

OS NÍVEIS DE EVOLUÇÃO DOS MODELOS MENTAIS DE POTÊNCIA ELÉTRICA EM CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA

Lucas Ribeiro Leal

Engenheiro Ambiental (UNIFOR-MG). Discente do IFMG - Campus Formiga

Fernando Henrique Polastrini

IFMG - Campus Formiga

Nilton Vieira Junior

IFMG - Campus Formiga

Resumo: Este trabalho apresenta uma investigação realizada com alunos de engenharia elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG). A partir da realização de entrevistas semiestruturadas, de mapas conceituais, de modelagens matemáticas e experimentos físicos, foram identificados os modelos mentais dos estudantes perante conceitos teóricos e práticos sobre potência elétrica em circuitos CC (corrente contínua). Verificou-se que, dentre outras coisas, as metodologias de ensino adotadas pelos professores não tem sido suficientes para que indivíduos com distintas características de aprendizagem evoluam de igual forma. Observou-se, ainda, que a maioria dos alunos encontra-se distante do nível conceitual esperado e que em raros casos foram capazes de estabelecer relações entre teoria e prática. Portanto, este trabalho sugere que identificar as estratégias de raciocínio e os “degraus” de conhecimento dos alunos para um assunto específico, via modelos mentais, possibilita o planejamento de intervenções mais precisas e variações metodológicas no ensino. É isto que este estudo se propõe para o conteúdo abordado.

Palavras-chave: Modelos mentais, Ensino de Física, Potência Elétrica.

THE LEVELS OF EVOLUTION OF THE MENTAL MODELS OF ELETRIC POWER IN CONTINUOUS CIRCUITS

Abstract: This paper presents an investigation conducted with students of electrical engineering at the Federal Institute of Minas Gerais (IFMG). Starting from semistructured interviews, conceptual maps, mathematical models and laboratory experiments the mental models of students have been identified towards theoretical concepts and practical on electric power in circuits DC (direct current). It was found that teaching methodologies adopted by the teachers are, sometimes, not enough for individuals with different learning characteristics evolve similarly. Observed also that most of the students is far from having a conceptual level expected and that in rare cases were able to establish relationships between theory and practice. Therefore, this study suggests that identifying the reasoning strategies and the "front steps" of students' knowledge on a particular subject, via mental models, enables more accurate planning of interventions and methodological variations in the teaching of this content.

Keywords: Mental models, Teaching physics, Electric power.

1. INTRODUÇÃO

Entre outros fatores, o ensino deve assegurar o entendimento conceitual dos alunos, o que se torna um grande desafio. Um dos fatos que contribuem para que esta característica nem sempre seja observada é o falso indicador de que boas notas representam aprendizado. Empiricamente tem-se observado que os métodos tradicionais de avaliação mensuram, muitas vezes, apenas a habilidade em se adequar a um processo simples e mecânico de transpor informações (VIEIRA JUNIOR e COLVARA, 2010a e 2010b). Prova disto é a nova tendência avaliativa já adotada, por exemplo, no exame nacional do ensino médio, onde habilidades cognitivas tem sido o foco das observações (GOMES, 2005).

A educação cognitiva, porém, considerada por Fonseca (2009) como a nova corrente pedagógica que tende a romper com a dicotomia ‘teoria e prática’ nas discussões educacionais, não têm sido ainda efetivamente utilizada nas salas de aula. Como tentativa inicial de chamar a atenção para este fato e promover a formação crítica dos educadores, este trabalho apresenta uma investigação realizada com alunos a partir do 4º período, escolhidos aleatoriamente, do curso superior de Engenharia Elétrica ofertado pelo Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) – *Campus Formiga*.

De acordo com Sternberg (2008) a psicologia cognitiva se interessa particularmente pela forma como as pessoas conectam proposições e extraem conclusões. Este trabalho partiu, portanto, do pressuposto que identificar o tipo de raciocínio adotado pelos alunos possibilitaria além do reconhecimento de suas falhas conceituais, inúmeras possibilidades de intervenções. Todavia, existem divergências na literatura a respeito da forma como estas informações são processadas na mente humana.

Para evitar discussões a este nível e atingir os objetivos propostos utilizou-se, então, a teoria dos modelos mentais de Johnson Laird (1983) que considera as duas principais formas de representação existentes: imagens e proposições. Para Eysenck e Keane (2007), os modelos mentais configuram-se como uma das abordagens mais influentes a respeito do raciocínio dedutivo. Sternberg (2008) os

classificam, ainda, como a teoria mais amplamente aceita para interpretar a forma pela qual as pessoas resolvem silogismos.

Segundo Johnson-Laird (1983), um modelo mental é uma construção interna que corresponde analogamente ao que se quer representar de origem externa. Este conceito formulado inicialmente por Craik em 1943, e mais difundido por Johnson-Laird em 1983, é utilizado para caracterizar o modo com que as pessoas compreendem e interagem com dispositivos e sistemas (BORGES, 1997).

Embora haja distintas abordagens acerca dos modelos mentais, que podem ser mais bem observadas em Moreira (1997) e Borges (1997), este trabalho considera em maioria as concepções de Johnson-Laird (1983) que assume, por exemplo, o conceito menos abstrato de que uma representação proposicional seja verbalmente expressável; e que embora em última instância a mente possa processar informações em algum código específico, como defendido por parte dos cognitivistas, os modelos mentais são representações de alto nível (assim como linguagens de programação) que facilitam o entendimento da cognição humana (MOREIRA, 1999). Este fato foi, portanto, decisivo, pois torna esta teoria mais acessível às investigações no ensino de física, principalmente por se abster a questões filosóficas mais profundas e evitar discussões como as apresentadas anteriormente quanto ao processamento da informação.

De todo modo, a ideia de processar um modelo mentalmente e a partir de então realizar tarefas parece comum nas diversas abordagens. Para Norman (1983) um modelo mental possui potência preditiva tal que o permite entender e antecipar, em diferentes níveis, o comportamento de sistemas utilizando regras de inferências e derivações procedimentais. Foi a configuração destes sistemas “executáveis” que se buscou identificar neste trabalho, considerando ainda as evidências apresentadas por Souza e Espírito Santo (2008) de que as representações mentais podem ser também analisadas através de modelos matemáticos produzidos e manipulados por estudantes.

2. MODELOS MATEMÁTICOS E MODELOS MENTAIS

Em seu estudo sobre o tema energia mecânica, Souza e Espírito Santo (2008) utilizaram protocolos verbais, escritos e pictóricos, para atestar a hipótese de que a “matematização” adequada dos fenômenos coincide com a utilização de modelos mentais coerentes e que, a ocorrência de modelos mentais incoerentes, mesmo que funcionais, acompanha modelagens matemáticas incorretas. Neste experimento um mesmo estudante, por exemplo, formulou a energia total de um sistema de modo diferente (ora a soma da energia cinética e da energia potencial gravitacional, ora a diferença) e o equacionamento correto ocorria sempre nas situações em que as inferências feitas por ele, para solucionar as questões, provinham de um modelo mental adequado.

O fato de não descartar modelos matemáticos incorretos mesmo após já ter utilizado modelos corretos, demonstra sua dependência em relação aos modelos mentais. A modelagem matemática adequada não implica na existência de um modelo mental, haja vista a possibilidade da utilização mecanicista de expressões. Por outro lado, ter um modelo mental coerente é condição necessária, mesmo que não suficiente, para a correta modelagem matemática.

Assim, concluiu-se que na existência de modelos mentais, os modelos matemáticos elaborados podem funcionar como um indicador da qualidade dos modelos mentais usados na resolução dos problemas. Ressalva-se que uma medida de qualidade, neste caso, não implica em diferenciação de tipos, uma vez que podem existir múltiplos modelos capazes de resolver adequadamente um mesmo problema para um determinado estado de coisas (MOREIRA, 1997). Todavia, a complexidade e a compreensão matemática foi também considerada na avaliação dos protocolos obtidos neste estudo e serviu como principal estratégia de análise incorporada à metodologia de pesquisa adotada.

3. METODOLOGIA

Considerando todos os aspectos já apresentados foi realizado um estudo com vinte (20) alunos do curso de graduação de Engenharia Elétrica a partir do 4º período do IFMG Campus Formiga. Os participantes estão assim divididos: treze (13) alunos do 6º período e sete (7) alunos do 4º período.

Após a realização de um extenso estudo sobre cognição (STERNBERG, 2008; EYSENCK e KEANE, 2007; FONSECA, 2009), sobre a teoria dos modelos mentais à luz de alguns autores (BORGES, 1997; MOREIRA, 1997; JOHNSON-LAIRD, 1983; GENTNER e STEVENS, 1983) e de protocolos de investigação utilizados em outras experiências (BORGES, 1998; BARBOSA e BORGES, 2006; LAGRECA e MOREIRA, 1999; MOREIRA e OLIVEIRA, 2003; VIEIRA JUNIOR e COLVARA, 2010a e 2010b), definiram-se as estratégias metodológicas pelas quais se daria a investigação sobre o tema “Potência elétrica em circuitos CC”.

Foram realizadas, individualmente, entrevistas semiestruturadas as quais foram norteadas por um questionário composto de vinte e seis (26) questões, cujo nível de dificuldade aumentava gradativamente conforme uma hipótese prévia de níveis de complexidade levantada pelos autores:

Nível 1 - Explicar os conceitos de corrente e tensão elétrica;

Nível 2 - Definir os conceitos de resistência e relacioná-la com as demais grandezas através da lei de Ohm;

Nível 3 - Compreender os métodos de simplificação de circuitos;

Nível 4 - Definir o conceito de potência em sistemas físicos e compreender o significado da potência elétrica em circuitos.

Algumas questões ou a sua ordem de utilização, entretanto, eram passíveis de pequenas alterações instantâneas conforme o curso da entrevista, que fora gravada em áudio para posterior análise¹. Exceto algumas imagens, os entrevistados não tiveram acesso direto ao questionário, uma vez que optou-se por estabelecer um diálogo onde eventuais contradições pudessem ser destacadas pelo entrevistador a fim de observar o comportamento dos estudantes. Alguns exemplos de questões que guiaram a entrevista podem ser vistos a seguir:

1 –

- a) O que você entende por energia?
- b) Cite algumas formas de energia?
- c) Como você explicaria o que é corrente elétrica?
- d) E tensão elétrica?
- e) Baseado na resposta “1a” o que é energia elétrica?

¹ Foi utilizado o *software* livre “Free sound recorder” que capta o áudio através de um computador comum, convertendo-o para o formato mp3.

f) Existe diferença entre tensão, queda de tensão, ddp e fem ou são a mesma coisa?

g) Pode existir tensão sem corrente e corrente sem tensão?

2 –

a) Sempre que existir tensão haverá corrente?

b) E se existirem resistências no circuito?

c) O que é resistência elétrica?

d) A resistência de um material depende de que?

e) Existe alguma relação entre tensão, resistência e corrente?

3 –

a) Os circuitos abaixo (Figura 1) são compostos dos mesmos elementos. Pode-se dizer que a corrente I_1 é a mesma nos dois? Por quê? Você saberia dizer quanto vale a corrente da fonte em cada caso?

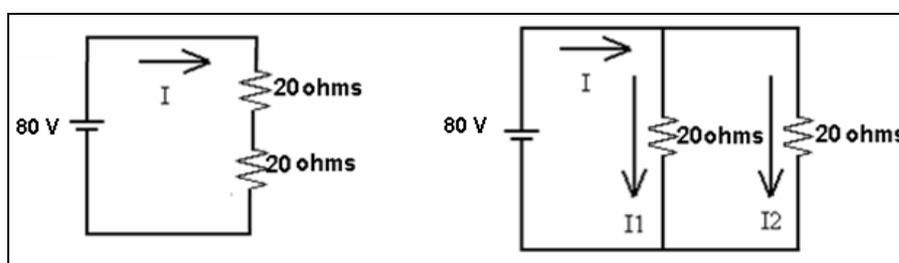


Figura 1 – Circuitos resistivo em série e paralelo. Fonte: autor.

b) Qual dos dois tem maior resistência?

c) Mas ambos não usam as “mesmas” resistências? Você saberia dizer quanto vale a resistência equivalente de cada circuito?

d) Como se determina esta resistência equivalente?

e) E a queda de tensão em cada resistor é a mesma? Por quê? Você saberia dizer quanto vale a queda de tensão em cada caso?

f) As únicas informações dadas no circuito abaixo (Figura 2), são a tensão da fonte e que R_1 é o dobro de R_2 . Sem saber os valores das resistências é possível calcular a queda de tensão em cada resistor? Se sim, quanto vale?

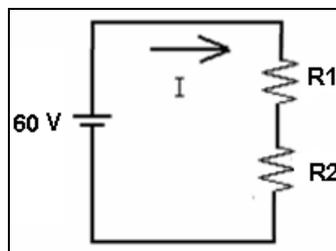


Figura 2 – Circuito resistivo em série. Fonte: autor.

g) A única informação dada no circuito abaixo (Figura 3), é a corrente da fonte e do resistor R_1 . É possível determinar a corrente em cada trecho sabendo apenas que as resistências são iguais? Você sabe dizer quanto vale cada corrente?

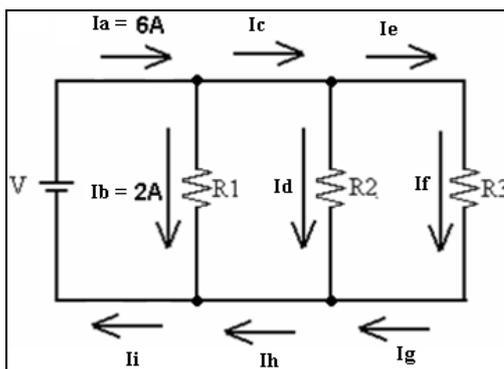


Figura 3 – Circuito em paralelo. Fonte: o autor

4 –

- O que você entende por potência elétrica? (observar se existe relação com a resposta 1a).
- O que muda no funcionamento entre dois equipamentos iguais, porém com potências diferentes?
- Se potência é a capacidade de realizar trabalho em menor tempo um chuveiro de menor potência pode aquecer tanto quanto outro chuveiro de maior potência, porém irá demorar mais para isto?
- Qual lâmpada do circuito abaixo (Figura 4) brilhará mais? Explique por que.

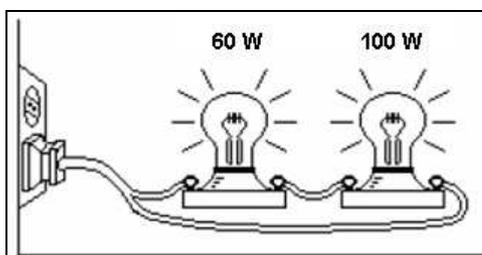


Figura 4 – Circuito com lâmpadas ligadas em série. Fonte: o autor

- Existem relações entre corrente, tensão, resistência e potência?
- Quando coloco o chuveiro na posição “inverno” se está aumentando ou diminuindo sua resistência? Por quê?
- Informar que na questão 3d a lâmpada de 60W brilhará mais. Sabe explicar por quê?

Utilizou-se um experimento físico (Figura 4) na análise da questão 4d do questionário onde os entrevistados eram interrogados antes da energização do circuito, caso a resposta fosse errônea, energizava o circuito e o entrevistado era interrogado novamente do porque da incoerência entre predição e resultado.

Observou-se ainda o raciocínio e a habilidade matemática na resolução de cada questão. Alguns, por exemplo, conseguiam resolver problemas utilizando a Lei de Ohm para encontrar uma determinada tensão, porém, apresentavam

ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS–Campus Porto Alegre, Porto Alegre, v.2, n.1, p. 86-101, jan/jun. 2015.

dificuldade na manipulação e dedução de novas expressões para obter grandezas implícitas. Estes fatos eram considerados para atribuir a este aluno determinado nível de maturidade cognitiva.

Após o término desta etapa, foram esclarecidos aos participantes os aspectos fundamentais para realização de um mapa conceitual e solicitado aos mesmos que construíssem o seu mapa a respeito do tema em questão. Nesta atividade pretendia-se observar a forma pela qual eles organizavam e realizavam conexões entre as informações.

Trata-se de uma técnica para visualizar a organização do conhecimento, fundada na teoria do aprendizado significativo. Em síntese é uma representação gráfica como, por exemplo, um organograma construído de modo que as relações entre diferentes conceitos sejam evidentes. Abaixo, pode ser visto o mapa conceitual desenvolvido por um dos alunos durante a realização da entrevista (Figura 5).

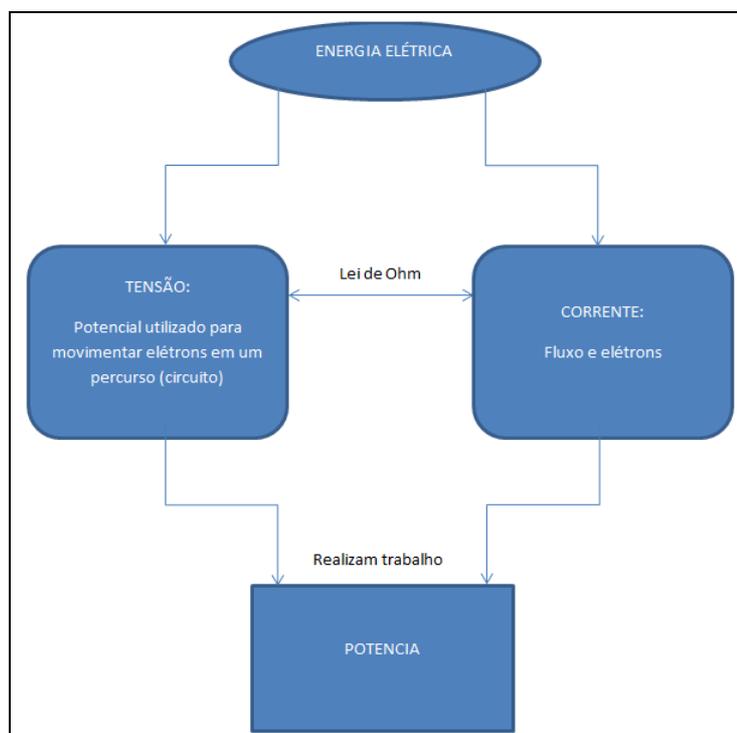


Figura 5 – Mapa conceitual construído por um dos alunos.

Feito isto, os dados coletados foram confrontados e analisados com base na teoria de Johnson-Laird (1983). Os resultados desta análise são apresentados a seguir.

4. RESULTADOS

Pode-se constatar a existência de dois grupos: os modeladores e não-modeladores. Estes proviam na maioria dos casos explicações equivocadas ou aparentemente construídas na hora deixando a impressão de que nunca haviam sido levados a pensar criticamente sobre o assunto. Os demais distribuíam-se ao elaborarem estratégias de raciocínio de diferentes níveis caracterizando modelos mentais dos mais simples (alunos que empregavam analogias como sistemas hidráulicos) à modelos relativamente elaborados (alunos que consideravam a eletricidade como cargas em movimento).

Os resultados apresentados por Borges (1998) para os modelos de eletricidade (eletricidade como fluxo, mas sem distinção entre energia corrente e tensão; eletricidade como correntes opostas, atribuindo a cada terminal de uma bateria a “geração” de corrente com uma diferente polaridade; e eletricidade como cargas em movimento, conforme o modelo microscópico mais trabalhado na escola) também foram encontrados com certa frequência neste estudo, porém, apenas três (3) indivíduos apresentaram um modelo tido como científico, na perspectiva do trabalho de Borges (1998), provendo explicações mais elaboradas quanto às relações entre tensão, corrente e potência.

Destaca-se que os modelos de Borges (1988) estavam relacionados apenas com a natureza da corrente elétrica em um circuito simples. Neste trabalho a investigação baseou-se também na interação desta corrente com os demais elementos do circuito e de que forma cada grandeza se relacionava, progressivamente, para propiciar os níveis de evolução necessários ao entendimento da potência elétrica. Borges (1997) explica esta variedade de interpretações de modelos mentais com aquilo que ele chama de “modelo mental de um modelo mental”, onde sua estrutura é feita de camadas (ou concepções) e as mais externas contém os pressupostos das mais internas – ou seja, blocos de construção cognitiva como os utilizados na definição dos níveis evolutivos por Borges (1999).

Todavia é importante destacar que os modelos, propriamente, não foram o “fim” deste trabalho, mas sim o “meio”, pois objetivou-se apenas utilizá-los para

verificar a definição dos níveis progressivos de dificuldade na qual eles se apresentariam na perspectiva dos alunos. Reconhecer estes níveis permite aos professores o planejamento de aulas e a adoção de “pesos” mais coerentes na hora de elaborar aulas e avaliações.

A Figura 6 apresenta os resultados a serem obtidos se fossem atribuídas notas (de 0 a 26) baseadas apenas na quantidade de itens respondidos corretamente em toda a entrevista.

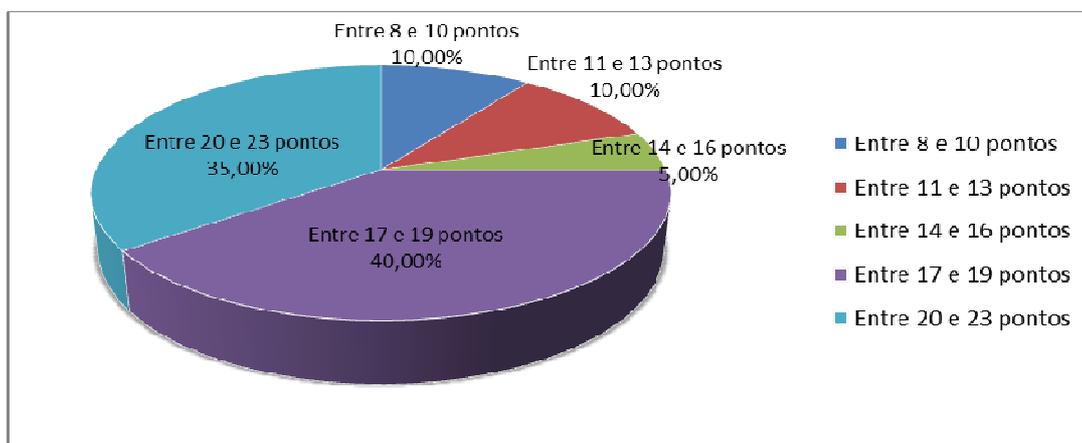


Figura 6 – Simulação de notas distribuídas para toda a entrevista.

Observa-se que nem em termos de respostas “não justificadas” houve quem acertasse quantidade suficiente de itens relativa à margem entre 24 e 26 pontos. A Figura 7 apresenta os resultados se apenas fossem atribuídas notas as questões relativas à potência elétrica (que totalizavam 7 itens), último nível, foco principal da abordagem.

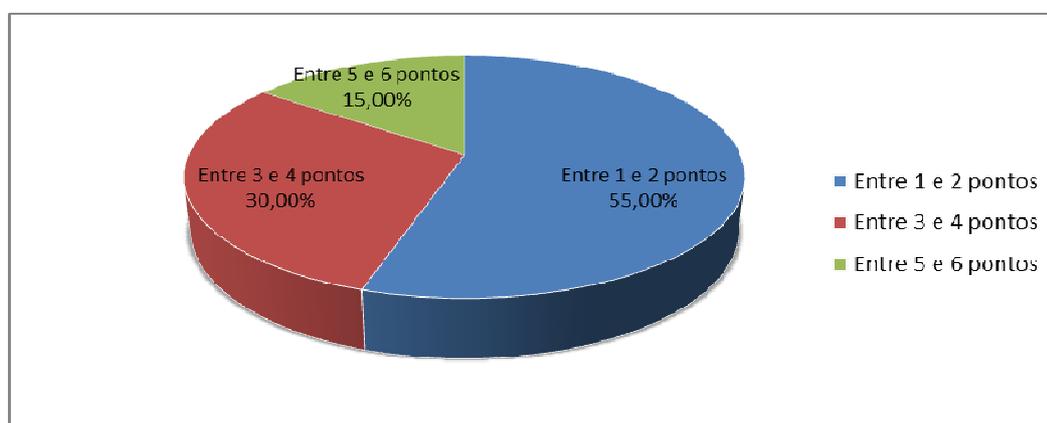


Figura 7 – Simulação de notas distribuídas para o último nível.

Observa-se que o melhor desempenho, obtido por apenas três indivíduos, situou-se entre 5 e 6 pontos. Ante a esta exceção a maior quantidade de classificações se deu entre 1 e 2 pontos, ou seja, entre os dois níveis conceituais mais elementares.

5. DISCUSSÕES

Como visto, identificaram-se indivíduos com diversos níveis de conhecimento. Enquanto alguns apresentaram desempenho satisfatório, a maioria desconhecia o conteúdo ou demonstrava apenas a capacidade mecanicista de resolução de problemas. Para ilustrar estes fatos observam-se abaixo o comportamento de alguns entrevistados, aqui chamados por pseudônimos, que contribuíram para as conclusões deste trabalho.

A Tabela 1 apresenta alguns fatos que chamaram a atenção durante as entrevistas, acompanhados de sua análise.

Tabela 1 – Fatos de destaque durante a investigação.

Respostas dos estudantes	Análise dos fatos
A maioria dos alunos definiu tensão elétrica como diferença de potencial, mas não soube explicar como exatamente esta diferença se relaciona com a corrente elétrica.	Demonstraram ausência de conceitos físicos, talvez por constante manipulação mecânica da lei de Ohm.
Diversos alunos declararam como correto utilizar os termos tensão, diferença de potencial, força eletromotriz e queda de tensão sem distinção. Os que não concordavam, porém, não conseguiam explicar com clareza o conceito de força eletromotriz.	Desconheciam a existência de fenômenos microscópicos como, por exemplo, a ação do campo elétrico. Estavam condicionados a interpretar tais termos sem distinção por possuírem a mesma unidade de medida (V).
Alguns alunos afirmaram que pode existir tensão sem corrente e corrente sem tensão. Quando a entrevista passava a abordar o fenômeno da resistência parte deles, ao serem questionados se “sempre que existir tensão haverá corrente?”, retificavam a afirmação sobre a existência de corrente sem tensão.	Demonstrando que poucas vezes durante a vida acadêmica foram levados a confrontar idéias e estabelecer o raciocínio indutivo. Acabavam, na maioria dos casos, tomando decisões sem antes realizar previsões ou avaliar possibilidades.
A maioria dos alunos não relacionava a temperatura como um fator influente na resistência elétrica.	Especialmente porque resgatavam em sua memória a expressão $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$, a empregavam constantemente de forma

	mecanicista e não estabeleciam mais a sua validade perante uma faixa de temperatura.
Analisando um circuito série com uma fonte de tensão com valor informado, composto por dois resistores cujo valor nominal de um seria o dobro do outro, alguns estudantes informaram a necessidade de outros parâmetros como resistência e corrente para obtenção da queda de tensão nos resistores.	Alguns alunos não estavam aptos a aplicar as leis de Kirchhoff na análise literal de circuitos afirmando que para fazê-lo seria necessário atribuir valores numéricos aos elementos, demonstrando clara ausência de “visão” perante os fenômenos envolvidos.
Quando questionados sobre as consequências de se alterar o resistor de um chuveiro (para mais) a uma tensão constante a maior parte dos alunos afirmou que o fato iria gerar maior potência, pois, aumentando-se a resistência também se aumenta o efeito Joule.	Nestes casos os estudantes adotavam a expressão $P = R.I^2$, não consideravam que o aumento da resistência a uma tensão constante implicaria na redução da corrente e apresentavam explicações equivocadas quanto a inter-relação das grandezas elétricas.
Quando era mostrado aos estudantes uma ligação (real) de duas lâmpadas de 60 W e 100 W em série eles afirmavam de imediato que a de 100 W deveria brilhar com maior intensidade. Em seguida o circuito era energizado e, surpresos, eles afirmavam que havia alguma “alteração” no circuito com o propósito de confundi-los. Alguns solicitavam para verificar as conexões.	Os que ousaram a justificar o fenômeno disseram que, provavelmente, a lâmpada de 60 W brilhava com maior intensidade porque ela era a primeira do circuito e com isto oferecia a “primeira” oposição à passagem de elétrons pelo circuito. Em nenhum momento conseguiram estabelecer conexões lógicas entre os fenômenos envolvidos e a influência das grandezas nominais para a operação de um sistema.

Nenhum aluno da amostra conseguiu justificar conceitualmente todos os itens para os quais foi questionado. A maioria obteve bons resultados numéricos durante a análise dos circuitos correspondentes ao nível 3, entretanto, quando solicitados a fazer previsões sobre a alteração de algum elemento do circuito ou quando solicitados a prover explicações apenas conceituais (ou literais) os mesmos não obtinham sucesso. Este fato demonstra o quão forte modelos mecanicistas de ensino, aprendizagem e avaliação têm influenciado a formação acadêmica.

Apenas dois alunos do grupo (um do sexto e um do quarto período) responderam corretamente a questão das lâmpadas em série e antes que elas fossem energizadas alegaram que o tipo de ligação não propiciaria sua alimentação nas características nominais. Destaca-se que o estudante do sexto período não é tido, perante seu histórico escolar, como um “bom aluno”. Após seu segundo ano de graduação ele já acumulava um ano inteiro de disciplinas em dependência (este aluno cursou a disciplina de circuitos elétricos I duas vezes).

No que diz respeito a hipótese sequencial do aprendizado inicialmente estabelecida, verificou-se que algumas alterações faziam-se necessárias. Observou-se que todos os estudantes que conceituavam de modo adequado a influência da tensão em um circuito elétrico também o fazia com a resistência. Porém, a recíproca não era verdadeira. Observou-se ainda que manipular adequadamente resistências série e paralelo nem sempre implicava em compreender sua ação em um circuito. Neste caso, sugere-se que em um nível se estabeleça o entendimento do fenômeno e, posteriormente, se observe os métodos para simplificação de circuitos.

Deste modo a conclusão do estudo, em termos dos níveis de evolução dos modelos mentais, que caracterizam a progressão mais adequada do conhecimento para este tópico ficaria assim:

Nível 1 - Explicar os conceitos de corrente e resistência elétrica e a sua interdependência em um circuito elétrico;

Nível 2 - Definir os conceitos de tensão elétrica, estabelecendo relações do ponto de vista atômico e relacioná-la com as demais grandezas através da lei de Ohm;

Nível 3 - Compreender os métodos de simplificação de circuitos (resistência equivalente) e conceituar as leis de Kirchhoff (lei dos nós e das malhas) na análise de circuitos;

Nível 4 - Definir o conceito de potência em sistemas físicos e compreender o significado da potência elétrica em circuitos. Analisar a influência das grandezas nominais no que diz respeito a potência dissipada ou convertida em um circuito.

Mais do que descobrir os modelos mentais utilizados (que podem ser múltiplos, pois, diversos alunos podem adotar diferentes estratégias ou analogias para resolver um mesmo problema), na abordagem deste trabalho faz-se uso deles para se visualizar a sequência mais coerente da aprendizagem (evolução dos níveis de dificuldade/aprendizagem) na perspectiva das dúvidas comumente apresentadas pelos alunos e não na perspectiva dos docentes (e como visto por estes resultados e pelos apresentados em Vieira Junior e Colvara (2010b) nem sempre são pontos de vista totalmente equivalentes).

Nota-se que o estudo realizado abordou conteúdos que deveriam ser facilmente vencidos por estudantes de engenharia elétrica. Especialmente por já terem sido abordados no ensino médio e por já terem sido revistos nas disciplinas básicas do curso de engenharia (reforça-se que o conteúdo abordado é de ensino médio).

Então se conclui que determinadas lacunas conceituais passam despercebidas à academia e podem se somar na medida em que as abordagens se tornam mais complexas. Obstáculos na compreensão integral destes fenômenos poderão influenciar análises mais elaboradas como as exigidas para se conceituar a potência em corrente alternada.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A classificação, por níveis, proposta por Borges (1999) coincide com a afirmação de Vieira Junior e Colvara (2006) que sempre que o aluno revê e aprimora os modelos que usa para descrever ou explicar um fenômeno, significa que o aprendizado ocorreu sob uma nova perspectiva e informações adicionais foram incluídas no modelo antigo que ele possuía.

Os diferentes modelos encontrados evidenciam que cada indivíduo se enquadra em uma fase diferente de aquisição de conhecimento, embora todos tenham recebido o mesmo nível de instrução nesta disciplina. Tal fato requer estratégias e intervenções mais precisas, por parte dos professores, para que tais alunos consigam evoluir para compreender os conceitos teóricos e práticos da física (em especial a eletricidade). Chama atenção o fato de que a grande maioria dos alunos, neste estudo, desconhece ou tem dificuldades para estabelecer conexões entre a teoria e prática. Este aspecto evidencia-se ao notar as dificuldades para visualização analítica e a ausência de entendimento conceitual dos métodos em si e de suas prováveis aplicações.

Considerando que em raras situações os professores alteram suas estratégias em sala de aula, seja durante os cursos vigentes, semestres seguintes ou turmas especiais de dependência, pode-se concluir que fatos como estes são muito comuns e se tornam mais evidentes para conteúdos como o abordado, o

que de certa forma estimula a mecanização para resolução de problemas, visando apenas a aprovação na disciplina.

Portanto, com o intuito de promover o aprendizado, este trabalho sugere que variações metodológicas sejam utilizadas pelos professores baseadas, por exemplo, em teorias como educação cognitiva, tipos psicológicos e estilos de aprendizagem. Para isto, identificar os estágios de evolução conceitual, suas características e deficiências para um assunto específico, via modelos mentais, representa o passo inicial para que intervenções adequadas possam ser mais bem planejadas e colocadas em prática.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, J.P.V.; BORGES, A.T. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 2006, p.182-217.

BORGES, A.Tarciso. Um estudo de modelos mentais. *Investigações em ensino de ciências*, 2(3), 1997, p. 207-226.

BORGES, A. Tarciso. Modelos mentais de eletromagnetismo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15(1), 1998, p.7-31.

Borges, A.T. Como evoluem os modelos mentais. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências: Ensaio*, 1(1), 1999, p.85-125.

EISENCK, M.W. e KEANE, M.T. *Psicologia cognitiva: um manual introdutório*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2007.

FELDER, Richard M.; SILVERMAN, Linda K. Learning and teaching styles in engineering education. *Journal of Engineering Education*, Washington, v. 7, n. 78, pp.674 – 681, 1988. Disponível em: <<http://www.ncsu.edu/felder-public/Papers/LS-1988.pdf>>. Acessado em: 25 jun. 2009.

FONSECA, V. *Cognição, neuropsicologia e aprendizagem*. Petrópolis: Vozes, 2009.

GENTNER, D. e STEVENS, A.L. (Ed.). *Mental models*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

Gomes, C.M.A. *Uma análise das habilidades cognitivas mensuradas pelo exame nacional do ensino médio*. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2005.

JOHNSON-LAIRD, P. *Mental models*. Cambridge: Harvard University Press, 1983.

LAGRECA, M.C.B. e MOREIRA, M.A. Tipos de representações mentais utilizadas por estudantes de física geral na área de mecânica clássica e possíveis modelos mentais nessa área. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 21(1), 1999, p. 202-215.

MOREIRA, M.A. (1997). Modelos Mentais. In: Faculdade de Educação da UFMG (Org.), *Anais, I Encontro Sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciência*. Belo Horizonte: Faculdade de Educação/UFMG, 1997..

MOREIRA, M.A. *Teorias da aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M.A. e OLIVEIRA, A.P. Dificuldade dos alunos na aprendizagem da lei de Ampère, à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(3), 2003, p. 317-325.

NORMAN, D. A. (1983). Some observations on mental models. In: GENTNER, D. e STEVENS, A.L. (Ed.). *Mental models* (pp. 6-14). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

SOUZA, E.S.R. e ESPÍRITO SANTO, A.O. Modelos matemáticos e modelos mentais: inferindo possíveis relações durante a modelagem matemática de fenômenos físicos. In: UFPA (Org.), *Anais, II Seminário de Avaliação de Pesquisa e pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática*. Belém: UFPA, 2008.

STERNBERG, R. J. *Psicologia cognitiva*. Porto Alegre: Artmed, 2008.

VIEIRA JUNIOR, N. e COLVARA, L.D. A importância do professor conforme estilos de aprendizagem e modelos mentais. In: Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (Org.), *Anais, XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia* (pp. 1239-1250). Passo Fundo: ABENGE, 2006.

VIEIRA JUNIOR, N. e COLVARA, L.D. Os modelos mentais de frações: como universitários lidam com conceitos fundamentais de matemática? *Ciências & Cognição*, v. 15(1), 2010 (a), p.124-136.

VIEIRA JUNIOR, N. e COLVARA, L.D. Os modelos mentais de alunos em relação a vetores em duas e três dimensões: uma análise da dinâmica da aprendizagem e da inadequação das avaliações tradicionais. *Ciências & Cognição*, v. 15(2), 2010 (b), p. 55-69.