



## **CONSTRUINDO CONHECIMENTOS SOBRE CIRCUITOS ELÉTRICOS: AS REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS E NOVOS REFERENCIAIS SOBRE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM**

**Wilker Victor da Silva Azevêdo** – wilker.azevedo@garanhuns.ifpe.edu.br \*, \*\*

\*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE)

Rua Padre Agobar Valença, s/n - Severiano Moraes Filho

55299-390 – Garanhuns – PE

\*\*EDUMATEC - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, Recife - PE

50670-901 – Recife – PE

**Verônica Gitirana** – veronica.gitirana@gmail.com

EDUMATEC - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, Recife - PE

50670-901 – Recife – PE

**Resumo:** O principal objetivo da pesquisa é discutir dificuldades de aprendizagem mobilizadas no processo de construção de conhecimento sobre Circuitos Elétricos e apontar elementos que podem subsidiar ações de inovação. A natureza de parte destas dificuldades reside na apropriação dos diversos sistemas de representação adotados no cerne teórico e empírico. A Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) é utilizada para reorganizar o conhecimento e para mapear as causas da mobilização de concepções equivocadas pelos sujeitos. Duas situações realizadas junto a estudantes de Engenharia Elétrica serão apresentadas. O processo de “atualização” de uma nova representação não se mostra um ato espontâneo e simples quando os signos a serem utilizados pertencem a um sistema semiótico já constituído. A percepção imediata das ligações entre componentes é influenciada pela aparência geométrica. Os resultados justificam a necessidade de cenários de Tratamento e de Conversão, em face dos fenômenos de não-congruência entre as representações e sua diversidade nos Circuitos Elétricos. A compreensão sobre a estruturação do conhecimento em meio à multiplicidade de signos tem suporte da TRRS, demarcando novos referenciais.

**Palavras-chave:** Circuitos Elétricos, Educação em Engenharia, Inovação, Semiótica.

### **1. INTRODUÇÃO**

Nas últimas três décadas têm se ampliado preocupações em torno das dificuldades mobilizadas por estudantes no estudo de Circuitos Elétricos. Diversos autores têm se debruçado a pesquisar sobre concepções intuitivas que levam a interpretações científicas equivocadas, prospectando formas de detecção de tais equívocos, estruturando modelos, analisando a experiência dos estudantes e tipos de problemas (CARLSEN, 1989; GRAVINA & BUCHWEITZ, 1994; SENCAR *et al.*, 2001; KORGANCI *et al.*, 2015).



Na Engenharia Elétrica os conhecimentos de natureza teórico-experimental construídos sobre a Lei de Ohm, as Leis de Kirchhoff e a associação entre resistores subsidiam diversos outros estudos *a posteriori* dentro da própria disciplina (“Circuitos Elétricos I”, “Eletricidade e Magnetismo”, “Física III”), sendo ainda caracterizados como conteúdos de base para outros componentes ao longo da integralização do curso (“Eletrônica”, “Circuitos Elétricos II”, “Sistemas Elétricos”,...). Neste sentido, a manifestação e manutenção de concepções primitivas no início do curso podem acarretar notórios desdobramentos à formação e ao desenvolvimento de competências.

Parte destas dificuldades tem sido percebida e apontada por pesquisas realizadas na Europa e Ásia (SENCAR *et al.*, 2001; ATES, 2005; KORGANCI *et al.*, 2015), América do Norte (McDERMOTT & SHAFFER, 1992; ENGELHARDT, 1997) e América do Sul (VIEIRA *et al.*, 1986; DORNELES *et al.*, 2006; FRANZONI *et al.*, 2011), mostrando caráter internacional dos estudos em torno do tema, sendo avaliado em vários níveis de escolarização. Algumas análises, inclusive, têm sido apresentadas em outros eventos da ABENGE, explorando o uso de plataformas computacionais e realização de práticas de laboratório (FRAGA & CASTRO, 2004; FARIAS *et al.*, 2014; MENEZES *et al.*, 2016). No entanto, na literatura não têm sido apresentadas evidências suficientes acerca das causas pelas quais boa parte destas dificuldades aparece e se mantém. Aglutinado a isto tem-se a inserção cada vez mais frequente de novas tecnologias em laboratórios dos cursos de graduação, em uma tendência de elaboração de sequências didáticas apoiadas pelo uso de *softwares* ou práticas de laboratório físico, contudo ainda é comum persistirem concepções distantes do correto sentido científico.

Dentre os objetivos da pesquisa, conduzida em nível de doutoramento através do Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Tecnológica (EDUMATEC) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e por meio de Projeto de Pesquisa no IFPE, pretende-se apresentar neste artigo dificuldades mobilizadas por estudantes ao se depararem com o estudo de Circuitos Elétricos básicos, destacando mais proeminentemente o contexto da associação entre resistores. O *design* para fazer emergir algumas dessas dificuldades foi realizado junto a estudantes do primeiro ano do curso de Engenharia Elétrica do IFPE. A pesquisa tem parte significativa das análises subsidiada pela Teoria dos Registros de Representação Semiótica (DUVAL, 1993; DUVAL, 2009), em que creditamos novos referenciais acerca do mapeamento das dificuldades de aprendizagem. A compilação das situações aplicadas mostra que parte considerável destas dificuldades reside na semiótica, diretamente relacionada a questões de interpretação topológica das associações, de concepções intuitivas trazidas de outros contextos e cuja generalização não se aplica aos estudos, da influência da aparência geométrica dos circuitos, da superposição de conceitos da Física e da Matemática, convergindo para dificuldades no Tratamento e Conversão entre registros de representação utilizados nas esferas teórica e experimental.

## 2. A REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA E OS CIRCUITOS ELÉTRICOS

A aprendizagem sobre Circuitos Elétricos envolve um conjunto variado de atividades cognitivas em face da diversidade de formas de representar um objeto no campo: a linguagem natural, os esquemas simbólicos, desenhos, notações, expressões algébricas, gráficos, formas de onda, simuladores, equipamentos para montagem, sendo as últimas existindo como um estatuto de comunicação paralelo à primeira (linguagem natural). É esta pluralidade que pode permitir o aumento da capacidade cognitiva dos sujeitos. Neste sentido, avalia-se que a Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) desenvolvida por Raymond Duval (DUVAL, 1993), elaborada no contexto da Matemática, ultrapassa os limites do campo em



que foi concebida e pode ser aplicada na análise da aprendizagem em Circuitos Elétricos, revelada pela variedade de situações técnico-científicas e profissionais da área – seja no Bacharelado, na Licenciatura ou na escolarização técnica – nas quais requer o domínio de várias formas de representação.

## 2.1. A Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS)

No estudo dos Circuitos Elétricos detêm-se muitas vezes de objetos “reais”, contudo nem sempre são os mais utilizados no processo pedagógico. As demais formas que os objetos se apresentam são demasiadamente importantes e, como na matemática, também são necessárias frequentemente várias representações semióticas diferentes. Tal qual Duval ressalta que os objetos matemáticos não são diretamente disponíveis na percepção ou em uma experiência intuitiva imediata (DUVAL, 1993), os objetos da Física e da Engenharia requerem certa atenção. O trabalho de Duval atenta para o funcionamento cognitivo e a utilização de vários sistemas semióticos de representação. Ele evidencia no ensino da matemática que:

*[...] A passagem de um sistema de representação a outro ou a mobilização simultânea de vários sistemas de representação no decorrer de um mesmo percurso, fenômenos tão familiares e tão frequentes, não têm nada de evidente e de espontâneo para a maior parte dos alunos e dos estudantes. Estes, frequentemente, não reconhecem o mesmo objeto através das representações que lhe podem ser dadas nos sistemas semióticos diferentes (DUVAL, 2012, p. 18).*

A linguagem, os símbolos, as figuras, os componentes físicos (fios, resistores, *protoboard*,...) e a escritura algébrica, por exemplo, permitem atividades cognitivas por meio de representações: (1) a constituição de características perceptíveis, associadas à representação de algo em determinado sistema; (2) a transformação de regras próprias dentro do sistema (interna), de modo a se obter outras representações comparáveis às representações iniciais, constituindo relação de conhecimento (Fig. 1); (3) a conversão de representações produzidas em um sistema para representações em outro (externa), com significação passível ao que é representado (Fig. 2).

Figura 1 –  $R_3$  e  $R_4$  em paralelo.

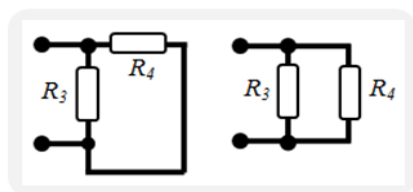
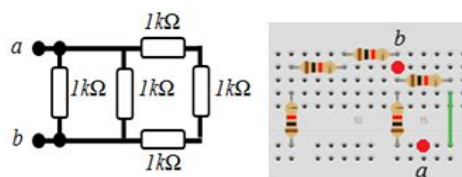


Figura 2 – Conversão entre registros.



O fato do indivíduo não reconhecer o mesmo objeto quando representado de formas diferentes resulta do fenômeno de não-congruência, ou seja, quando não se verifica pelo menos um destes três critérios: (i) correspondência semântica entre as unidades significantes que a constituem; (ii) mesma ordem possível de apreensão destas unidades nas duas representações; (iii) conversão da representação de partida em uma só unidade significativa na representação de chegada (DUVAL, 2009). Assim, a inexistência de algum destes critérios faz com que não haja mais a passagem imediata de uma representação para outra. De outro modo, podemos dizer, no contexto educacional, que há uma probabilidade de sucesso maior do sujeito na resolução de problemas quando existe congruência entre as representações, quando comparamos às taxas de êxito em relação aos cenários em que os fenômenos de não-congruência aparecem.

Na TRRS, o Tratamento está relacionado às operações realizadas dentro de um mesmo registro, interna a ele, enquanto que a Conversão está associada à passagem de um registro a



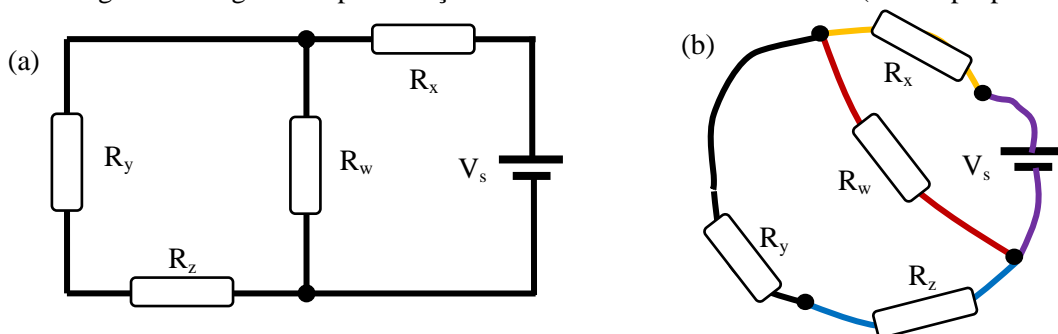
outro. Desta última ressaltamos que as regras variam a depender do sentido no qual a mudança é efetuada. Em circuitos, observar um diagrama para realizar a montagem de uma placa eletrônica oferece concepções diferentes daquelas exigidas quando, da existência de um circuito construído em placa, se exige esboçar o diagrama elétrico, o qual requer a identificação da forma de conexão entre os componentes. Certas atividades podem ser menos espontâneas para a maioria dos estudantes.

Situações que explorem as atividades cognitivas fundamentais da *semiósis* podem expor dificuldades dos estudantes em mobilizar a pluralidade de sistemas de representação e, deste modo, a correta aceção científica do conceito. Referenciais clássicos adotados em grande parcela das salas de aula consideram que a apreensão conceitual é a base para que o indivíduo venha a tratar e converter adequadamente entre registros. Às vezes, inclusive, o docente não trata da diversidade de registros imaginando que aprendendo um deles o estudante seria capaz de compreender os demais. Neste contexto, expomos um olhar de referencial diferente, considerando-se que o Tratamento e a Coordenação entre os diversos registros de representação é condição fundamental para a apreensão conceitual.

## 2.2. Circuitos Elétricos: Topologia e Semiótica

Ao generalizar matematicamente os estudos de Ohm para análise de circuitos elétricos, o físico alemão Gustav Robert Kirchhoff introduziu novos conceitos, cujos desdobramentos resultaram em duas leis: Lei dos Nós e Lei das Malhas (LKC - Lei de Kirchhoff das Correntes e LKT - Lei de Kirchhoff das Tensões). Nesta teoria, os “nós” de um circuito são os pontos que interconectam os componentes. O “ramo”, por sua vez, é o percurso que interliga dois nós. Embora seja comum desenhar os circuitos elétricos por meio de retas em disposições verticais e horizontais (Figura 3a), é importante chamar atenção para os nós e ramos do circuito (Figura 3b). Apesar de representações diferentes, os circuitos a seguir são topologicamente equivalentes.

Figura 3 – Algumas representações de um mesmo circuito elétrico (Fonte: próprio autor).



Dorf e Svoboda (2008) discorrem que o mesmo circuito pode ser representado de diversas formas e estas formas podem ser muito diferentes entre si. Os autores indicam que dois diagramas A e B representam o mesmo circuito se: (\*) Existe uma correspondência biunívoca entre os nós do diagrama A e os nós do diagrama B. A posição dos nós não é importante; (\*\*) Existe uma correspondência biunívoca entre os componentes do diagrama A e os componentes do diagrama B; (\*\*\*) Os mesmos componentes estão ligados aos mesmos nós nos dois diagramas.

Ao descrever que “a posição dos nós não é importante” os autores buscam ressaltar uma interpretação exclusivamente da Física no estudo de Circuitos, porém indicando que existe um grau de liberdade para comunicar um conteúdo. Entretanto, sob o ponto de vista do estudante em processo de aprendizagem, como podemos informar que o aluno é capaz de coordenar espontaneamente representações diferentes de um mesmo circuito? Se,

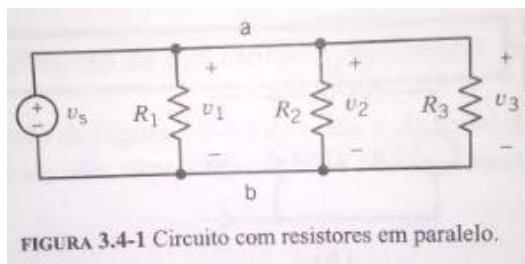
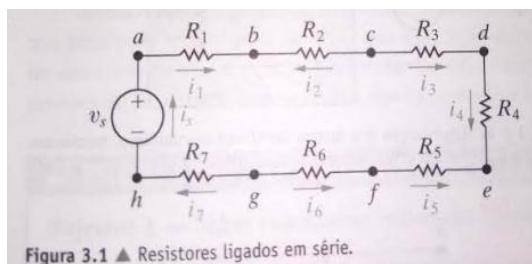




intuitivamente, os tratamentos residem de experiências e concepções primitivas, será possível afirmar que, durante o processo de interpretação, a aparência geométrica do diagrama elétrico não afeta a formação do significado?

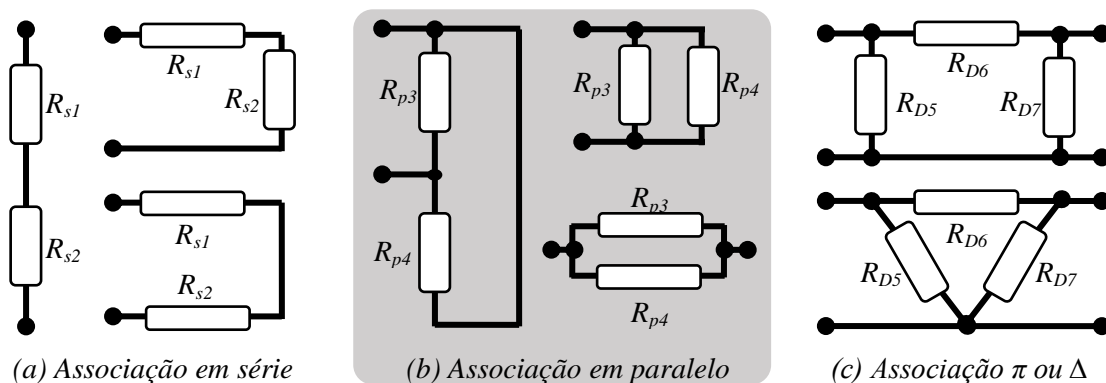
Laburú *et al.* (2009) chama a atenção para os signos, enfatizando que os fios os quais representam a conexão entre os componentes são figurados como retas quase sempre simetricamente associadas, ligadas em noventa graus e convergindo num único ponto ou nó, dependendo da conveniência e simetria do esquema simbólico. Embora os autores tenham discorrido sobre referências no ensino médio, verificamos que isto se repete em livros adotados em nos cursos de engenharia (Figuras 4a e 4b).

Figura 4 – Representação de associação série e paralelo em livros de Engenharia.  
 (a) Extrato 1 (NILSSON & RIEDEL, 2014) (b) Extrato 2 (DORF & SVOBODA, 2008)



Alguns estudantes, na tentativa de abstração, ainda reproduzem características físico-geométricas de um modelo (MARSHALL, 2008). Na interpretação das ligações de associação entre resistores isto é constatado. Em muitas situações, inclusive, antes de fazer uso de Leis como as de Kirchhoff ou a de Ohm, ou de algum princípio, técnica ou teorema (Superposição, Transformação de fontes, Thèvenin, Norton, Máxima Transferência de Potência), é decisório avaliar a conexão entre os componentes, a qual pode ser representada no mesmo registro de diferentes formas. Citando algumas representações planares: em série, em paralelo, em formato  $\pi$  ou  $\Delta$  (Figura 5). Cada uma possui uma coleção de representações seja com a simbologia formal, no *protoboard*, com *softwares*, em uma placa de circuito impresso. Os professores exploram várias delas em disciplinas de laboratório (Lab. Circuitos Elétricos; Física Experimental).

Figura 5 – Algumas formas de conectar resistores em uma rede (Fonte: próprio autor).



Nos processos de ensino e de aprendizagem interessam situações e dificuldades no reconhecimento, construção e mudança de representação, as quais podem balizar pesquisa para sua superação. Avaliaremos, neste sentido, o contexto dos registros de representação, situando a TRRS no âmbito dos Circuitos Elétricos.



### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Sujeitos

Para avaliar de forma qualitativa a natureza de certas dificuldades de aprendizagem, dez estudantes de Engenharia Elétrica do IFPE participaram de forma voluntária. Os estudantes integram um grupo sob orientação de professores das áreas de Eletrotécnica e de Controle e Automação em caráter de Iniciação Científica. Oito são considerados novatos e os outros dois já tinham executado algum tipo de leitura específica de trabalhos sobre dificuldades na aprendizagem em circuitos, algo que poderia influenciar suas respostas. Na época do teste eles se encontravam no primeiro período do bacharelado. Além dos conhecimentos adquiridos sobre o tema durante o ensino médio, eles participavam de um curso de “Introdução aos Circuitos Elétricos”, em que, na época de aplicação das situações, já haviam tido contato com atividades experimentais.

#### 3.2. *Design experimental*

Diversas situações foram concebidas envolvendo os contextos social, científico e profissional, incluindo-se situações com aspectos teóricos e experimentais contendo registros diversificados. As situações continham atividades de Tratamento e/ou Conversão. No design composto de “n” situações, cada ficha contemplava uma única. O estudante recebia uma ficha com uma nova apenas ao fim e entrega da solução da anterior. Eles resolveram as situações individualmente e sem consulta. Não houve especificação de limite de tempo em relação à realização de cada situação individual.

No tempo total reservado (em torno de 03 horas), a quantidade de situações respondidas variou para cada estudante. A maioria conseguiu chegar a resolver 10 situações. Aqui apresentaremos introdutoriamente discussões em torno de duas delas, cuja aplicação foi realizada no Laboratório de Eletricidade e Eletrônica da instituição. Parcela dos dados obtidos dá suporte a discussões da literatura, porém outros são novos, ressaltando que a semiótica auxilia o entendimento sobre o modo como se desenvolve o conhecimento em meio a esta multiplicidade de signos, demarcando novos referenciais.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

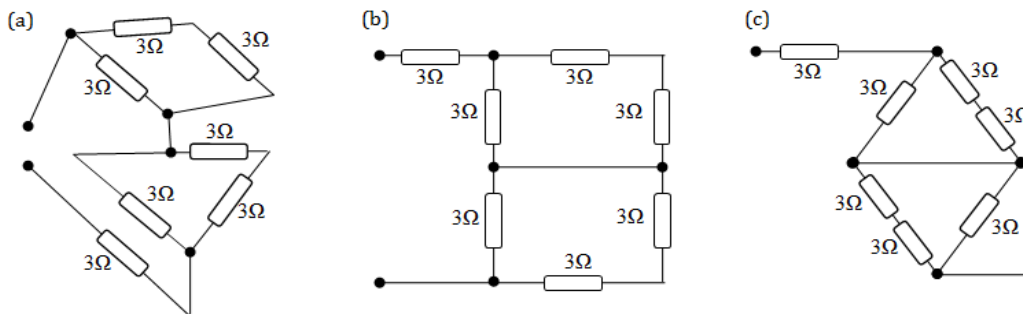
#### 4.1. Situação 1 – Resistência equivalente

Foi solicitado aos estudantes o cálculo da resistência equivalente de cada esquema exibido na Figura 6 a partir dos terminais em aberto. As três imagens se encontravam na mesma página da situação. As topologias são equivalentes, entretanto foram elaboradas admitindo o fenômeno de não-congruência entre as representações. O objetivo era de verificar se os estudantes reconheciam a diferença entre representante e representado (forma e conteúdo) e como lidavam com Tratamento e Conversão.

Em relação aos resultados, os estudantes mobilizaram outro registro, o algébrico, para chegar à resposta, algo notadamente esperado face o modelo da situação. Das trinta (30) respostas (3 itens, 10 estudantes), apenas uma estudante apresentou êxito em todas, a qual já havia tido contato preliminar com trabalhos na área, porém nenhum estudante referenciou a correspondência biunívoca entre os diagramas (equivalência). Dentre os nove que não atingiram o resultado esperado em todos os três itens, houve êxito na resolução do item (a) para um e do item (c) para outro. A maioria produziu soluções que indicavam que os esquemas eram diferentes.



Figura 6 – Topologias de associação entre resistores apresentadas na Situação 1.



A verificação do tipo de associação em jogo no processo de conversão (desenho  $\rightarrow$  expressão algébrica) não se mostrou espontâneo. Nos protocolos de resolução nota-se, ainda, a dificuldade no tratamento com expressões algébricas inerentes aos cálculos da resistência equivalente. Ressalta-se que a concepção imediata mobilizada em várias respostas deixa de lado a análise de características topológicas da associação (nós, ramos), prevalecendo raciocínios baseados na aparência geométrica do circuito, a exemplo das respostas das estudantes E1 e E2 (Figuras 7 e 8). Na Figura 7 observa-se dificuldade de interpretação após a realização de operações de tratamento e conversão. No protocolo da Figura 8 constata-se que o objeto não é imediatamente percebido.

Figura 7 – Protocolo: E1, situação 1(b).

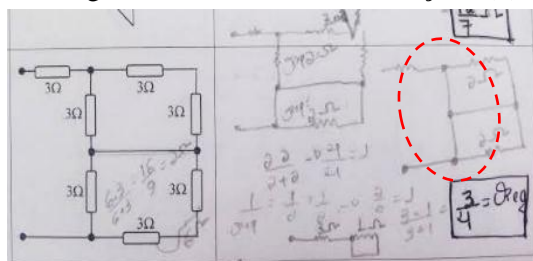
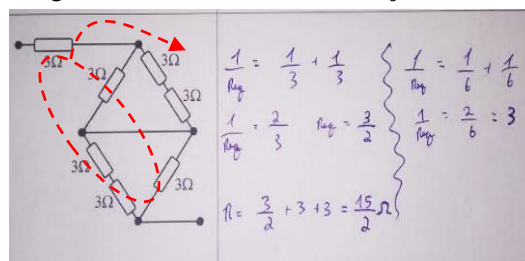
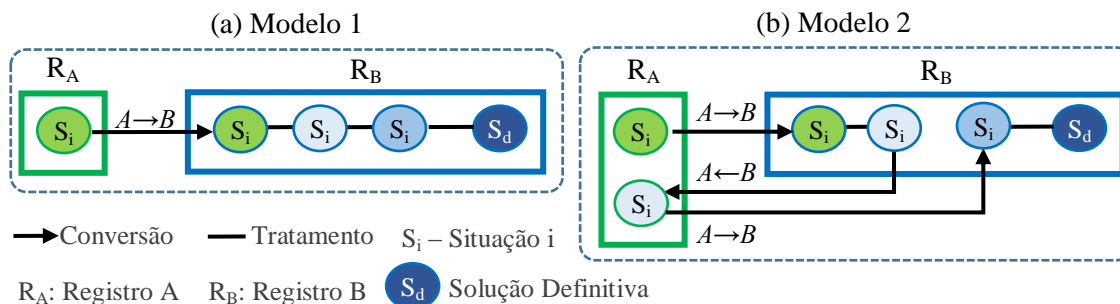


Figura 8 – Protocolo: E2, situação 1(c).



A aparência em losango de parte da rede resistiva remete a estudante à conclusão de que há paralelismo entre os resistores dispostos sobre ramos que se assemelham a retas paralelas no espaço. Para esta situação, os protocolos, em geral, tiveram dois modelos de resolução (Figuras 9a e 9b). No primeiro modelo (Figura 9a) o estudante efetuava a conversão do registro fornecido na situação para a forma algébrica ( $R_A \rightarrow R_B$ ) e permanecia realizando tratamentos neste segundo registro nele até a apresentação da solução definitiva ( $S_d$ ).

Figura 9 – Modelos de resolução mobilizados pelos estudantes em protocolos de resolução.



No segundo modelo de resolução (Figura 9b) o estudante realiza conversões e tratamentos parciais em cada registro, considerando movimentos bidirecionais no caso da



conversão. Este segundo modelo é cognitivamente mais complexo que o primeiro, requerendo a aplicação de uma maior quantidade de regras.

#### 4.2. Situação 2 – Associação de resistores em placa de circuito

Para avaliar a apreensão conceitual da associação de resistores em uma situação de caráter prático e profissional, foi solicitada a análise de uma placa de circuito (Figura 10). Aos estudantes foi demandada a análise da forma de conexão entre dois resistores. Três opções de resposta foram disponibilizadas: (i) estarem conectados em série, (ii) estarem conectados em paralelo ou (iii) não estarem conectados.

É interessante observar nesta situação que 50% dos 08 estudantes que responderam ao quesito acertaram, assinalando que existe seriação entre os resistores. Dos que não obtiveram êxito, 2 indicaram que os resistores se encontravam em paralelo e outros dois assinalaram que os resistores não estavam conectados. Chama atenção o protocolo do estudante E3, o qual, apesar de sobrepor os resistores à máscara de ligações, não conseguiu visualizar o objeto (Figura 11). Nesta situação o estudante compara a sua percepção imediata sobre seriação e paralelismo com o registro semiótico da imagem. Ocorre tal como uma evocação do modelo ou de características que se conhece *a priori*, mas que não estão presentes intuitivamente uma vez que, para grande parte dos ingressantes em cursos de engenharia elétrica, esta é uma representação pouco familiar.

Figura 11 – Placa de circuito impresso: Situação 2.

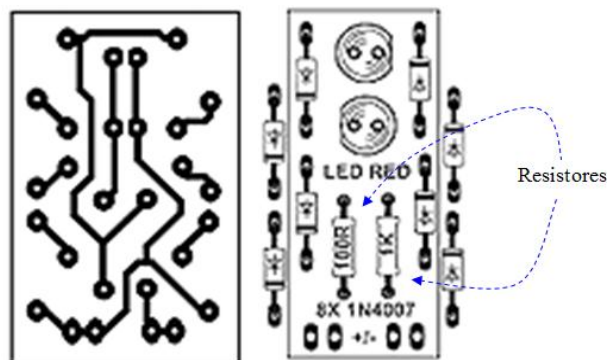
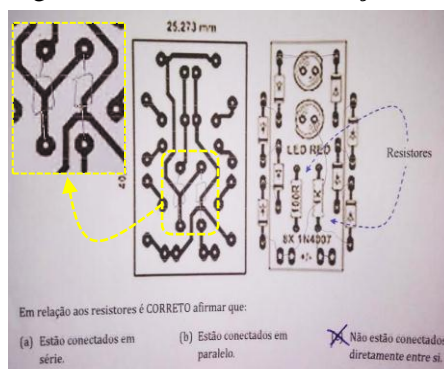


Figura 11 – Protocolo de solução: E3



Durante a realização da situação percebemos que as análises pelos estudantes levaram razoável tempo, como que necessitassem disto para compreender as novas unidades de informação, atualizando a atenção ao objeto e a regras de conformidade.

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Questões semióticas podem ser as responsáveis pela mobilização de concepções equivocadas e manutenção de dificuldades de aprendizagem junto aos estudantes. Há resiliência na espontaneidade do tratamento e da coordenação de representações diferentes de um mesmo circuito ou associação, principalmente em cenários de não-congruência de representações. Propositadamente, as análises foram realizadas em redes de resistores, destituindo os problemas, em geral, de fontes de alimentação e elementos que direcionassem a uma necessidade de avaliação multivariável (tensão, corrente, resistência). Esta ação intencional ocorreu no sentido de alertar para o processo de ensino-aprendizagem. Se os estudantes trazem consigo dificuldades ou concepções primitivas que levam a raciocínios equivocados quando se dispõe apenas de problemas relacionados à forma de conectar os componentes resistivos, é plausível indicarmos que parte dos erros observados por docentes





em conteúdos *a posteriori* não estão exclusivamente vinculados a eles, e sim a questões trazidas de estudos anteriores.

É plausível incorrer que o estudo clássico de Circuitos Elétricos pode incorporar aprendizagens específicas inovadoras baseadas na diversidade dos sistemas de representação. Há diferentes modelos de resolução. Isto deve modificar a postura do professor, sua relação com o conhecimento teórico, empírico e com as tecnologias para o ensino. De modo complementar, com o subsídio do campo semiótico é passível a promoção de um *ávit* qualitativo no desempenho e, desta forma, em relação à formação de competências profissionais. Há, no entanto, uma preocupação sobre a diversidade de situações e registros, a exploração do tratamento, da conversão, o papel da tecnologia e, principalmente, o que parecem ser obstáculos epistemológicos à aprendizagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATES, S.. The effects of learning cycle on college students' understanding of different aspects in resistive DC circuits. *Electronic Journal of Science Education*, v. 9, n. 4, 2005.
- CARLSEN, D. D.. Overcoming Student Preconceptions about Simple Series Circuits: Promoting Conceptual Change with Text Manipulations and A Microcomputer Simulation. Dissertation. Iowa State University, 1989.
- DORF, R. C.; SVOBODA, J. A.. Introdução aos Circuitos Elétricos. 7ª ed., 2008.
- DORNELES, P. F. T.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E A.. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I - circuitos elétricos simples. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.28, n.4, 487-496, 2006.
- DUVAL, R., & MORETTI, T. M. T.. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento (Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée). *Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática*, v.7, n.2, 266-297, 2012.
- DUVAL, R.. Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. In *Annales de didactique et de sciences cognitives*, v.5, n.1, 37-65, 1993.
- DUVAL, R.. Semiósio e pensamento humano: registros semióticos e aprendizagens intelectuais.(Trad.). Lênio Fernandes Levy e Marisa Rosâni Abreu da Silveira. São Paulo: Livraria da Física, v.2, 2009.
- ENGELHARDT, P. V.. Examining Students' Understanding of Electrical Circuits Through Multiple-Choice Testing and Interviews. Tese de Doutorado, North Carolina State University, 1997.
- FARIAS, R. J. C.; OLIVEIRA, A. L.; JÚNIOR, H. A.. Análise de aprendizagem com o uso dos softwares Pspice e Matlab na disciplina de circuitos elétricos I do curso de engenharia elétrica da UnB. *Anais: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. Juiz de Fora, 2014.
- FRAGA, J. R. C. P.; CASTRO, M. C.. Aprimoramento no ensino de circuitos elétricos utilizando programas de simulação. *Anais: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. Brasília, 2004.
- FRANZONI, G.; LABURÚ, C. E.; MOURA DA SILVA, O. H.. O desenho como mediador representacional entre o experimento e esquema de circuitos elétricos. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, v. 6, n. 1, p. 33-42, 2011.
- GRAVINA, M. H.; BUCHWEITZ, B.. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. *Revista brasileira de ensino de física*. Vol. 16, n. 1/4, p. 110-119, 1994.



KORGANCI, N. *et al.* The Importance of Inquiry-Based Learning on Electric Circuit Models for Conceptual Understanding. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v. 191, p. 2463-2468, 2015.

LABURÚ, C. E., GOUVEIA, A. A., & BARROS, M. A.. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: Uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.26, n.1, 24-47, 2009.

MARSHALL, J.. Students' Creation and Interpretation of Circuit Diagrams. *Electronic Journal of Science Education*, v.12, n.2, 2008.

MCDERMOTT, L. C.; SHAFFER, P. S.. Research as a Guide for Curriculum Development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American journal of physics*, v.60, 994-1003, 1992.

MENEZES, D. B. G.; MARTELLI, M. C.; ARAÚJO, J. P. L.. Circuitry - facilitando o aprendizado de circuitos elétricos no ensino médio e superior. *Anais: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. Natal, 2016.

NILSSON, J. W.; RIEDEL, S. A.. Circuitos Elétricos, 8ª. Edição. 5ª reimpressão, 2014.

SENCAR, S.; YILMAZ, E. E.; ERYILMAZ, A.. High school students' misconceptions about simple electric circuits. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, v. 21, n. 21, 2001.

VIEIRA, J. S. *et al.*. Conservação de corrente elétrica num circuito elementar: o que os alunos pensam a respeito? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 3, n. 1, p. 12-16, 1986.

## KNOWLEDGE CONSTRUCTING ON ELECTRICAL CIRCUITS: THE SEMIOTIC AND NEW REFERENCE REPRESENTATIONS ON LEARNING DIFFICULTIES

**Abstract:** *The main aim of the research is to discuss some learning difficulties in the process of knowledge construction on Electrical Circuits and to point out elements which can subsidize innovation actions. The origin of difficulties lies in the appropriation of the various representation systems which are adopted at the theoretical and empirical core. The Theory of Semiotic Representation Registers (TRRS) is used to reorganize knowledge, used to map the causes of misconceptions by the subjects Two situations carried out together with Electrical Engineering students will be presented. The process of "updating" a new representation is not a spontaneous and simple act when the signs to be used belong to an already constituted semiotic system. The immediate perception of the connections between components is influenced by the geometric appearance. The results justify the need for Treatment and Conversion scenarios due to the non-congruence phenomena between the representations. The understanding about the knowledge structuring through the multiplicity of signs is supported by TRRS, demarcating new references.*

**Key-words:** *Electrical Circuits, Engineering Education, Innovation, Semiotics.*