino Médio.

Nessa estrutura curricular os conceitos não são esgotados em um primeiro momento e os estudantes não têm, necessariamente, que aprender um determinado conteúdo em seu primeiro contato, pois haverá oportunidade de revê-lo nas outras séries aumentando as chances de aprendizagem de conceitos físicos.

A noção de organização do currículo em espiral foi proposta pelo psicólogo Jerome Bruner, em seu livro “O processo da educação” Este livro foi elaborado a partir das discussões ocorridas na famosa conferência de Woods Hole e como na conferência são abordados quatro temas em seu livro: a estrutura das disciplinas, a teoria de aprendizagem, a natureza do pensar e a motivação para aprender. Nas discussões sobre a teoria da aprendizagem, o autor propõe a idéia do currículo em espiral, partindo da premissa que qualquer assunto pode ser ensinado de forma honesta a qualquer criança em desenvolvimento respeitando o seu modo de pensar. Sobre o ensino de ciências ele afirma:

“se considera crucial a compreensão de número, medida ou probabilidade na busca da ciência, então a instrução nesses assuntos deverá ser iniciada tão cedo e de maneira intelectualmente mais honesta possível e consistentemente com as formas de pensar da criança, deixando que os tópicos sejam desenvolvidos varias vezes em graus posteriores (...).” (BRUNER, 1968, p.49)

O trecho acima capta parte da essência presente na estrutura do currículo recursivo e espiralado.

Na Instituição Federal de Ensino (IFE), na qual essa pesquisa foi realizada, tentou-se organizar os conteúdos temáticos da Física em uma estrutura seqüencial de três níveis, com recursividade temática. Dessa forma, nas primeiras duas séries os estudantes deveriam cobrir todo o conteúdo da Física, como contido em um livro de Ensino Médio de volume único. No entanto, nestas duas séries os temas não foram organizados seqüencialmente. Houve uma preocupação de variar os temas e postergar o ensino de

conteúdos que exigiam maior competência matemática para o final da primeira série, ou mesmo para a segunda série. Na terceira série os estudantes deveriam rever pelo menos os principais temas da Física, porém com uma abordagem mais aprofundada em cada temática reestudada. O tema eletricidade, domínio investigado nesse estudo, foi abordado nos três níveis do currículo.

A instituição na qual foi realizada a pesquisa não era a única a apresentar essa estrutura curricular para a disciplina Física. A partir de 2006, a Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais (SEE/MG), passou a adotar em suas escolas, essa estrutura curricular para o Ensino Médio, não somente para a disciplina Física, mas para todos os domínios de conhecimento.

Vaz e cols. (2003) apontam como vantagens dessa estrutura curricular: (i) a possibilidade do estudante ter uma visão geral de toda Física logo no primeiro ano; (ii) o potencial do aumento do interesse e a motivação dos estudantes já que vários assuntos seriam trabalhados- o que permitiria ajustar o conteúdo que estaria sendo ensinado com os interesses dos estudantes; e (iii) maior probabilidade de que os estudantes alcançassem uma acepção científica dos conceitos uma vez que eles retomariam esses conceitos em diferentes momentos de sua formação.

Como parte do esforço de desenvolver o terceiro nível do currículo, buscou-se não apenas redesenhar os ambientes de ensino, mas procurou-se coletar dados, em situações ecologicamente válidas, para informar sobre o progresso dos estudantes e sobre os efeitos desses ambientes no qual realizaram-se modificações. A análise deste tipo de dado permite não apenas atuar redirecionando nossa ação mais imediata, mas também nos permite acumular evidências sobre as vantagens, ou desvantagens, da adoção de um currículo recursivo e em espiral, para organizar o curso de Física no nível médio. No presente trabalho, apresentamos a análise de dados coletados para acessar o entendimento dos estudantes do terceiro nível do currículo recursivo, sobre a física envolvida no funcionamento do circuito elétrico simples.

A organização do ambiente de aprendizagem no terceiro nível do currículo recursivo

O projeto de um ambiente de aprendizagem, não pode ser uma tarefa abstrata e descolada do ambiente escolar real. Como todo projeto, o de um ambiente de aprendizagem também deve responder a certas demandas da prática, objetivos pretendidos, limitações de recursos humanos, materiais, financeiros e principalmente, limitações de tempo. O ambiente que foi projetado para o terceiro nível do currículo recursivo buscou, dentre outros, atender aos seguintes propósitos: (i) o desenvolvimento das habilidades de leitura e escrita entre os estudantes; (ii) o desenvolvimento do hábito de estudo sistemático e regular; e (iii) reorganização do currículo para torná-lo mais atraente para todos, respeitando a diversidade de interesses e de ritmos de aprendizagem dos estudantes.

Uma das principais modificações introduzidas no ambiente foi a abordagem de ensino centrada no estudante, no qual utilizou-se o máximo de recursos disponíveis. Consideramos que a abordagem centrada no aluno desempenha um papel importante

no processo de ensino e aprendizagem, pois através dela, incentivamos a manutenção de uma rotina de estudo persistente e tentamos convencer o estudante que o sucesso em Física depende de seu engajamento nos estudos.

Durante as aulas de Física, o tempo de exposição oral feita pelo professor era pequeno e praticamente todo tempo da aula era dedicado para leitura de textos, discussão com os colegas sobre o texto, resolução de esquemas e exercícios, realização de atividades experimentais, uso de simulações, testes no final da aula. As atividades projetadas tinham o intuito de estimular a leitura e a escrita; de favorecer melhoras na interpretação e compreensão de textos científicos e de exercícios. Além disso, essas atividades proporcionavam oportunidades para identificar as dificuldades dos estudantes.

Delimitação metodológica

Sujeitos da pesquisa

Participaram dessa pesquisa 134 estudantes da 3ª série, correspondendo ao terceiro nível do currículo recursivo, de uma instituição federal de ensino (IFE). Ela oferta, desde 1998, Ensino Médio e Ensino Tecnológico de nível Médio (ETM) nas modalidades de Eletrônica, Instrumentação, Patologia Clínica e Química¹. Havia duas formas de ingresso nesta escola: concurso público para o curso Tecnológico de nível Médio (ETM), e por mera progressão do ensino fundamental para o Ensino Médio (EM). A última forma só era acessível aos estudantes de uma escola de educação fundamental mantida pela mesma IFE. Essa diferenciação por curso, na história da escola e na opinião informal dos professores, reflete em diferentes vocacionamentos em relação à Física. Uma pessoa é vocacionada se ela apresenta uma disposição cognitiva, afetiva que orienta o seu interesse e o seu engajamento no sentido de uma atividade, neste caso de estudar e aprender Física. Além dessa, há uma diferenciação devido a um sistema de cotas socioeconômicas adotado desde 1972.

Os estudantes que cursavam ETM ingressavam na escola sem optar pelas modalidades de cursos técnicos. O currículo da primeira série era comum a todos os cursos e turmas. Ao final da primeira série os estudantes de ETM optavam por um dos cursos técnicos ofertados e, se necessário, eram selecionados com base nos desempenhos das diversas disciplinas. A partir da segunda série, a escola adotava um esquema de turmas segundo o curso, tanto nos cursos técnicos quanto no Ensino Médio. As atividades de Ensino Médio concentravam-se em um dos turnos, e as atividades de ensino técnico no outro. Os currículos para os estudantes de ETM tornavam-se diferenciados a partir da segunda série, mas apenas no que diz respeito ao ensino técnico. O Ensino Médio continuava o mesmo para todas as turmas.

No caso da disciplina Física, os estudantes de todas as turmas de cada série eram ensinados respeitando-se o mesmo programa de conteúdos e de atividades, apesar dos professores serem diferentes. Ao final da segunda série os estudantes já tinham

¹ No final do ano de 2008 foi aprovado o curso ETM de Informática, que começou a vigorar a partir do ano letivo de 2009.

estudado todos os conteúdos de Física usuais em programas de Ensino Médio e em um nível compatível com um livro texto de volume único. Em atividades de sala de aula tiveram o equivalente a uma carga horária de 4 horas semanais, sendo que 1 hora em atividades práticas no laboratório. Em cada série os estudantes eram avaliados por instrumentos comuns e, alguns deles, aplicados na mesma ocasião.

No caso da série investigada, a presença de estudantes repetentes era residual. Assim podemos assumir que, em geral, os estudantes entraram na escola em 2003. A série estava organizada em 6 turmas de Ensino Médio: uma para o Ensino Médio (21 estudantes), uma para os estudantes do curso técnico de Química (31 estudantes), uma para os estudantes do curso técnico de Patologia Clínica (23 estudantes), duas para os estudantes do curso técnico de Eletrônica (17 e 18 estudantes) que, para fins de análise, foram agrupadas em uma única turma, e uma para os estudantes do curso técnico de Instrumentação Industrial (24 estudantes). Uma caracterização mais ampla das experiências escolares dos estudantes não pode ser dada. Entretanto, mencionamos as variáveis que nos parecem relevantes para o nosso estudo.

Dos 134 estudantes da terceira série do Ensino Médio, analisamos os dados de 106 estudantes. Essa diferença entre o total de estudantes da série e os estudantes efetivamente investigados, se deve ao fato de alguns estudantes não participarem dos dois momentos medida.

Instrumento de coleta de dados e a lógica de investigação

Para acessar o entendimento dos estudantes sobre a física envolvida no funcionamento de circuito elétrico simples, desenvolvemos um instrumento qualitativo. Esse tipo de instrumento permite explicitar o entendimento dos estudantes através de modelos que eles utilizaram em suas explicações.

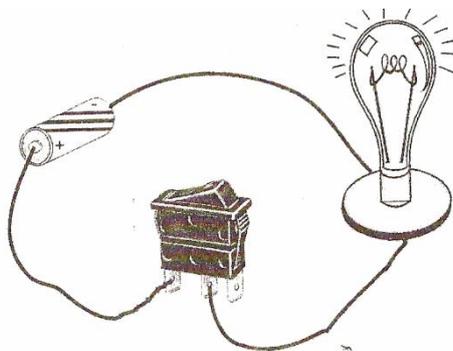


Figura 1: Circuito elétrico simples.

O instrumento consiste em uma tarefa envolvendo uma dissertação sobre uma situação física. Nessa dissertação os estudantes tiveram que responder a seguinte questão: *Uma ação cotidiana e corriqueira é apertar um interruptor e acender uma lâmpada, no teto ou no abajur. A figura mostra um modelo mais simples dessa situação: uma pilha comum está ligada a um interruptor e a uma lâmpada de lanterna. Ao pressionar o interruptor a lâmpada acende. Redija um texto explicando, de forma mais clara possível, tudo o que ocorre na pilha, fios, interruptor e na lâmpada quando ela está acesa.*

Testamos os estudantes da terceira série em duas ocasiões distintas, com um intervalo de 10 meses. Em cada uma dessas ocasiões os estudantes realizaram a mesma tarefa, apresentada da mesma forma. A primeira aplicação foi feita logo no início do ano letivo, quando os estudantes ainda não tinham reestudado o conteúdo de eletricidade naquele ano (como o currículo está organizado em uma espiral de três níveis, os estudantes já tiveram contato com essa temática nas duas primeiras séries do Ensino Médio). A segunda aplicação foi feita no final do ano letivo, quando os estudantes já tinham feito o último contato com o conteúdo, fechando assim o ciclo do currículo espiral.

Determinamos o patamar de entendimento dos estudantes sobre o funcionamento de circuito elétrico simples, realizando uma análise de frequência dos modelos mobilizados pelos estudantes na segunda ocasião de medida.

Análise dos dados

A análise dos dados foi conduzida conciliando métodos qualitativos e quantitativos. Em um primeiro momento apresentamos a análise qualitativa utilizada para a construção do nosso sistema categórico (que foi fundamentado em termos dos modelos hierárquicos sobre circuito elétrico) e também na apresentação de respostas típicas que exemplificam cada uma das categorias. Em um segundo momento, descrevemos o tratamento quantitativo utilizado com o intuito de coletar evidências sobre o patamar de entendimento dos estudantes ao final da terceira série do Ensino Médio e sobre o desenvolvimento do entendimento dos estudantes ao longo da série investigada.

Análise qualitativa

Criação do sistema categórico

Antes de iniciarmos a análise dos dados, realizamos um procedimento para o mascaramento dos estudantes, por isso, cada estudante foi identificado por um código constituído por uma letra e uma seqüência de três números. Esse procedimento foi importante por dois motivos principais: (i) Como éramos professores de quatro turmas que fizeram parte desse estudo, esse procedimento nos permitiu evitar qualquer viés interpretativo durante a nossa análise, mesmo considerando que as respostas dos estudantes foram analisadas no ano posterior à coleta de dados, (ii) tínhamos o compromisso de manter a privacidade e anonimato dos sujeitos participantes do estudo.

Uma primeira leitura das respostas dos estudantes foi realizada, para elencar as diversas concepções sobre a física envolvida no funcionamento de um circuito elétrico simples. Uma segunda leitura foi feita, para verificar a existência de novas concepções que não foram apreendidas durante a primeira leitura. Depois do levantamento das concepções dos estudantes, iniciamos o processo de construção do nosso sistema de modelos hierárquicos para categorização das respostas.

Os modelos sobre circuitos elétricos foram identificados agrupando o conjunto de concepções utilizadas pelos estudantes para explicar a situação proposta, em relação

ao nível de sofisticação e evolução dos conceitos utilizados. Durante o processo de construção do nosso sistema categórico, fizemos ponte com alguns trabalhos. Osborne (1983) e Shipstone (1984) focaram suas investigações nos aspectos da eletricidade, geralmente investigando como os estudantes conectavam componentes elétricos em um circuito e Borges (1999) enfatizou a construção de modelos relacionados ao entendimento dos estudantes sobre a natureza da corrente elétrica.

No nosso sistema categórico, não consideramos somente a natureza da corrente elétrica, nos preocupamos também em descrever a interação da corrente com os elementos do circuito. Identificamos quatro modelos de eletricidade. Desses quatro modelos, três possuem submodelos, que capturam as distintas dimensões ao longo do mesmo modelo. Os modelos e exemplos de respostas dos estudantes são apresentados no quadro 1.

Quadro 1: Modelos, submodelos e respostas típicas dos estudantes ao explicar a física envolvida no funcionamento de um circuito elétrico simples

| Modelos | Características | Exemplos |
|-----------------|--|---|
| Modelo 1 | Corrente elétrica como fluxo | Respostas típicas |
| Modelo 1.1 | Os estudantes reconhecem a corrente elétrica como “algo” que flui no circuito. Não existe distinção entre termos como “corrente”, “voltagem”, “energia” e “eletricidade”. A pilha é entendida como uma fonte dessa entidade que flui ao longo do circuito. | “A pilha produz uma tensão, a qual é conduzida através dos fios para a lâmpada e o interruptor. O interruptor serve como uma chave que permite se a corrente produzida passe por ele sim ou não. Quando ela chega na lâmpada a qual acende.” (Estudante A168) |
| Modelo 1.2 | Os estudantes admitem o modelo de duas correntes elétricas, ou seja, existe uma corrente positiva e outra negativa e ao se encontrarem na lâmpada ocasionando a emissão de luz. A pilha é entendida como fonte dessas duas formas de corrente. | “A pilha possui dois polos, um positivo (formado por prótons) e um negativo (formado por elétrons), estas cargas tendem a se atrair, quando o interruptor está desligado esta atração é barrada, já quando este é ligado as cargas ocorre uma atração formando assim uma corrente (...).” (Estudante A106) |
| Modelo 2 | Corrente elétrica como cargas em movimento | |
| Modelo 2.1 | Os estudantes reconhecem a corrente elétrica como o fluxo de cargas que tem origem na pilha. Não identificam qual portador de carga que se move no circuito. O brilho da lâmpada é explicado pela passagem ou acúmulo dessas cargas no seu filamento. | “Na pilha existe dois polos, onde há circulação de cargas elétricas do polo negativo para o polo positivo. Os fios servem de condutores para as cargas. O interruptor faz com que a circulação possa ser interrompida ou não. A circulação de carga passa pela lâmpada que possui um pequeno filamento ondulado, que faz com que a carga sofra choques, assim emitindo luz.” (Estudante A128) |
| Modelo 2.2 | Os estudantes reconhecem a corrente elétrica como fluxo de elétrons (ou simplesmente o fluxo de cargas negativas), que são responsáveis pelo | “quando ligamos o interruptor, a pilha transfere elétrons para o fio que é um material condutor. O fio transfere para a lâmpada esses elétrons fazendo com |

| Modelos | Características | Exemplos |
|-----------------|--|--|
| | brilho da lâmpada, ao atravessá-la. A pilha é entendida como fonte de corrente para o circuito. | <i>que ela acenda (...)</i> " (Estudante A194) |
| Modelo 3 | A diferença de potencial da fonte sendo responsável pela corrente elétrica estabelecida no circuito | |
| Modelo 3.1 | O modelo apresentado pelos estudantes é mais sofisticado que o anterior. Fazem referência à diferença de potencial na pilha como responsável pela corrente elétrica estabelecida e como agente de força para os elétrons fluírem ao longo do circuito. A lâmpada é entendida como um dispositivo que transforma energia elétrica em energia luminosa através da passagem da corrente elétrica. Nesse modelo, os estudantes já introduzem termos mais abstratos em suas respostas como elevação e queda de potencial. | <i>"este esquema mostra um circuito em série. Nesse a pilha é uma fonte de energia que causa a diferença de potencial (ddp) ou tensão. A lâmpada é a resistência que utiliza a energia de movimentação dos elétrons para aquecer o filamento e emitir luz. O interruptor é responsável pelo fechamento (liga) e pela abertura (desliga) do circuito. Dessa forma, ao fecharmos o circuito com o interruptor, o fluxo de elétrons do polo positivo da pilha para o negativo-corrente convencional- passa a ser possível.(...)"</i> (Estudante A185) |
| Modelo 3.2 | Os estudantes possuem um razoável conhecimento dos processos internos dos elementos do circuito, como os mecanismos internos que são responsáveis pela manutenção da diferença de potencial ou desgaste da pilha. Os estudantes reconhecem a corrente elétrica como fluxo de elétrons. Explicitam melhor as transformações de energia que ocorrem na lâmpada, introduzindo o fenômeno da incandescência do filamento da lâmpada. | <i>"A diferença de potencial existente entre os polos da pilha, derivada de uma reação química no interior da mesma, vai gerar a corrente elétrica, o que irá acender a lâmpada. A corrente elétrica trata-se de um movimento dos elétrons livres ao longo do fio condutor, para a extremidade positiva da pilha. Ao passar pela lâmpada, voltam a percorrer o fio até chegarem a pilha."</i> (Estudante A103) |
| Modelo 3.3 | A pilha é reconhecida como agente ativo para manter a continuidade da corrente, que é entendida como o fluxo de elétrons livres no condutor. Ao explicar esse fenômeno, os estudantes se referem a uma entidade física mais abstrata, que não aparece nos outros modelos: o conceito de força eletromotriz. As explicações para o brilho da lâmpada são baseadas no fenômeno da incandescência partindo para uma descrição mais acurada desse efeito. | <i>"Os elétrons que saem do polo negativo da pilha, passam pelo interruptor, através dos pontos que se ligaram, e continuam a percorrer o fio até chegar à lâmpada. Esses elétrons, ao passarem pela lâmpada, encontram uma resistência no filamento da lâmpada, e a energia dos mesmos será convertida em luz e calor. Com a força eletromotriz da pilha estes elétrons são levados do polo positivo ao negativo. Neste momento o processo se repete até o interruptor ser apertado."</i> (Estudante A120) |
| Modelo 4 | Modelo microscópico | |

| Modelos | Características | Exemplos |
|---------|---|---|
| | Os estudantes utilizam a noção de campo elétrico para explicar os fenômenos. Nessa perspectiva a diferença de potencial estabelecida na pilha cria um campo elétrico que se propaga ao longo de todo circuito. Utilizam modelos microscópicos, baseados no modelo da emissão da radiação no modelo da física quântica, para explicar as transformações de energia na lâmpada. | <i>“Ao pressionar o interruptor fecha-se o circuito, assim a pilha produz uma diferença de potencial que faz surgir instantaneamente e em todo o circuito um campo elétrico que induz nos elétrons livres presentes no fio e no filamento da lâmpada uma velocidade. Dessa forma obtém-se a corrente elétrica necessária para acender a lâmpada”</i> (Estudante A118) |

Os modelos da forma como estão descritos no quadro 1, seguem uma ordem em relação ao nível de sofisticação das concepções envolvidas. Consideramos os modelos 1 e 2 como menos sofisticados devido as explicações dos estudantes estarem baseadas em termos de entidades e estruturas mais simples. Os modelos 3 e 4 consideramos como mais sofisticados, pois os estudantes apresentam com maior propriedade o entendimento dos processos internos e mecanismos que produzem os efeitos observáveis, sendo o modelo 4 o mais próximo das concepções científicas.

Análise quantitativa

Os dados referentes à concentração dos estudantes, nos dois momentos de medida, foram organizados em uma tabela de dupla entrada. Nessa tabela além da possibilidade de verificar a concentração de estudantes em cada um dos modelos, pudemos analisar as movimentações dos estudantes entre o primeiro e o segundo momento de aplicação do instrumento. Essa forma de organização também permitiu que os dados fossem modelados quantitativamente, através do teste estatístico adequado para verificar se houve progresso nos modelos mobilizados entre as duas ocasiões de medida.

O teste estatístico utilizado foi o *teste de homogeneidade marginal*, adequado para verificar a homogeneidade marginal em categorias multinominais e ordenadas (AGRESTI, 2002). Esse teste está disponível no programa Statxact 6 que apresenta um conjunto de pacotes estatísticos com amplas possibilidades para desenvolver diversos processos analíticos, principalmente inferências não-paramétricas exatas.

Para determinar se o resultado do teste é significativo utilizamos o seguinte raciocínio: se a probabilidade encontrada no teste for maior que o nível de significância inicialmente definido, as diferenças são melhores explicadas pela hipótese nula associada ao teste. Na hipótese nula desse teste, aceitamos que existe uma homogeneidade entre os modelos mobilizados pelos estudantes nas duas ocasiões de medida e qualquer diferença observada é explicada pelo acaso. Caso a probabilidade seja menor que o nível de significância do teste, as diferenças são atribuídas a variável testada. Estamos tomando o valor crítico de significância estatística em torno de 5% ($\alpha=0,05$). Nesse estudo consideramos que a evolução nos modelos dos estudantes pode ser explicada pelo possível efeito de aprendizagem, devido o reestudo da eletricidade no terceiro nível do currículo recursivo.

Resultados e Discussões

A mudança nos modelos dos estudantes

As características dos modelos e submodelos sobre circuitos elétricos foram descritos minuciosamente no quadro 1, apesar de fazer a categorização fina das respostas dos estudantes levando em consideração os submodelos, decidimos por interpretar as respostas dos estudantes utilizando os quatro modelos propostos anteriormente. Se considerássemos todos os submodelos, teríamos uma tabela de contingência 8 x 8 com 64 células e muitas delas estariam vazias. Segundo Joreskog (2006) isso influenciaria no valor da região de cobertura², que é determinada pela razão entre o número dos distintos padrões de resposta, que podem existir em toda a amostra, pelo número de todos os possíveis padrões de resposta. Uma diminuição do número de possíveis padrões de resposta pode ser feita através da redução do número de categorias, que segundo esse tratamento estatístico, aumentaria a qualidade da nossa análise estatística.

Como descrevemos anteriormente, os dados foram organizados em uma tabela de dupla entrada. Na tabela 1, apresentamos os resultados do cruzamento entre os modelos utilizados pelos estudantes nos dois momentos de medida. As células que apresentam os valores em negrito representam os totais marginais que determinam a concentração de estudantes em cada um dos modelos nas duas ocasiões de medida. As células sombreadas representam a quantidade de estudantes que continuaram a mobilizar os mesmos modelos nas duas ocasiões de medida. As células que se encontram acima da diagonal, representam a quantidade de estudantes que mobilizaram modelos mais sofisticados na segunda ocasião de medida e as células abaixo da diagonal representam o número de estudantes que utilizaram modelos menos sofisticados em suas explicações, na segunda ocasião de medida.

| | Segunda aplicação | | | | |
|--------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Primeira aplicação | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Total |
| Modelo 1 | 9 | 3 | 7 | 0 | 19 |
| Modelo 2 | 3 | 9 | 4 | 3 | 19 |
| Modelo 3 | 2 | 5 | 46 | 14 | 67 |
| Modelo 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total | 14 | 17 | 57 | 18 | 106 |

Tabela 1-Modelos de circuito elétrico utilizados pelos estudantes na primeira aplicação versus modelos utilizados na segunda aplicação

A primeira vista temos um indício que as experiências que os estudantes tiveram ao estudar o tema eletricidade na terceira série foram significativas. Isso pode ser evidenciado a partir das diferenças nos totais marginais, nos quais ocorreram movimentações dos estudantes que utilizavam modelos menos sofisticados na primeira aplicação para modelos mais sofisticados na segunda aplicação. O resultado

² A região de cobertura determina a qualidade da análise estatística. O aumento dessa região de cobertura possibilita uma melhor representação do conjunto de possíveis padrões de respostas e, dessa forma aumenta-se a qualidade da análise estatística.

do teste de homogeneidade marginal nos mostra que as diferenças nos totais marginais são significativas visto que, $p= 0,0003$ e, portanto $p < 0,05$.

O progresso que ocorreu nos modelos utilizados pelos estudantes, pode ser melhor visualizado através do gráfico 1 que exhibe um padrão da concentração de estudantes em cada um dos modelos nos dois momentos de medida.

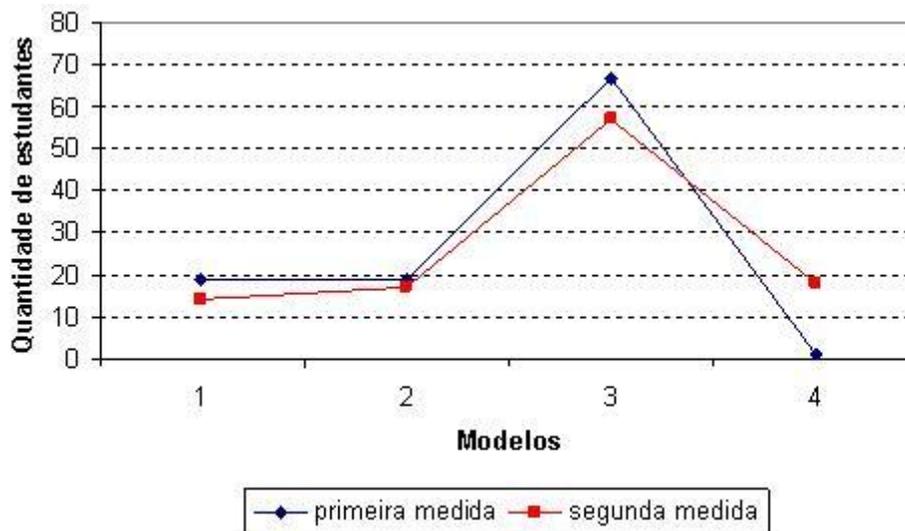


Figura 1: Gráfico da concentração de estudantes em cada um dos modelos de circuito elétrico nos dois momentos de aplicação.

Na primeira medida, percebemos que grande parte dos estudantes, aproximadamente 64% deles, lançam mão de modelos mais sofisticados para explicar o fenômeno proposto. Vale lembrar que nesse primeiro momento os estudantes não tinham reestudado o conteúdo de eletricidade na terceira série, mas já haviam estudado o assunto nas séries anteriores. Esses resultados nos mostram que a maioria dos estudantes, possui alto conhecimento prévio sobre eletricidade.

Fazendo uma análise mais sistemática, podemos perceber que grande parte dos estudantes que utilizavam o modelo 3 na primeira aplicação, continuaram a utilizar esse modelo em suas explicações. Dos estudantes que utilizaram outros modelos na segunda ocasião de medida, poucos regressaram em direção aos modelos 1 ou 2 correspondendo apenas a cerca de 7% dos estudantes. Por outro lado, um número expressivo de estudantes utilizou o modelo mais acurado que o modelo 3 no segundo momento de medida, trocando o modelo baseado na movimentação de elétrons livres quando submetidos a uma diferença de potencial estabelecida pela fonte, passando a usar o modelo 4, baseado na noção de campo elétrico que se estabelecia ao longo do circuito.

Quanto aos 19 estudantes que utilizavam o modelo de eletricidade como fluxo (modelo1), 9 continuaram com o mesmo modelo e 10 progrediram em seus modelos sendo que 3 utilizaram o modelo de corrente elétrica como cargas em movimento e 7 utilizaram o modelo baseado no surgimento da corrente elétrica no circuito, quando submetidos a uma diferença de potencial estabelecida pela fonte.

Dos estudantes que utilizam o modelo de cargas em movimento na primeira aplicação (modelo 2), 9 permaneceram com mesmo modelo e 3 utilizaram o modelo de eletricidade como fluxo. Mas, 7 estudantes evoluíram em seus modelos, sendo que 4

passam utilizar o modelo da diferença de potencial como responsável pelo surgimento da corrente elétrica no circuito (modelo 3) e 3 passaram a utilizar o modelo microscópico (modelo 4).

Em relação ao modelo microscópico, o modelo mais acurado e próximo da concepção científica, na primeira aplicação tinha apenas um estudante que o mobilizou em suas explicações. No segundo momento, encontramos 18 estudantes que lançaram mão desse modelo. Esse modelo envolve concepções mais abstratas, como as existentes na noção de campo elétrico, de difícil compreensão por parte dos estudantes.

Analizando as mudanças nos modelos dos estudantes nas diferentes turmas

O objetivo em analisar as mudanças nos modelos mobilizados pelos estudantes por turma está em verificar a existência de padrões de mudanças diferenciados entre as turmas, visto que em estudo anterior (COELHO, 2007) verificou-se a influência do curso frequentado pelo estudante (ou da turma, já que na IFE os estudantes dos diferentes cursos eram organizados em diferentes turmas) na aprendizagem em física.

No caso dos estudantes da turma ETM de Eletrônica, o teste de homogeneidade marginal indica que a mudança que eles tiveram em seus modelos foi significativa ($p=0,002$; $p<0,05$). Para essa turma, foi notável a evolução dos estudantes em direção ao modelo 4, que é o modelo mais acurado do nosso sistema categórico, como mostra o gráfico 2. Dos 27 estudantes que foram testados, 13 progrediram em seus modelos e 13 continuaram a utilizar o mesmo modelo. Desses 13 estudantes que progrediram, 10 passaram a utilizar o modelo 4 em suas explicações, na segunda ocasião de medida. As características dessa turma contribuem para a interpretação dos progressos alcançados pelos seus estudantes, por se tratar de uma turma vocacionada para o estudo da física. Consideramos também que fora do ambiente da sala de aula de física, nas outras disciplinas de seu curso técnico, os estudantes dessa turma lidam com circuitos elétricos em uma abordagem microscópica, para explicar os processos de condução elétrica em dispositivos semicondutores e com noções de campo elétrico e magnético ao estudarem a propagação de sinais de telecomunicações.

Para a turma ETM de Patologia Clínica, também encontramos um progresso significativo nos modelos dos estudantes ($p=0,04$; $p<0,05$). Esse progresso é diferente se comparado à turma de Eletrônica, pois os estudantes que utilizavam modelos menos sofisticados na primeira ocasião de medida mobilizavam, em sua maioria, na segunda ocasião de medida, o modelo baseado na movimentação de elétrons livres quando submetidos a uma diferença de potencial estabelecida pela fonte (modelo 3) como pode ser visto no gráfico 3. Já na turma de Eletrônica, como descrevemos anteriormente, encontramos uma movimentação dos estudantes em direção ao modelo 4. Isso mostra que apesar dessa turma ser tradicionalmente pouco vocacionada para o estudo da física ela progrediu, mas alcançou um patamar que geralmente é alcançado pela maioria dos estudantes ao final da terceira série do Ensino Médio.

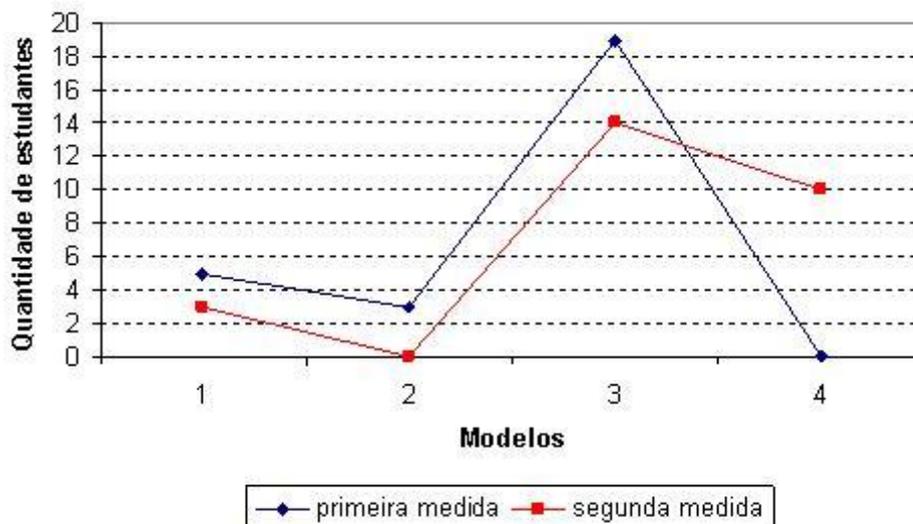


Figura 2: Gráfico da concentração de estudantes em cada um dos modelos de circuito elétrico nos dois momentos de aplicação para a turma ETM de Eletrônica

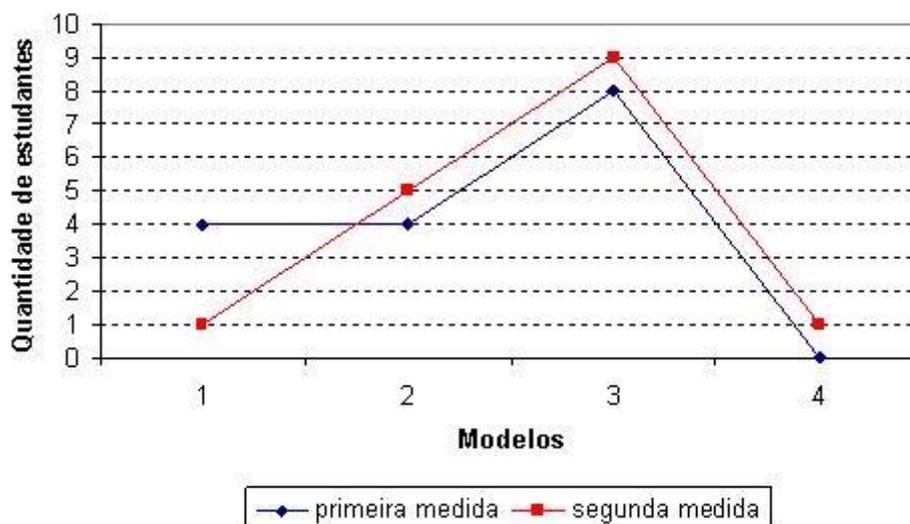


Figura 3: Gráfico da concentração de estudantes em cada um dos modelos de circuito elétrico nos dois momentos de aplicação para a turma ETM de Patologia Clínica

Ao realizar a análise estatística, constatamos que as turmas de Ensino Médio (EM) e as turmas ETM de Instrumentação Industrial e Química obtiveram uma probabilidade³ no teste maior que o nível de significância definido inicialmente (em torno de 5%). A turma de Ensino Médio é, no histórico da instituição e na opinião informal dos professores, a menos vocacionada para o estudo da física, ou seja, os estudantes não se engajam para entender idéias mais abstratas e conceitos mais difíceis. A turma de Instrumentação era apática, pouco engajada academicamente e pouco motivada a entender idéias mais complexas e abstratas como as que concernem o conteúdo de eletricidade. Apesar de estudarem circuitos elétricos nas disciplinas de seu curso técnico, a abordagem utilizada em tais disciplinas é macroscópica, baseada nas noções, corrente, tensão, resistência, noções que permitem aos estudantes explorar o

³ Para a turma de Ensino Médio encontramos $p=0,11$ ($p>0,05$); para a turma ETM de Instrumentação Industrial encontramos $p=0,19$ ($p>0,05$) e para a turma ETM de Química encontramos $p=0,25$ ($p>0,05$).

comportamento de um circuito elétrico simples do ponto de vista fenomenológico na solução de problemas práticos.

O efeito mais controverso foi na turma ETM de Química. Apesar dos estudantes terem um alto conhecimento prévio sobre eletricidade no início da terceira série, por utilizarem o modelo 3 em suas explicações iniciais, não houve progresso significativo em seus modelos, como pode ser visto no gráfico 4. Dos 25 estudantes que utilizavam o modelo 3 no primeiro momento somente um estudante evoluiu em seu entendimento e utilizou o modelo microscópico na segunda ocasião de medida. Alguns aspectos culturais associados a essa turma ajudam a explicar parte desse efeito. Os estudantes dessa turma são os que possuem o melhor histórico escolar, ou seja, eles possuem bom desempenho em testes escritos, método de avaliação tradicionalmente utilizado na maioria das disciplinas da instituição onde se realizou o estudo, apesar disso, eles não possuem uma grande motivação e engajamento em relação à disciplina física.

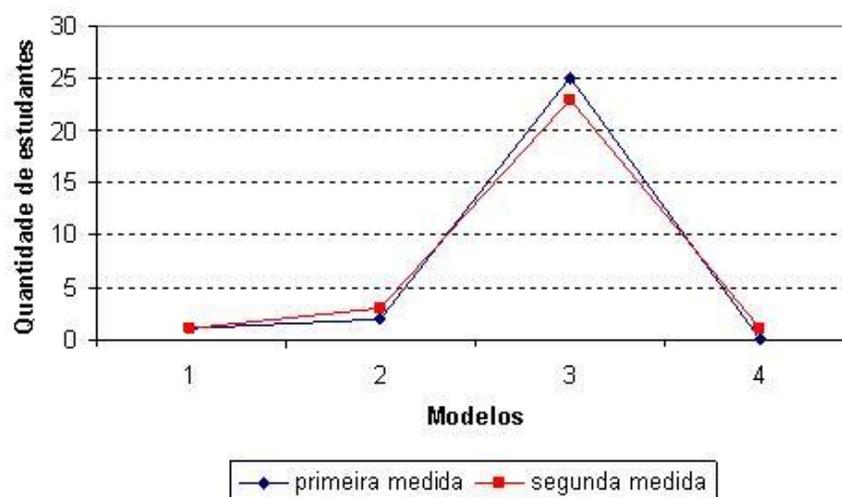


Figura 4: Gráfico da concentração de estudantes em cada um dos modelos de circuito elétrico nos dois momentos de aplicação para a turma ETM de Química

O patamar de entendimento dos estudantes ao encerrar o terceiro nível do currículo recursivo.

Na tabela 2 e no gráfico 5, apresentamos a concentração dos estudantes em cada um dos modelos no segundo momento de medida.

| Circuito elétrico simples | | |
|---------------------------|------------|----------------|
| Modelo | Frequência | Percentual (%) |
| 1 | 14 | 13,2 |
| 2 | 17 | 16,0 |
| 3 | 57 | 53,8 |
| 4 | 18 | 17,0 |
| Total | 106 | 100 |

Tabela 2: Frequência dos modelos dos estudantes sobre circuito elétrico simples ao final da terceira série

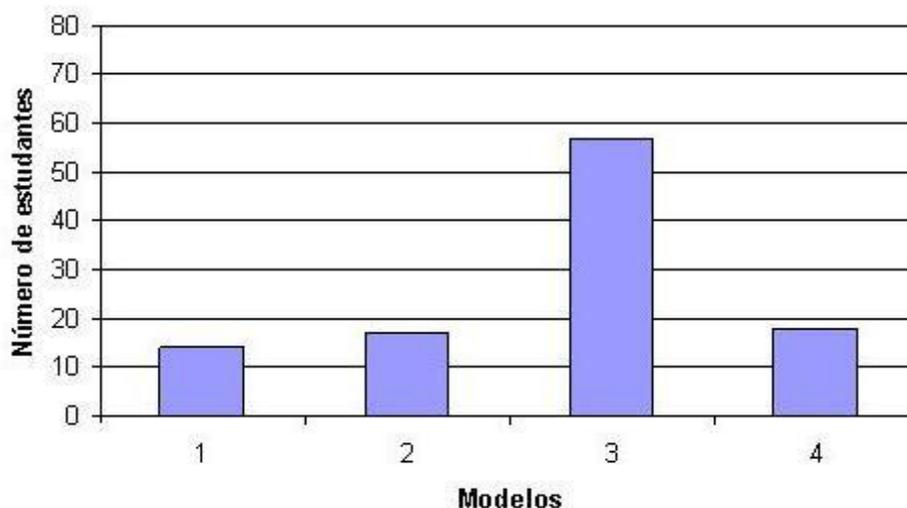


Figura 5: Gráfico da frequência dos modelos dos estudantes sobre circuito elétrico simples ao final da terceira série

Percebemos que cerca de 54% dos estudantes utilizavam o modelo 3 ao finalizar o terceiro nível do currículo recursivo. Nesse modelo, o entendimento dos estudantes a cerca dos conceitos sobre o funcionamento do circuito elétrico simples, está em um nível maior de abstração em relação aos primeiros modelos.

Entre outros achados dessa pesquisa, verificamos também que nos três primeiros modelos sobre circuitos elétricos, ficou evidente a presença do raciocínio seqüencial utilizado pelos estudantes, para interpretar a situação física. Segundo essa lógica, os estudantes não interpretam o circuito como um sistema único, mas explicam o seu funcionamento em termos do que acontece antes ou depois da passagem da corrente sobre um determinado ponto do circuito, dessa forma qualquer alteração no circuito produz alterações locais e não em toda sua extensão. Esse resultado está de acordo com o resultado de algumas pesquisas que também encontraram esse tipo de raciocínio no pensamento dos estudantes (CLOSSET, 1983; SHIPSTONE, 1984 e 1988; DRIVER et al., 1994). No trabalho de Shipstone (1984), por exemplo, ele encontrou que aproximadamente 40% dos estudantes utilizam esse tipo de raciocínio em suas respostas, mesmo depois de completarem um curso avançado sobre circuitos elétricos, ao final da escolarização básica.

Conclusões e Implicações

Verificamos o progresso nos modelos mobilizados pelos estudantes ao longo da série investigada. Esse progresso poderia ser tomado como indício de aprendizagem dos estudantes em relação ao tema investigado, devido as suas experiências no ambiente do curso de física no terceiro nível do currículo recursivo. No entanto, devemos ser cautelosos ao inferir que esse efeito evolutivo possa ser explicado por essas experiências, pois as turmas apresentaram desempenhos muito diferentes em relação aos progressos dos seus estudantes.

Apesar da cautela necessária em nossas conclusões, podemos argumentar em favor do ambiente de aprendizagem da terceira série do Ensino Médio. Um argumento favorável a esse ambiente de aprendizagem, diz respeito a uma turma que na opinião informal dos professores é considerada pouco vocacionada para o estudo da física, mas obteve progresso. A turma ETM de Patologia Clínica, que possui poucas experiências com esses conceitos fora do ambiente da sala de aula de física, obteve progresso nos modelos explicativos dos seus estudantes, em direção ao modelo 3. Dessa forma, o progresso alcançado pelos estudantes dessa turma, poderia ser explicado pelas experiências que eles tiveram ao reestudarem o tema eletricidade na terceira série do Ensino Médio.

Ao encerrar o terceiro nível do currículo espiral, o entendimento dos estudantes sobre circuito elétrico simples, tem maior representatividade no nível⁴ três, uma vez que a maioria dos estudantes mobilizaram em suas respostas, o modelo 3 do nosso sistema categórico. Contudo, uma vez que o conhecimento prévio dos estudantes (o conhecimento que eles possuíam ao iniciar o curso de física na terceira série) já se encontrava no nível 3 de entendimento esperávamos encontrar uma maior representatividade dos estudantes no nível 4 ao final do curso, apesar da significativa evolução dos estudantes em direção ao modelo 4 depois de reestudarem o tema no terceiro nível do currículo recursivo.

Bart (2004) aponta que, para o sujeito desenvolver o raciocínio mais abstrato em um determinado conteúdo, é preciso que ele tenha domínio e familiaridade com esse conteúdo e esses dois fatores devem ser somados ao interesse e engajamento do sujeito por esse conteúdo (lembrando que o interesse e o engajamento dos estudantes estão associados ao seu vocacionamento em relação a uma determinada atividade, no caso, estudar e aprender física). Como foi descrito na seção anterior, as turmas investigadas apresentavam grandes diferenças em relação ao vocacionamento pela disciplina física e diferentes familiaridades com o tema eletricidade, fator esse que pode contribuir para explicar a pouca representatividade dos estudantes, ao encerrar o Ensino Médio, no modelo mais acurado do nosso sistema categórico. Para exemplificar o argumento apresentado nesse parágrafo, ao realizar uma análise sistemática do nível de entendimento dos estudantes das diferentes turmas, percebemos que a turma ETM de Eletrônica, a mais vocacionada para o estudo da física (na opinião informal dos professores) e com maior familiaridade com o tema eletricidade, é turma que possui o maior número de estudantes (10 estudantes) mobilizando o modelo 4 ao final da terceira série.

Constatamos a presença de um raciocínio seqüencial dos estudantes ao falar sobre o funcionamento de um circuito elétrico simples. Esse tipo de raciocínio constitui a figura concreta mais comum da corrente propagando em todo o circuito e submetido a algumas influências. Dessa forma, a busca de uma abordagem que evidência a interação dos elementos que compõem o circuito, poderia propiciar o desenvolvimento de um pensamento sistêmico nos estudantes para analisar o seu funcionamento. Esse pensamento sistêmico é essencial para entender o campo

⁴ Estamos associando os modelos que os estudantes utilizaram em suas respostas com patamar de entendimento que eles obtiveram na temática investigada, por isso passamos a nos referir a esses modelos como níveis de entendimento.

elétrico como agente responsável por alterações simultâneas em todos os pontos do circuito.

Como descrevemos anteriormente, na terceira série do Ensino Médio a maioria dos estudantes mobiliza o modelo macroscópico mais sofisticado relacionado ao funcionamento de um circuito elétrico simples. Trata-se do modelo 3, que apresenta um nível de abstração maior que os primeiros modelos na interpretação da situação física proposta. Alguns autores, como Lijnsee (1995) acreditam que os modelos microscópicos dos processos físicos deveriam ser introduzidos depois que os modelos mais simples fossem bem dominados. A organização do currículo de física no Ensino Médio em três níveis de recursividade parece ser benéfica neste aspecto e com isso, reforçamos o argumento do ensino da temática eletricidade na terceira série com maior nível de complexidade, focando a abordagem dos conceitos de uma forma qualitativa e na interação entre os aspectos associados à eletrostática e eletrodinâmica, possibilitando aos estudantes entender e mobilizar o modelo baseado na propagação de campos elétricos ao longo do circuito.

Referências

- AGRESTI, A. **Categorical Data Analysis**. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- BART, W.M. A commentary on D.H. Feldman's essay on Piaget's stages. **New ideas in Psychology**, v.22, pp. 233-237, 2004.
- BORGES, A.T. Como evoluem os modelos mentais. **Revista ensaio**, v.1, pp. 85-125, 1999.
- BRUNER, J. **O Processo da Educação**. Tradução de Lólio Lourenço de Oliveira Companhia. Título original: The Process of Education. São Paulo: Nacional, 1968.
- CEPNI, S.; KELES, E. Turkish students conceptions about the simple electric circuits. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v.4, pp.269-291, 2006.
- CLOSSET, J.L. Sequential reasoning in electricity. In: First International Workshop of Research on Physics Education, 1983, La Londe lês Maures (FR). **Proceedings...** Paris: Editions CNRS, 1983.
- COELHO, G.R. **A evolução dos modelos explicativos dos estudantes sobre circuitos elétricos e sobre a natureza da luz em um currículo recursivo**. 2007.112p. Dissertação (Mestrado em Educação)- Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- COELHO, G. R.; BORGES, O. A evolução dos modelos sobre circuitos elétricos em um currículo recursivo. In: X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2006, Londrina. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2006
- COELHO, G. R.; BORGES, O. A evolução dos modelos sobre a natureza da luz em um currículo recursivo. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. **Atas...** Belo Horizonte: ABRAPEC, 2007.
- DRIVER, R.; SQUIRES, A.; RUSHWORTH, P.; ROBINSON, V. **Making sense of secondary science**. Loudon:Routledge, 1994.

DUIT, R.; VON RHÖNECK, C. **Connecting Research in Physics Education with Teacher Education**. In: TIBERGHEN, A.; JOSSEM, E.L. e BARAJOS, J., 1998. Disponível em <http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/C2.html>. Acesso em 15 de fevereiro 2007.

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

FURIÓ, C.; GUIASOLA, J. La enseñanza del concepto de campo eléctrico baseada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. **Enseñanza de Las Ciencias**, v.19, pp. 319-334, 2001.

FURIÓ, C.; GUIASOLA, J.; ALMUDI, J. M.; CEBERICO, M. Learning the electric field concept as oriented research activity. **Science Education**, v. 87, pp. 640-662, 2003.

GENTNER, D.; GENTNER, D.R. **Flowing waters or moving crowd: Mental models of electricity**. In D. GENTNER and A. L. STEVENS (Eds.), **Mental Models**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1983, pp. 99-130.

JORESKOG, K.G. **Factor Analysis of ordinal variables with full information maximum likelihood**, 2006. Disponível em www.ssicentral.com/lisrel/techdocs/orfimpl.pdf. Acesso em 20 de julho de 2007.

LIJNSEE, P.L. Developmental research as a way to an empirically based didactical structure of science. **Science education**, v.79, pp. 189-199, 1995.

MILLAR, R.; KING, T. Students' understanding of voltage in simple series electric circuits. **International Journal of Science Education**, v.15, n. 4, pp.339-349, 1993.

MILLAR, R.; LIM BEH, K. Students' understanding of voltage in simple parallel electric circuits. **International Journal of Science Education**, v.15, n.4, pp.351-361, 1993.

OSBORNE, R. Towards modifying children's ideas about electric current. **Research in Science and Technology Education**, v.1, n.1, pp.73-82, 1983.

SHIPSTONE, D. M. A study of children's understanding of electricity in simple D.C. circuits. **European Journal of Science Education**, v. 6, pp.185-198, 1984.

SHIPSTONE, D.M. Pupils understanding of simple electrical circuits. **Physics Education**, v.23, pp. 92-96, 1988.

STATXACT, versão 6: Statistical software for Exact Nonparametric Inference. Cytel Studio,(s.d).

VAZ, A.; BORGES, A.T.; TALIM, S.; BORGES, O. **INOVAR-Projeto de ensino: Reformulação Curricular do Curso de Física do COLTEC/UFMG**, 2003.

Recebido em agosto de 2009, aceito em maio de 2011.

