

Desenvolvimento da Aprendizagem Significativa de Eletricidade com o Auxílio Pedagógico de Simulação Computacional de Circuitos de Resistores Elétricos

Mario Jorge Nunes Costa¹, Júlio Wilson Ribeiro², Ubaldo Tonar Teixeira Góes¹,
Luciana de Lima³, Ricardo Diniz Souza e Silva⁴

¹ Secretaria da Educação Básica do Estado do Ceará (SEDUC) – Av. Gen. Afonso Albuquerque Lima, 1, Cambéba – 60.830-120 Fortaleza, CE – Brazil

² Departamento de Computação, Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) e Programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática (ENCIMA) – Universidade Federal do Ceará (UFC) – Fortaleza – CE – Brazil

³ (PPGE) e Instituto UFC Virtual – (UFC)

⁴ (SEDUC) e (ENCIMA) – (UFC)

costajorgemnunes@gmail.com, juliow@uol.com.br,
ubaldo_tonar3@yahoo.com.br, proluli@gmail.com, lourodiniz@bol.com.br

Abstract. *The current scenario of education demands changes in the pedagogical science proposals, according low rates of learning observed. This article, proposes the pedagogical use of computer simulation of resistance electrical circuit, in a research practice, in order to aid secondary students at the development of collaborative Ausubel's meaningful learning of electricity concepts. From the analysis of the data obtained resulting from the simulation activities, it possible to conclude that the students revealed evidence of competencies and skills development and also established interrelations between theory and practice.*

Resumo. *O cenário atual da educação demanda reformulação das propostas pedagógicas de ciências, face baixos índices de aprendizagem observados. Este artigo propõe o uso pedagógico de software de simulação computacional de circuitos de resistores elétricos resistivos, em uma prática investigativa, para auxiliar alunos de nível médio a desenvolverem colaborativamente a aprendizagem significativa ausubeliana de conceitos de eletricidade. Da análise dos resultados coletados decorrentes das atividades de simulação, é possível concluir que os alunos revelaram indícios de desenvolvimento de competências e habilidades, além de haverem estabelecido inter-relações entre teoria e prática.*

1. Introdução

A educação possui a função de promover a dignidade socioeconômica, uma vez que indivíduos mais escolarizados ascendem a melhores condições de trabalho e cidadania [Ribeiro 2012]. No contexto de uma educação de qualidade, uma das áreas primordiais é a educação científica, pois é apontada como: “imperativo estratégico de modo que as nações possam satisfazer as necessidades de sua população” [Cachapuz et al. 2005, p 20]. Contudo, a educação brasileira ainda amarga níveis educacionais insatisfatórios,

principalmente no campo da educação científica, o que é atestado em avaliações internacionais, citando a do PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos), quando nossa educação é analisada perante a de outros países e revela baixos níveis de proficiência em ciências [Costa 2013].

Em âmbito nacional e internacional, especialistas defendem que uma das alternativas para melhorar a qualidade da educação em ciências é mudar o perfil das práticas pedagógicas, de maneira que se possa promover a alfabetização científica, em detrimento à mera acumulação de conhecimentos científicos [Carvalho e Gil-Perez 2006; Pozo e Crespo 2009]. Tal alfabetização requisita o desenvolvimento de novas propostas pedagógicas, no sentido de se promover a facilitação da Aprendizagem Significativa [Ausubel 2003] de conteúdos.

A aprendizagem significativa de conteúdos de ciências pode ser viabilizada por meio do uso das tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC), uma vez que estas ferramentas vêm sendo empregadas continuamente para fins pedagógicos [Almeida e Valente 2011; Lima *et al.* 2012]. *Softwares* de simulação computacional, aliados a estratégias pedagógicas construtivistas, são apontados como recursos promissores para auxiliar o desenvolvimento da aprendizagem de Física [Dorneles, Araújo e Veit 2006; Finkelstein *et al.* 2005; Wieman, Adams e Perkins 2009].

Uma das contribuições do presente artigo constitui tecer reflexões sobre o uso pedagógico de *softwares* de simulação computacional, de modo a auxiliar o desenvolvimento da aprendizagem significativa de Física. Como ilustração, é apresentada uma discussão de resultados de campo de uma pesquisa, desenvolvida em uma Dissertação de Mestrado, em que os alunos utilizam recursos de simulação computacional de associações de circuitos de resistores elétricos para realizar a (re) construção de conceitos de eletricidade [Costa 2013; Ribeiro *et al.* 2008].

2. Uso pedagógico de *software* de simulação computacional na educação em ciências e desenvolvimento da aprendizagem significativa

Segundo Carvalho e Gil-Perez (2006), atualmente a educação científica deve ser trabalhada de forma que possa conjugar harmoniosamente as dimensões tanto conceituais, quanto formativas e culturais da ciência. Tal currículo escolar exige do aluno o desenvolvimento de competências e habilidades de modo a refletir, pensar, raciocinar e questionar [Ribeiro *et al.* 2011]. Para tanto, as propostas pedagógicas devem ser concebidas de maneira que os estudantes desenvolvam uma maior autonomia e autoria no processo de aprendizagem, para que possam construir conceitos, argumentar e raciocinar cientificamente [Carvalho e Gil-Perez 2006]. Neste contexto, o professor de ciências precisa repensar o ambiente escolar como um espaço de interação e aquisição cooperativa de conhecimentos sistematizados entre alunos e professores [Ribeiro 2012].

O desenvolvimento de espaços escolares interativos para promover a construção cooperativa de conhecimentos pode ser melhor trabalhado mediante o uso das TDIC [Almeida e Valente 2011]. No caso da Física, uma das tecnologias mais promissoras têm sido as simulações computacionais, pois, com o uso das mesmas, é possível promover o desenvolvimento de atividades pedagógicas, de competências e habilidades de aprendizagem dos estudantes, tais como: envolvê-los em atividades colaborativas que explicitem a natureza da pesquisa científica; reduzir a ambiguidade e ajudar a

identificar relacionamentos de causa e efeitos em sistemas complexos; desenvolver habilidades de resolução de problemas; permitir a formação de imagens mentais de fenômenos abstratos ou de alta complexidade e interatividade; promover a aprendizagem por descoberta [Gaddis *apud* Medeiros e Medeiros 2002; Wieman, Adams e Perkins 2009].

Apesar de representarem uma ferramenta educacional, Ribeiro *et al.* [2008] alertam que apenas disponibilizar tecnologias computacionais em sala de aula, sem conceber estratégias pedagógicas, não é capaz de favorecer o desenvolvimento da aprendizagem de ciências. O professor precisa adquirir novos saberes pedagógicos para poder averiguar como o aluno está desenvolvendo a aprendizagem, de tal modo que possa traçar ações, no sentido de promover uma aprendizagem mais efetiva [Carvalho e Gil-Perez 2006].

Para se conceber estratégias pedagógicas eficazes, a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003) pode servir como uma alternativa norteadora. Um ponto de partida para que ocorra a aprendizagem são os *conhecimentos prévios* que o aluno possui, servindo de âncora para as novas informações as quais é submetido. O autor propõe quatro princípios programáticos para facilitar o processo de aprendizagem que são: *diferenciação progressiva*, em que os conceitos mais gerais devem ser apresentados antes dos específicos e diferenciados em detalhes e especificidades; *reconciliação integradora*, que é um processo cíclico, o qual envolve o reconhecimento e (re) organização de novas relações entre conhecimentos prévios e os novos conhecimentos que se intencionam incorporar à estrutura cognitiva do aprendiz; *organização sequencial*, que corresponde à apresentação do conteúdo, obedecendo às dependências sequenciais que ele possui; *consolidação*, que é a contextualização de exercícios e práticas, de modo a maturar a aprendizagem. Ausubel (2003) também ressalta a necessidade de se desenvolver *organizadores prévios*, que são mecanismos pedagógicos utilizados para estabelecer ligações entre aquilo que o aluno já sabe e as novas informações que devem ser aprendidas.

Dorneles, Araújo e Veit (2006) conceberam situações de aprendizagem onde articularam e combinaram atividades de simulação computacional e estratégias pedagógicas, para favorecer a aprendizagem de conceitos de eletricidade. Para tanto, promoveram o uso do *software Modellus*, para que alunos universitários, de um curso de física geral, pudessem superar suas dificuldades de aprendizagem, concernentes a circuitos elétricos resistivos, combinando métodos colaborativos presenciais. Observaram que os participantes apresentaram um desempenho superior, em termos de domínio de situações problemáticas, frente a outros alunos que se submeteram apenas a aulas tradicionais. Em determinado outro trabalho, Finkenstein *et al.* (2005) utilizaram o aplicativo *Phet Circuit Construction Kit* [Costa 2013] com alunos de um curso de física geral, combinando o estudo de resistores em série e em paralelo e a construção de circuitos resistivos, com os métodos de predição, observação e explicação do comportamento de circuitos. Os autores concluíram que os alunos submetidos às atividades de simulação, obtiveram um melhor desempenho em questões conceituais, bem como uma maior facilidade em manipular componentes reais de circuitos, frente àqueles que se submeteram apenas a métodos tradicionais de aprendizagem.

A seguir, descreveremos uma pesquisa que se utilizou de *softwares* de simulação computacional, para promover a aprendizagem do tópico associação de resistores elétricos, segundo de uma perspectiva ausubeliana.

3. Contexto e Metodologia

Durante os meses de Outubro a Novembro de 2011, desenvolvemos uma prática pedagógica no contexto de uma pesquisa de mestrado [Costa 2013], com a intenção de integrar atividades de simulação computacional e prática de experimentação científica de bancada [Ribeiro *et al.* 2008, 2011], para promover a aprendizagem significativa do tópico associação de resistores elétricos. A pesquisa decorreu em uma escola da rede pública estadual cearense, localizada no município de Fortaleza, apresentando aspectos de pesquisa ação [Morin 2004]. Contou com a participação de uma turma de 22 alunos do 3^o ano do ensino médio, com faixa etária entre 17 e 20 anos, contando com o auxílio do Professor-Pesquisador, o qual atuou também como professor conteudista. A referência textual aos alunos participantes da pesquisa é feita pela seguinte identificação: ALUNO 1, ALUNO 2, ... *etc.*

Para que se pudesse promover a (re) construção de conceitos de eletricidade, foi adotada uma proposta pedagógica ausubeliana [Ausubel 2003], sendo a prática em questão realizada segundo três fases:

Fase 1: inicialmente foram efetivadas a *sondagem e avaliação dos conhecimentos prévios*, para tanto, os alunos responderam um questionário com problemas relacionados a teoria da associação de resistores elétricos;

Fase 2: em seguida, foram promovidas unidades didáticas para os alunos realizarem colaborativamente a inter-associação e (re) *construção* de conceitos de eletricidade, fazendo o uso de associação de resistores elétricos, através da execução de três ações. A primeira constituiu ministrar duas aulas teóricas, relacionadas a conceitos de eletricidade e associação de resistores elétricos. A segunda ação, encampou a realização de três atividades de simulação computacional, concernentes à associação de resistores elétricos, por meio do uso dos aplicativos *Phet Circuit Construction Kit DC* (<http://phet.colorado.edu/en/simulation/circuit-construction-kit-dc>) [Finkelstein *et al.* 2005; Wieman, Adams e Perkins, 2009] e *Crocodile* (http://www.crocodile-clips.com/en/Crocodile_Physics/) [Costa 2013]. A primeira atividade de simulação visava a construção de conhecimentos de eletricidade, fazendo-se o uso de associação de resistores em série, por meio de um circuito contendo três resistências associadas em série, as quais poderiam ser associadas a uma quarta resistência, quando se comutava a posição de uma chave elétrica, o que permitia aos alunos observarem alterações na voltagem e na intensidade de corrente elétrica que atravessava o circuito (vide figura 1 esquerda), através da leitura de amperímetros (caixas retangulares brancas na figura 1) e voltímetros virtuais.

Pedagogicamente, os alunos precisavam estabelecer inter-relações entre os conceitos de corrente, diferença de potencial e resistência elétrica para interpretarem os diferentes efeitos fenomenológicos e transientes observados e grandezas físicas medidas nas diferentes associações de circuitos elétricos [Costa 2013; Ribeiro *et al.* 2008].

A atividade de simulação 2 elencava como propósito a construção de conhecimentos sobre associação de resistores paralelo e mista (mistura de série e paralelo), através de um circuito contendo um arranjo de dois resistores associados em

paralelo. Estes também poderiam ser associados em paralelo a um terceiro resistor, caso se fechasse uma chave (interruptor na região esquerda e superior do circuito, vide figura 1 direita). Estes resistores eventualmente poderiam ser associados em série com um quarto resistor, formando uma associação mista de resistências, ao se deixar aberta à chave na parte mediano-direita do circuito.

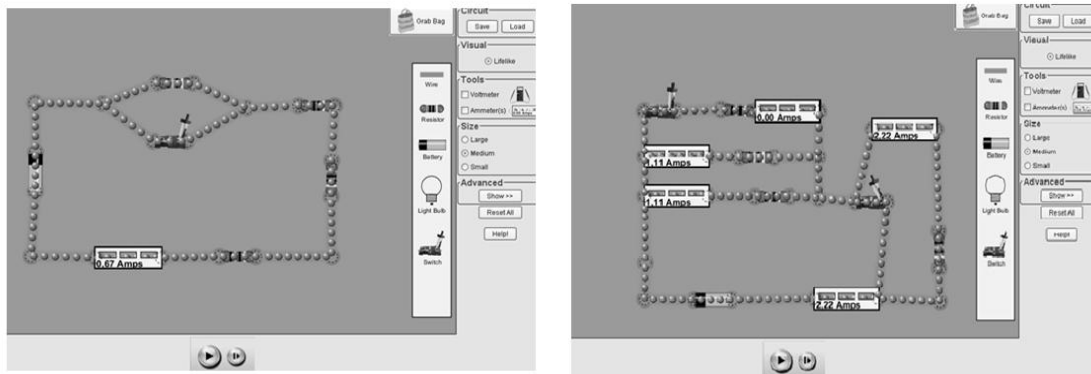


Figura 1: Atividades de simulação 1 (figura da esquerda) e 2 (figura da direita) para construção de conhecimentos relativos à associação de resistores em série e em paralelo de resistores respectivamente, através do uso do software *Circuit Construction kit dc*, do site *Phet* (<http://phet.colorado.edu/en/simulation/circuit-construction-kit-dc>).

A atividade de simulação 3 (vide figura 2) consistia em um circuito semelhante ao da atividade 2, contudo foi desenvolvida com o uso do *software Crocodile* [Costa 2013]. Alternativamente, o *software Crocodile* simula o brilho de lâmpadas incandescentes, que fazem o papel pedagógico de resistores, para que os alunos possam re-significar e consolidar a construção de novos conhecimentos [Ausubel 2003], relativos a circuitos elétricos resistivos, fundamentando-se na análise e interpretação do brilho de lâmpadas e utilizando seus conhecimentos prévios sobre associação em série e paralelo de resistores elétricos. À medida que cada interruptor do respectivo circuito era aberto ou fechado, sua configuração sofria alterações, de modo que o brilho das lâmpadas, que corresponde a uma estimativa qualitativa da potencia elétrica irradiada, também era modificado. Desse modo, o aluno poderia relacionar a alteração de potencia elétrica, irradiada e observada através da intensidade do brilho de cada lâmpada, com as correspondentes variações locais nos parâmetros de corrente, diferença de potencial e resistência elétrica, no correspondente trecho do circuito associado.

A ação número três da fase 2 consistiu no desenvolvimento de uma prática de bancada, para fins de *consolidação de aprendizagem* [Ausubel 2003], focando-se na integração pedagógica de atividades de simulação e experimentação [Ribeiro *et al.* 2008]. O circuito utilizado era semelhante ao apresentado na atividade de simulação 3, no qual os alunos deveriam ordenar e interpretar o problema da ordem do brilho de lâmpadas, com base nos conhecimentos teóricos de eletricidade e associação de resistores elétricos. Finalmente, na fase 3 da prática pedagógica, os alunos responderam a um questionário de opinião, com a intenção de avaliar que contribuições o uso da simulação trouxe para suas aprendizagens. Em cada fase da prática pedagógica, o conjunto de dados coletados consistiu em: registros textuais, elaborados pelos alunos no

questionário de conhecimentos prévios e de pesquisa de opinião, transcrição de falas do professor pesquisador e dos alunos, gravadas em áudio durante o transcurso das atividades de simulação da associação de resistores elétricos e da prática de bancada. Também foram coletados registros textuais, elaborados pelos alunos nos roteiros impressos de ambas as atividades [Costa 2013].

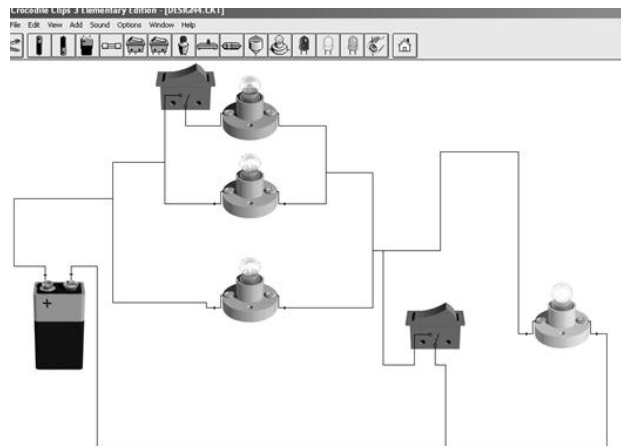


Figura 2: atividade de simulação computacional 3, concernente ao problema do brilho de lâmpadas elétricas, realizada por meio do software Crocodile (http://www.crocodile-clips.com/en/Crocodile_Physics/).

No presente artigo, apresentamos, no item resultados e discussão, a análise de alguns dos dados multidimensionais coletados da sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos (fase 1) e de falas e registros textuais dos roteiros impressos que foram produzidos durante a atividade de simulação 1, (fase 2) e que continham indícios de desenvolvimento de aprendizagem significativa [Costa 2013].

O procedimento para se realizar a análise qualitativa multidimensional foi operado a partir da combinação da metodologia da análise textual discursiva (ATD) [Moraes e Galiazzi 2011] e da metodologia de análise classificatória hierárquica, implicativa e coesitiva, esta última efetivada com o uso do *software CHIC* [Costa 2013]. Tal procedimento resultou num processo cíclico, que foi constituído por 3 estágios [Costa 2013].

No primeiro, seguindo um processo de “análise” os dados foram “fragmentados, (re) significados e (re) agrupados”, sendo arranjados na forma de “unidades”. No segundo estágio, num processo de “síntese”, as “unidades” foram (re) agrupadas e aglutinadas, na forma de “categorias”. No terceiro, num processo de análise hierárquica e relacional, para interpretar as informações contidas nas categorias, estas foram processadas, através do uso do *CHIC*, que gera, em suas saídas de dados, as denominadas árvores de similaridade, que são formas de representação gráfica, hierárquica e relacional das categorias. Em seguida, é possível, partindo-se da análise interpretativa e relacional dos arranjos das categorias nas árvores, sob a luz do referencial teórico e objetivos adotados na Dissertação, se produzir metatextos interpretativos, resultando assim um novo emergente, que permite se investigar o surgimento de indícios de Aprendizagem Significativa [Ausubel 2003] de conceitos de eletricidade e circuitos elétricos, o que é apresentado e discutido na seção seguinte.

4. Resultados e discussão

Durante a realização da fase 1 [Costa 2013], *sondagem e avaliação de conhecimentos prévios* [Ausubel 2003] dos alunos, foi possível se mapearem dificuldades de aprendizagem relativas ao tópico Associação de Resistores Elétricos [Dorneles, Araújo e Veit 2006], entre elas: dificuldades de compreensão dos conceitos de diferença de potencial, corrente e resistência elétrica, dificuldades de compreensão e de cálculo de resistência equivalente, dificuldade de identificar a representação imagética e uso de aparelhos de medição elétrica, limitações para inter-relacionar conceitos de corrente, diferença de potencial e resistência elétrica.

Na fase 2 [Costa 2013], no decorrer do procedimento 3 da atividade de simulação 1, que consistia nos alunos modificarem a configuração do circuito elétrico, passando de quatro para três resistências em série, por meio de alteração na posição de uma chave elétrica, identificamos que os aprendizes desenvolveram a habilidade de *perceber alterações na intensidade de corrente elétrica, em virtude de alterações na configuração do circuito elétrico* (categoria **AS01**) através da leitura de um amperímetro virtual. O diálogo a seguir ilustra a ocorrência de tal categoria, em que o ALUNO 14 realiza o procedimento interagindo com o Professor-Pesquisador:

Professor-Pesquisador: *O que aconteceu com a corrente elétrica no circuito uma vez que a chave foi fechada?*

ALUNO 14: *O ampères aumentou* (observa-se que o ALUNO 14 utilizou uma linguagem coloquial, concepção alternativa [Dorneles, Araújo e Veit 2006], para expressar que houve um aumento no valor da corrente elétrica virtual, medida com o amperímetro).

De maneira análoga, o procedimento 4 da atividade de simulação 1 solicitava que os alunos medissem e observassem alterações na diferença de potencial elétrico entre dois pontos do circuito, à medida que a posição da respectiva chave fosse alterada, na qual observamos que os alunos foram capazes de perceber alterações na diferença de potencial elétrico, em virtude de modificações na configuração do circuito elétrico (categoria AS02). Um exemplo do surgimento da categoria AS02 é o registro textual efetuado pela equipe dos ALUNOS 3 e 17 no roteiro da respectiva atividade:

ALUNOS 3 e 17 (registro textual elaborado colaborativamente): *Chave aberta= 16.67 V.*

ALUNOS 3 e 17 (registro textual elaborado colaborativamente): *Chave fechada= 16.00V.*

Nos registros textuais supracitados, a respectiva equipe de alunos identifica que, com a chave aberta, que significa construir o circuito com quatro resistências associadas em série, a diferença de potencial elétrico entre dois pontos do circuito, medida pelos alunos, é de 16,67 volts, enquanto que com a chave fechada, que corresponde a ter um circuito de apenas três resistências em série, a diferença de potencial elétrico medida entre os respectivos pontos passa a ser 16,00 volts. Teoricamente era esperado que ocorresse diminuição no valor da diferença de potencial elétrico entre os respectivos dois pontos, quando a resistência diminui, o que foi visualizado pelos alunos. Tomando por base as narrativas colaborativas supracitadas observa-se que, com o desenvolvimento dos procedimentos 3 e 4 da atividade de simulação 1, resultando no surgimento das categorias **AS01** e **AS02**, os alunos, apesar de conseguirem identificar

alterações nos parâmetros de intensidade de corrente e diferença de potencial elétrico do circuito de resistores associados em série, não são capazes de vincular tais alterações com modificações na resistência equivalente do respectivo circuito. Desse modo, entendemos que o surgimento das respectivas categorias corresponde a um indício de formação de *organizadores prévios* [Ausubel 2003] de leitura e interpretação de medidas de diferença de potencial e corrente elétrica, tão necessários ao longo do desenvolvimento da prática pedagógica, bem como superação das dificuldades de realizar medições e identificar a representação imagética de aparelhos de medição elétrica [Dorneles, Araújo e Veit 2006], dificuldade esta detectada na fase 1 da prática pedagógica.

Da análise dos dados, verificamos indícios, através da utilização da metodologia da análise hierárquica e relacional, que as categorias **AS01** (*perceber alterações na intensidade de corrente elétrica em virtude de alterações na configuração do circuito elétrico*) e **AS02** (*perceber alterações na diferença de potencial elétrico em virtude de modificações na configuração do circuito elétrico*) correlacionaram-se com as categorias **AS03** (*identificar que alterações na diferença de potencial elétrico de um trecho de circuito estão vinculadas a alterações na corrente e/ou na resistência elétricas deste mesmo trecho*) e **AS07** (*simular computacionalmente a medição e registro de grandezas físicas, utilizando voltímetro e amperímetro*). O surgimento de ambas as categorias, **AS03** e **AS07**, pode ser relacionado ao desenvolvimento do procedimento 5 da atividade de simulação 1, que consistia em verificar alterações nas intensidades de corrente e diferença de potencial elétrico, em um trecho do circuito da respectiva simulação, uma vez que os alunos realizassem alteração no resistor elétrico virtual do respectivo trecho, como ilustra o registro textual abaixo elaborado pela equipe dos ALUNOS 17 e 5:

ALUNOS 5 e 17 (registro textual elaborado colaborativamente): “... com 10,0 resistor, com a chave fechada fica em -6,67V e os amperes ficam em 0,67. Com 100,00 resistor, com a chave fechada fica em -16,67V e os amperes em 0,17.”

No respectivo registro textual a equipe de alunos 5 e 17 relata que, quando a resistência do trecho passa de 10 ohms para 100 ohms, a diferença de potencial elétrico, no respectivo trecho, passa de 6,67 para 16,67 volts, enquanto que a intensidade de corrente elétrica passa de 0,67 para 0,17 ampères, o que é fisicamente esperado. Este registro textual é uma evidência que, por meio da atividade de simulação computacional 1, os alunos foram capazes de inter-relacionar conceitos de diferença de potencial, corrente e resistência elétrica, configurando-se como indício de *reconciliação integradora*, o que contribui para se trabalhar de forma construcionista e colaborativa o processo de superação das dificuldades de aprendizagem, detectadas na fase 1 da prática pedagógica [Almeida e Valente 2011; Ausubel 2003; Dorneles, Araújo e Veit 2006; Finkelstein *et al.* 2005; Ribeiro *et al.* 2011].

Genericamente, a realização das diversas atividades da prática desencadeou o desenvolvimento de novas competências e habilidades dos alunos, levando-os a estabelecerem associações entre teoria e prática de circuitos elétricos, em detrimento da mera acumulação de conhecimentos científicos [Cachapuz *et al.* 2005; Carvalho e Gil-Perez 2006; Pozo e Crespo 2009].

5. Conclusões

Da análise qualitativa, hierárquica e relacional dos dados de campo da pesquisa, verificou-se que o uso pedagógico das TDIC [Almeida e Valente 2011], no presente artigo focado no *software* de simulação, revela evidências preliminares que seu uso contribui para auxiliar os alunos no desenvolvimento da aprendizagem e inter-relacionamento de conceitos básicos de eletricidade e circuitos de resistores elétricos [Costa 2013; Ribeiro *et al.* 2008, 2011].

Os resultados da análise da pesquisa retratam indícios da identificação e superação de algumas dificuldades de aprendizagem, que a realização de atividades de simulação auxilia os alunos no desenvolvimento de competências e habilidades, para o estudo de circuitos elétricos resistivos, e promove o surgimento de inter-relações entre teoria e prática. A conjunção destes elementos questiona se repensar a reformulação do papel da metodologia de ensino de ciências no currículo e a formação mais efetiva do professor e aluno [Cachapuz *et al.* 2005; Carvalho e Gil-Perez 2006].

Adiciona-se a esta conclusão que, é estratégico o uso pedagógico de princípios da aprendizagem significativa ausubeliana [Ausubel 2003], para organizar e promover o desenvolvimento das sessões didáticas de simulação computacional e auxiliar a construção de novos saberes [Carvalho e Gil-Perez 2006].

Sob a ótica de aspectos mais gerais da educação, ressalta-se a importância em promover mudanças no perfil da educação científica [Cachapuz *et al.* 2005; Carvalho e Gil-Perez 2006], notadamente a brasileira, na perspectiva de garantir a conquista da dignidade cidadã.

Sugerimos que, em futuras investigações, se procurem observar e compreender as diferentes formas e níveis de dificuldades de aprendizagem dos alunos, destacando a apropriação e (re) significação de conceitos de eletricidade, associação de resistores elétricos e outros campos das ciências e matemática, através de ações e propostas pedagógicas transdisciplinares, que favoreçam o uso articulado de *softwares* de simulação computacional e do laboratório de experimentação científica [Costa 2013; Ribeiro *et al.* 2008, 2011].

6. Referências

- Almeida, M. E. B.; Valente, J. A. Tecnologias e currículo: trajetórias convergentes ou divergentes? São Paulo: Editora Paulus, 2011.
- Ausubel, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- Cachapuz, A.; Gil-Perez, D.; Carvalho, A. M. P.; Praia, J.; Vilches, A. (Orgs.). A Necessária Renovação do Ensino das Ciências. São Paulo: Cortez Editora, 2005.
- Carvalho, A. M. P.; Gil-Perez, D. Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações- coleção questões da nossa época. São Paulo: Cortez, 2006.
- Costa, M. J. N. Realização de prática de física em bancada e simulação computacional para promover o desenvolvimento da aprendizagem significativa e colaborativa, Fortaleza, 2013. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Ceará.

- Dorneles, P. F. T.; Araújo, I. S.; Veit, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v 28, n 4, p. 487-496, 2006.
- Finkelstein, N. D.; Adams, W. K.; Keller, C. J.; Kohl, P. B.; Perkins, K. K.; Podolefsky, N. S.; Reid, S. When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics- Physics Educational Research* 1, 010103, 2005.
- Lima, L.; Ribeiro, J. W. ; Costa, M. J. N.; Loureiro, R. C. O Uso da Tecnologia Digital da Informação e Comunicação na Formação do Licenciando de Ciências. In *Workshop de Informática na Escola-WIE*, 18, 2012, Rio de Janeiro. Anais, Rio de Janeiro, 2012, p. 10.
- Medeiros, A.; Medeiros, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.
- Moraes, R.; Galiazzi, M. C. *Análise Textual Discursiva*. Ijuí: Unijuí, 2011.
- Morin, A. *Pesquisa-Ação Integral e Sistêmica: uma antropopedagogia renovada*. Rio de Janeiro: DP & A Editora, 2004.
- Pozo, J. I.; Crespo, M. A. G. *A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: do conhecimento cotidiando ao conhecimento científico*. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA). Resultados do PISA 2009: O que os estudantes conhecem e podem fazer. Desempenho dos estudantes em Leitura, Matemática e Ciências, v 1. Disponível em: <<http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/48852548.pdf>> Acesso em: 10 de Janeiro de 2012.
- Ribeiro, J. W.; Valente, J. A.; Freitas, D. B.; Martins, D. G.; Santos, M. J. C. Integração de Atividades de Educação em Ciências Utilizando TIC: Uma Experiência na Formação Continuada de Educadores do Ensino Médio. In *Seminário Web Currículo*, 1, 2008, São Paulo. Anais, São Paulo: PUC-SP, 2008, p. 10.
- Ribeiro, J. W.; Freitas, D. B.; Valente, J. A.; Lima, L.; Barros, M. J. C.; Lima, I. P.; Oliveira, R. G. M. Laboratórios de experimentação científica, informática educativa e aprendizagem significativa: integração de atividades na prática pedagógica. In: Pontes, A. N.; Pontes, A. (orgs.). *Educação & ciências: saberes interdisciplinares*. Belém: EDUEPA, 2011, p. 210.
- Ribeiro, J. W. Ensino de ciências: sociedade, TIC e laboratório de experimentação. In: Litto, F.; Formiga, M. (orgs.). *Educação a Distância: o estado da arte*, vol. 2, 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012, p. 443.
- Software de Simulação Computacional *Circuit Construction Kit DC*. Disponível em:<<http://phet.colorado.edu/en/simulation/circuit-construction-kit-dc>>. Acesso em: 10 de Maio de 2011.
- Software de Simulação Computacional *Crocodile Physics*. Disponível em:<http://www.crocodile-clips.com/en/Crocodile_Physics/>. Acesso em: 11 de Maio de 2011.
- Wieman, C.E.; Adams, W. K.; Perkins, K. K. PhET: Simulations Enhance Learning. *Science Magazine*, v 322, p. 682-683, 2009.