

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS UTILIZANDO UM AMBIENTE VIRTUAL DE ENSINO POR ALUNOS DA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

(Meaningful learning of concepts of electric circuits making use of a virtual teaching environment by students of Young and Adult Education)

Eliéverson Guerchi Gonzales [gonzales.eg@outlook.com]

Paulo Ricardo da Silva Rosa [paulo.rosa@ufms.br]

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências – UFMS

CCET - Cidade Universitária - Campo Grande/MS – Brasil

Resumo

Neste trabalho é apresentada a elaboração, aplicação e avaliação de uma sequência didática que trabalhou os conceitos fundamentais de eletricidade, como a intensidade da corrente elétrica, a resistência elétrica e a associação de resistores na Educação de Jovens e Adultos (EJA). A elaboração da sequência didática e das ferramentas de coleta de dados foi guiada pela Teoria da Aprendizagem Significativa e pelo Modelo de Mudança Conceitual. O material instrucional utilizado na sequência didática foi um Ambiente Virtual de Ensino (AVE), contendo assuntos relacionados aos circuitos elétricos simples. A metodologia utilizada teve natureza qualitativa e quantitativa, com utilização de grupos de controle (aulas tradicionais) e experimental (grupo que utilizou o AVE). A coleta de dados ocorreu em três etapas: entrevista clínica semiestruturada, teste dissertativo com imagens que representam os objetos reais dos circuitos elétricos simples e teste dissertativo com imagens dos circuitos representadas por símbolos utilizados na Física, antes e depois da aplicação da sequência didática proposta. Os resultados, tanto quantitativos quanto qualitativos, apontam uma diferença significativa dos pós - testes do grupo experimental em relação aos pós – testes do grupo controle, mostrando indícios de aprendizagem significativa pelo grupo que utilizou o AVE.

Palavras-chave: ambiente virtual de ensino; simulação dinâmica; mudança conceitual.

Abstract

This paper presents the design, implementation and evaluation of a teaching sequence that worked the fundamental concepts of electricity, as the intensity of the electric current, the electrical resistance and the combination of resistors in the Youth and Adult Education. The instructional material used as support of the teaching sequence was a Virtual Teaching Environment (VTE). The Virtual Teaching Environment includes issues related to simple electric circuits and its development is based on the principles of progressive differentiation and integrative reconciliation as proposed by the Meaningful Verbal Learning Theory by David Ausubel. Another milestone of this work is the Conceptual Change Model by Posner and colleagues. In order to evaluate the impact of the proposed teaching sequence on the students' learning of the subject we made use of qualitative and quantitative analysis. For this goal, two classrooms in the second phase of Education of Young and Adult level were divided into control and experimental groups. The experimental group had access to the content through the VTE, while the control group accessed the content in the format of the traditional classroom. Data were collected in three moments: semi-structured clinical interview, test dissertation with real images of the components of simple electrical circuits and test dissertation with symbols usually used in physics to represent the electrical circuit components. All tests were applied before and after instruction. These tests were designed to search for evidence to the promotion of meaningful learning and conceptual change in students' beliefs. The results, both quantitative and qualitative, indicate a significant difference in the post-tests of the experimental group as compared to the post-tests of the control group which points out to the positive effect of the proposed teaching sequence in to develop meaningful learning by the experimental group.

Keywords: virtual teaching environment; dynamics simulation, change conceptual

Introdução

No Estado de Mato Grosso do Sul, a Educação de Jovens e Adultos (EJA) é oferecida em nível médio pela Secretaria Estadual de Educação, com carga horária total de 1.200 horas (duas aulas semanais de Física). Os conteúdos propostos seguem os sugeridos para o ensino regular, com algumas alterações devido à redução da carga horária. A maioria dos alunos da EJA é formada por alunos que abandonaram seus estudos no período propício a sua realização e, frequentemente, o retorno à sala de aula advém da necessidade de abrir espaço no competitivo mercado de trabalho. Para esses alunos, aulas expositivas limitadas ao uso de giz e lousa, são desmotivadoras e não promovem a Aprendizagem Significativa dos conceitos de Física, colocando a necessidade do desenvolvimento e avaliação de novas metodologias para o ensino que levem em conta as experiências de vida desses alunos, pois são pessoas que já tiveram acesso ao conteúdo programado a ser ensinado de maneira formal, no período em que frequentaram a escola regular ou em cursos técnicos, ou informal, devido às suas experiências empíricas (Merazzi & Oaigen, 2008; Krummenauer & Costa, 2009).

Uma alternativa ao ensino tradicional, com potencial para levar os alunos da EJA a aprenderem significativamente conceitos em Física, é o uso de ambientes de ensino informatizados, compostos por textos, simulações e materiais audiovisuais. Para que isto seja efetivo, de modo que as potencialidades deste tipo de ambiente se tornem realidade, é necessário que os professores sejam capacitados para entender a parte técnica destes recursos, que saibam realizar o planejamento de sua utilização como ferramenta pedagógica e não como um atrativo sem mínima relação com o conteúdo em questão (Rosa, 2011). Segundo Eichler e Del Pino (2006), são encontrados recursos tecnológicos disponíveis para utilização em sala de aula que, tecnicamente, apresentam estruturas espetaculares relativos aos efeitos e *design*. No entanto, em sua maioria, esses recursos apresentam carências pedagógicas e nem sempre têm o foco no objetivo principal que é a aprendizagem de quem os está utilizando.

Uma das vantagens do uso dos ambientes de ensino informatizados (Ambientes Virtuais de Ensino, AVE) é que eles propiciam aos alunos usarem suas concepções alternativas para explicar determinadas situações-problema que não aparecem no cotidiano. A identificação destas concepções por parte do professor favorece a elaboração de estratégias de ensino (Talim & Oliveira, 2001; Pacca et al., 2003; Dorneles, Araujo, & Veit, 2006; Coelho, 2002; Gouveia, 2007; Pessanha & Al., 2011).

Em particular, no presente trabalho, nos interessam as categorias das concepções espontâneas referentes à corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica como as discutidas por Pacca *et al.* (2003) e que são as mesmas encontradas por Dorneles *et al.* (2006). Nesse trabalho, os autores fizeram uso de simulações para trabalhar com circuitos elétricos utilizando o software *Modellus*, verificando que o desempenho no âmbito de domínio de situações – problema dos alunos que desenvolveram atividades de modelagem e simulação computacionais acrescidas à estratégia de ensino proposta foi superior em relação aos alunos que não tiveram contato com a modelagem.

Gouveia (2007) investigou o ensino de circuitos elétricos utilizando como ferramenta o uso de desenhos. Naquele trabalho, o pesquisador trabalhou com imagens de elementos reais que constituem um circuito elétrico simples. Após a instrução, o pesquisador construiu circuitos elétricos em diferentes configurações e pedia aos alunos para representar o circuito elétrico com desenhos. Foi verificado que dificuldades com as representações simbólicas apontam problemas conceituais graves. Os erros de esquematização gráfica foram motivados pelo não domínio dos conceitos científicos. Quanto às dificuldades conceituais, o trabalho demonstra que o uso de desenhos é um instrumento auxiliar para explicitar e acusar as dificuldades dos alunos. Além disso, o professor pode atuar prontamente no sentido de ajudar a superar esses obstáculos, usando uma

linguagem mais próxima dos alunos, evitando, a priori, a relação entre os conceitos e suas representações simbólicas abstratas.

No trabalho de Gobara *et al.* (2002), os autores utilizaram um software de simulação (*Prometeus*) como ferramenta para confrontar as concepções espontâneas apresentadas pelos estudantes envolvendo o conteúdo de mecânica. Ao utilizar o software, o aluno escolhia uma dada situação e o programa a simulava. Após algum tempo, o programa para e congela a imagem na tela. Em seguida, uma questão sobre as forças responsáveis pelo movimento observado é feita ao aluno, perguntando ao aluno sobre as forças responsáveis pelo movimento observado, apresentando afirmações, retiradas da pesquisa em concepções espontâneas, para que esse pudesse escolher uma correta. Após alguns segundos simulando o comportamento do sistema caso a resposta do aluno fosse verdadeira, o software pergunta ao estudante se deseja continuar utilizando aquela simulação ou trabalhar em outra situação. O programa em nenhum momento revelava a resposta correta, mesmo sendo certa a opção de simulação escolhida pelo aluno. O objetivo dos autores era que os alunos confrontassem suas concepções com o que observam.

Coelho (2002) procurou obter alguma compreensão sobre como professores de Física de nível médio que concebem e usam a Informática em sua prática pedagógica, bem como sobre suas expectativas e necessidades sobre esta tecnologia. As conclusões obtidas pelo autor, após apresentar aos professores objetos virtuais de aprendizagem, foi que há necessidade de que os professores atuantes no ensino médio conscientizem-se da necessidade da discussão crítica e profunda dos objetivos de sua prática e do papel das tecnologias digitais nesta, uma vez que a função das novas tecnologias não se resume apenas em transmitir o conhecimento, mas sim favorecer a construção do mesmo.

Monteiro *et al.* (2006) apoiaram-se na Teoria da Aprendizagem Significativa para elaborar um AVE (composto por textos e animações) no qual as Leis de Newton eram abordadas. Quando o aluno clicava nos nós de um mapa conceitual uma caixa na tela era aberta e apresentava a descrição do conceito.

Na investigação de Camiletti e Ferracioli (2001), os autores utilizaram o Ambiente de Modelagem Computacional STELLA em um curso de extensão intitulado *Representação e Modelagem de Sistemas Físicos com o Computador*. No ambiente, após a construção do modelo, é possível também visualizar as equações matemáticas de diferenças, geradas pelo STELLA. Segundo os autores, durante o processo de desenvolvimento do modelo computacional, várias dificuldades foram encontradas pelos alunos e, entre as principais, pode-se citar a falta de entendimento do conteúdo em estudo e do ambiente computacional. Ao utilizar o ambiente, alguns alunos tentaram representar por expressões matemáticas os conceitos trabalhados, tais como foram apresentadas no material instrucional, outros, porém, buscaram estabelecer conexões entre variáveis no sentido de representar a dependência entre elas. Apesar das dificuldades levantadas pelos autores, os mesmos concluem que a estratégia aplicada no curso propiciou aos estudantes construir seus próprios modelos e discutirem ideias que os levaram a progredir no processo de construção dos modelos.

Rodrigues *et al.* (2008) analisam que um ambiente virtual de aprendizagem eficiente é composto por quatro itens:

➤ *Conteúdo*: refere-se à abordagem dos temas de interesse do estudante e à forma de representação do conhecimento no ambiente virtual;

➤ *Formato*: compreende os parâmetros curriculares determinados pelo contexto institucional e os recursos humanos;

➤ *Infraestrutura*: está relacionado aos recursos computacionais empregados, o que inclui os programas (“softwares”) e os equipamentos (“hardwares”) computacionais;

➤ *Pedagogia*: corresponde ao planejamento da abordagem didática a partir dos tópicos do conteúdo programático, visando determinar a metodologia de ensino mais adequada para ministrar um determinado curso.

Os autores concluem que os recursos computacionais são bons complementos aos métodos tradicionais de ensino, devido à interatividade, ao acesso instantâneo à enorme quantidade de material disponível através da Internet ou pela possibilidade do uso do CD-ROM.

Diante desse quadro e da falta de trabalhos em nosso meio com foco nos alunos da EJA, o objetivo do trabalho foi criar e avaliar um Ambiente Virtual de Ensino, baseado nos conceitos da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa da Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel e Novak, 1980; Moreira, 1982; Moreira, 1983) e no Modelo de Mudança Conceitual de Posner e colaboradores (Posner, Strike e Hewson, 1982; Posner, Strike, Hewson e Gertzog, 1986; Strike e Posner, 1992) para o ensino de conceitos ligados ao tema Circuitos Elétricos Simples (CES), abordados no início da segunda fase da EJA. O ambiente virtual proposto, por fazer uso da Internet, apresenta outra característica que poderia beneficiar o aluno da EJA: a descentralização. Com isso, o *locus* do ensino deixa de ser exclusivamente o ambiente da escola, podendo o aluno acessar o conteúdo de outro local que tenha acesso à Internet.

Assim, este trabalho foi norteado pela seguinte questão básica: *quais as contribuições que um Ambiente Virtual de Ensino, produzido à luz dos princípios da diferenciação progressiva, da reconciliação integrativa e do Modelo de Mudança Conceitual, para a aprendizagem significativa de circuitos elétricos simples em alunos da Educação de Jovens e Adultos?*

Referencial teórico

Por estarem bem descritos na literatura, nos deteremos aqui na descrição dos aspectos do Modelo de Mudança Conceitual (MMC) e da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) mais relevantes ao nosso trabalho.

Para os autores do Modelo de Mudança Conceitual, ao se deparar com uma nova situação o aluno usa dois mecanismos para buscar o entendimento. O primeiro consiste em utilizar os seus conhecimentos prévios. Caso não tenha sucesso, o aluno busca redirecionar e reorganizar seus conhecimentos para conseguir o entendimento da situação. No que diz respeito ao MMC, o aspecto que mais nos interessa são as quatro etapas pelas quais os alunos deveriam passar para evoluírem suas concepções em direção às concepções científicas.

Na primeira deve ocorrer a *insatisfação* do aluno quanto às suas concepções existentes. O aluno precisa ser colocado frente a uma situação na qual sua ecologia conceitual falha ao tentar resolver um problema, caso contrário o aluno não encontrará motivos para buscar mudanças em seus conceitos, pois os mesmos satisfazem suas necessidades. Uma das fontes principais da insatisfação é a anomalia. Os alunos estão frente a uma anomalia quando tentam assimilar uma experiência de seu mundo diário a uma concepção e não alcançam o resultado esperado. Contudo, algumas possibilidades podem influenciar a busca de uma nova concepção pelos alunos. Para Posner *et al.* (1982), a mudança conceitual se torna difícil se os alunos: *i*) rejeitarem o problema; *ii*) ou insistirem em descobertas experimentais irrelevantes às concepções comuns de alguém.; *iii*) ou evitarem o conflito da nova concepção com a concepção existente; *iv*) ou tentarem assimilar a nova informação às concepções existentes.

A segunda condição sugere que o novo conceito deve ser *inteligível*. Os alunos devem estar aptos a entenderem como é estruturado o novo conceito para explorarem as possibilidades inerentes a ele. Para os alunos considerarem uma concepção alternativa, eles devem achá-la inteligível. A inteligibilidade é necessária, mas não equivalente ou suficiente para a mudança conceitual.

Por isso, além de inteligível a nova concepção deve aparecer inicialmente *plausível*. A plausibilidade é a terceira condição para a mudança conceitual. Os novos conceitos apresentados devem ter a capacidade de resolver problemas que os conceitos da ecologia conceitual não conseguiram, caso contrário, não serão escolhas plausíveis. A plausibilidade é também o resultado da consistência de conceitos com outros conhecimentos. Plausibilidade inicial pode ser pensada como uma etapa que antecede a nova concepção. Desta forma, aparecem pelo menos cinco caminhos pelos quais uma concepção pode se tornar inicialmente plausível: *i)* Encontrar a coerência com atuais crenças metafísicas; *ii)* Ser coerente com outras teorias ou conhecimentos; *iii)* Ser coerente com experiências passadas; *iv)* Criar imagens que combinam com o sentido de mundo; e *v)* Ser capaz de resolver problemas relacionados à mesma.

Por fim, a última condição proposta por Posner e colaboradores no primeiro MMC sugere a possibilidade que a nova concepção venha ser *fértil*. Assumindo a inteligibilidade e plausibilidade da nova concepção, esta precisará resolver anomalias aparentes. Para isso, o aluno tem que tentar ativamente mapear suas novas concepções para o mundo, ou seja, ele deve tentar interpretar as novas experiências com o novo corpo de conhecimento adquirido e então a nova concepção parecerá fértil.

Após uma gama de críticas, tanto dos próprios autores quanto por outros pesquisadores (Villani & Orquiza, 1993; Arruda & Villani, 1994; Chinn & Brower, *apud* Arruda e Villani, 1994; Mortimer, 1996; Villani & C., 1997), o MMC passou por algumas revisões sendo rerepresentado no início da década de noventa do século XX (Hewson, 1981; Hewson e Thorley, 1989; Hewson, 1992; Strike e Posner, 1992).

Segundo Strike e Posner (1992), as principais modificações no Modelo de Mudança Conceitual foram: *i)* A necessidade de conhecer a ecologia conceitual dos alunos, considerando seus motivos, objetivos, as fontes institucionais e sociais; *ii)* Atuais concepções científicas e pré-concepções são partes da ecologia conceitual dos alunos, portanto, devem ser vistas com outras componentes; *iii)* As concepções científicas e concepções alternativas podem existir em diferentes modos de representações e diferentes graus de articulação; *iv)* A necessidade do desenvolvimento da concepção do ponto de vista da ecologia conceitual; e *v)* A necessidade da interação da concepção do ponto de vista da ecologia conceitual.

Os elementos da ecologia conceitual (artefatos cognitivos, anomalias, analogias, metáforas, conhecimentos epistemológicos, conhecimentos metafísicos, conhecimentos em outras áreas de investigação e conhecimento das concepções concorrentes) são importantes pedagogicamente por dois motivos. O primeiro aponta aspectos potenciais existentes na estrutura cognitiva dos alunos e que devem ser identificados pelo professor. O segundo indica que esses aspectos são do tipo que leva o professor a providenciar instruções a fim de facilitar a mudança conceitual.

Os autores enfatizaram desde o início que não há razões para rejeitar a base epistemológica do modelo. Contudo sua elaboração ou formulação original sobre a teoria da mudança conceitual contém pressupostos implícitos que agora parecem ser questionáveis. Os autores citam três pressupostos.

Na formulação original do modelo, a teoria explicava como uma concepção alternativa poderia mudar para concepção científica. O segundo pressuposto implica na forma com que a mudança conceitual age sobre as concepções espontâneas encontradas na ecologia conceitual. Ao

reconhecer que estas concepções espontâneas desempenham um papel generativo nos pensamentos dos alunos, os autores conseguiram notar que a teoria inicial da mudança conceitual geralmente vê que as concepções espontâneas são objetos influenciados pela ecologia conceitual do estudante, mas não se atentaram muito com as maneiras pelas quais as concepções espontâneas interagem com a ecologia conceitual. O terceiro pressuposto indica que o MMC tem uma tendência excessivamente racional. Essa tendência enfraquece alguns fatores que fazem parte da ecologia conceitual e, dentre esses fatores, que deveriam ser agentes facilitadores da mudança conceitual, destaca-se a maneira pela qual os alunos aceitam a concepção científica ensinada pelo professor apenas para obter boas notas, mesmo que o conteúdo seja ininteligível.

Segundo Strike e Posner (1992), a revisão da teoria pode ser compreendida de duas maneiras. A primeira é dirigida para articulação teórica do programa de investigação e a segunda aponta a necessidade de preencher a lacuna entre o programa de ensino e as situações encontradas em sala de aula. Em relação à primeira, os autores ressaltam a importância de conhecer as variáveis cognitivas dos alunos, principalmente as variáveis que envolvem a ecologia conceitual. Também assumem que o modelo não é uma teoria de aprendizagem e, tampouco, de ensino. Quanto à segunda maneira de compreensão da teoria, os autores apontam que a primeira ação do professor, antes da instrução em sala de aula, é investigar as concepções espontâneas e a ecologia conceitual dos alunos. Por fim, há a necessidade de investigar a maneira racional da percepção de mundo dos alunos, pois, assim o trabalho do professor em provocar a mudança conceitual passará a ser significativo.

Outra contribuição importante ao MMC foi o estudo de Hewson (1981), que seguiu outra direção quanto ao processo de mudança conceitual e propôs novos termos que geraram uma maneira alternativa de interpretar o modelo. Um dos termos foi o *status de uma concepção* que corresponde ao nível que a concepção desenvolve em relação às condições de inteligibilidade, plausibilidade e fertilidade. Outro termo utilizado por Hewson (1981) foi *troca conceitual*, que é oriunda do enfraquecimento da concepção existente ao conflitar com a nova concepção. Em outro trabalho, Hewson e Thorley (1989), foi observado que a mudança conceitual ocorria devido à dinâmica de abaixar o status das concepções alternativas e elevar as concepções científicas. Hewson (1992) reforça que o conhecimento existente e os acordos sociais sobre o significado não só limitarão as novas experiências interpretadas, mas também influenciarão na percepção da situação. Desta maneira, conclui que duas pessoas expostas à mesma situação podem percebê-la e interpretá-la de maneiras diferentes, dependendo de seu conhecimento individual e de suas crenças. Por fim, o autor ressalta que a mudança conceitual contribui consideravelmente na maneira de pensar ao trabalhar com problemáticas no processo de aprendizagem.

Em pesquisa realizada por Pereira (2012), o pesquisador teve por objetivo reconsiderar o problema da mudança conceitual a partir de uma perspectiva sociocultural. No trabalho, o autor pesquisou na literatura os significados que são atribuídos ao conceito mudança conceitual. O termo utilizado por Posner e colaboradores foi classificado como abordagem clássica, que apresenta a sofisticação dada ao modelo a partir de sua gênese. Para o autor, apenas esta abordagem não é o suficiente para que promover a aprendizagem, uma vez que, mesmo sofrendo mudanças, o MMC preza pelas substituições de conceitos.

Nardi & Gatti (2008) chamam a atenção para a complexidade de se trabalhar com a mudança conceitual a partir de outros fatores que intervêm no processo de ensino e de aprendizagem. Para minimizar essa complexidade, os autores sugerem que os professores participem de capacitações com a finalidade de desenvolverem atividades para trabalharem com seus alunos em sala de aula.

Mesmo com as críticas sobre o MMC, esta pesquisa partiu da premissa que o aluno precisa ser estimulado para buscar uma nova concepção que lhe dê condições de interpretar o mundo no

qual está inserido. Para estimular o aluno na busca da nova concepção, que no caso particular deste trabalho é estimulá-lo a estudar circuitos elétricos simples, foi adotada a estratégia do conflito conceitual, ou seja, provocar a insatisfação do aluno com suas concepções prévias (POSNER *et al.*, 1982). Para provocar o conflito conceitual foi utilizado um simulador dinâmico de circuitos elétricos simples, disponibilizado na primeira etapa do AVE. No simulador dinâmico, o aluno precisará resolver duas tarefas que envolvem a construção de circuitos elétricos simples.

Como foi descrito, Strike e Posner (1992) assumem que o modelo não é uma teoria de aprendizagem. Isto implica que, uma vez provocado o desconforto com a antiga concepção, aos alunos devem ser ensinados os novos conceitos e a maneira como isso pode ser feito deve ser dada por uma teoria que modele o processo de aprendizagem. Por essa razão, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) forneceu o suporte teórico na elaboração do material instrucional e das ferramentas de coletas de dados.

O foco da Teoria da Aprendizagem Significativa são as modificações sofridas pela estrutura cognitiva do aluno quando uma nova informação se relaciona com uma informação já existente, conhecida como *subsunçor* (Ausubel, 1980; Moreira, 1983). Ausubel define a estrutura cognitiva como uma estrutura de ideias já existentes (conhecimentos) com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação.

O termo *subsunçor* é uma denominação dada por Ausubel ao conjunto organizado de conceitos, proposições ou ideias já existentes na estrutura cognitiva que servem de “âncora” para as novas informações contidas no material instrucional. Os *subsunçores* são de suma importância na teoria, uma vez que a aquisição do conhecimento depende da maneira pela qual a informação do material instrucional será relacionada com os *subsunçores* presentes na estrutura cognitiva. Quando as novas informações são apresentadas, interagem com os *subsunçores* existentes e, em decorrência deste processo, a estrutura cognitiva é modificada de tal modo que o indivíduo passa a resolver problemas mais gerais que não conseguia resolver anteriormente. Aqui, podemos apontar uma primeira conexão entre a TAS e o MMC: plausibilidade pode ser vista como a existência de *subsunçores* na estrutura cognitiva dos alunos.

Assim, para que o aluno aprenda significativamente os novos conceitos ensinados, é preciso que ocorram os processos de aquisição e organização dos significados na estrutura cognitiva (Moreira, 1999). A esses processos que envolvem diretamente a modificação dos *subsunçores* e, conseqüentemente, da estrutura cognitiva, Ausubel denomina *assimilação*¹, (Ausubel, 2003). A *assimilação* ocorre quando um novo conceito potencialmente significativo interage com um *subsunçor* ou um conjunto de *subsunçores* que servem de âncora para a nova informação. Enquanto ocorre a interação do novo conceito com o conceito já adquirido, ambos são modificados e dão origem a uma nova estrutura que, estará pronta para receber novos conceitos.

Segundo Ausubel, devido à dinâmica de aprendizagem, que é o produto da interação da nova informação com *subsunçores* já existentes, a nova estrutura cognitiva tende a se tornar cada vez mais estável para servir de âncora para informações futuras “[...] *estes novos significados desempenham um papel no aumento da estabilidade, bem como no aumento da força de dissociabilidade associada, que resulta da ligação dos mesmos às ideias ancoradas mais estáveis*” (AUSUBEL, 2003, p. 8).

Na TAS, a palavra é um símbolo (possuidor de um significado potencial) que, ao se relacionar com um objeto ou “coisas” origina um *significado*, composto por elementos que

¹ Apesar de o termo ser o mesmo do utilizado na teoria piagetiana, seu significado na Teoria da Aprendizagem Significativa é diferente.

exprimem o seu sentido. O significado pode ser tanto lógico quanto psicológico. O significado lógico é peculiar do material instrucional e depende da natureza do material e da maneira que ele está organizado, pois os conceitos contidos no material devem ser relacionados de forma não arbitrária e não literal aos subsunçores presente na estrutura cognitiva. A função do significado lógico é evidenciar condições substantivas e não arbitrárias entre os conceitos presentes no material e as ideias que fazem parte da estrutura cognitiva. Já o significado psicológico é propriedade idiossincrática da estrutura cognitiva do aluno. A interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes presentes na estrutura cognitiva do aluno dá origem a significados verdadeiros ou psicológicos (Ausubel, 2003), idiossincráticos, para cuja construção é necessário que o aluno apresente disposição em aprender. O significado psicológico surge da relação entre os subsunçores existentes na estrutura cognitiva do aluno com as informações que compõem o material potencialmente significativo. Como mencionado anteriormente, essa relação deve ser substantiva e não arbitrária. Na *aprendizagem mecânica*, o aluno internaliza as informações incorporadas de forma arbitrária, não estabelecendo conexões com a estrutura cognitiva.

Existem três condições fundamentais para que o aluno possa aprender de forma significativa (Ausubel, 1980): a disposição do aluno em relacionar o novo material de maneira não arbitrária e substantiva em sua estrutura cognitiva, a existência de informações prévias adequadas pelo aluno e o material a ser apresentado ao aluno ser potencialmente significativo. Entende-se por material potencialmente significativo um material que satisfaz três condições:

- Atende o interesse dos alunos pelo assunto;
- Define os subsunçores necessários para aprender o conteúdo proposto no material;
- É organizado de forma adequada.

Uma vez que o material seja potencialmente significativo dentro dos critérios lógicos, esse irá se relacionar com a estrutura cognitiva do aluno, de maneira substantiva e não arbitrária. Segundo Moreira (1980), por mais que o significado psicológico seja idiossincrático, não há como excluir a existência de relações sociais ou questões culturais que envolvem os alunos.

Para a promoção da Aprendizagem Significativa, existem dois processos que facilitam a aprendizagem: a *diferenciação progressiva*, que está diretamente ligada com a programação do conteúdo a ser ensinado e a *reconciliação integrativa*, cujo processo é o delineamento explícito de diferenças e similaridades entre as ideias relacionadas (Moreira, 1983).

Segundo Ausubel (2003), a diferenciação progressiva, notória na aprendizagem subordinada, ocorre quando há um processo de assimilação sequencial de novos significados modificando assim a estrutura cognitiva, para que esta seja suporte para conhecimentos futuros. No entanto, para promover a diferenciação progressiva, os conceitos contidos no material de aprendizagem devem estar organizados de tal maneira que os conceitos mais inclusivos sejam apresentados desde o início (Moreira, 2006).

A reconciliação integrativa, também característica do material de ensino, está fortemente relacionada com as aprendizagens superordenada, combinatória e subordinada, pois, alguns elementos presentes na estrutura cognitiva vão se reorganizar ao interagirem com a nova informação e, nesse processo, podem adquirir novos significados (Ausubel, 1980).

Ambiente didático

Para responder a questão básica de pesquisa, foi elaborado um Ambiente Virtual de Ensino (AVE), disponibilizado no endereço www.xxx.xxx.br/xxx. Esse ambiente foi utilizado pelos

alunos como material instrucional durante a aplicação da sequência didática na escola e poderia ser acessado fora do ambiente escolar.

No AVE, formatado de modo a evitar a utilização das barras de rolagens verticais e horizontais, os alunos foram orientados por um mapa conceitual que ficou disponível em todas as páginas. O mapa conceitual é uma ferramenta para organizar de maneira hierárquica os conceitos que serão apresentados aos alunos (Almeida & Moreira, 2008) e pode, também, ser utilizado como instrumento de avaliação (Krummenauer & Costa, 2009). A estrutura de um mapa conceitual é de diagramas bidimensionais que relacionam hierarquicamente os conceitos de uma disciplina (Moreira & Rosa, 1986). Nas diferentes telas do AVE, havia um mapa conceitual, localizado na parte superior direita da tela, que indicava aos alunos quais conceitos já tinham sido estudados e qual a sequência em que isso ocorreu. Essa organização das páginas tinha por objetivo proporcionar aos alunos a promoção da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa (Ausubel, 1980).

Da mesma maneira que a organização do AVE permite aos alunos promoverem a diferenciação progressiva do conteúdo, as páginas que apresentam os conceitos possibilitam aos alunos promoverem a reconciliação integrativa dos conceitos, pois para voltar aos conceitos mais inclusivos do AVE, o aluno precisa passar por todas as páginas cujos conceitos já foram estudados.

Os *links* referentes à mudança para páginas posteriores são encontrados na parte direita da página, com cores das fontes realçadas, ou seja, que diferem da cor do texto. Por fim, os *links* para acessar as páginas não formatadas (conteúdos encontrados em outros portais, ou arquivos de textos e apresentações de *slides*, os quais o aluno pode acessar ao clicar no *link* disponível para essa ação) são encontrados na parte inferior esquerda da tela. Em todas as páginas do AVE, houve diferenciação dos planos de fundo para facilitar a localização e navegação do aluno no ambiente. A utilização do AVE se deu em três momentos distintos. No primeiro momento, foram exploradas páginas que servem como norteadoras de navegação (fundo preto), nas quais foi incluído um estudo sobre mapas conceituais. Assim os alunos teriam condições de navegar no ambiente.

No segundo momento, foram apresentadas duas situações - problema para buscar as concepções dos alunos sobre circuitos elétricos simples e, conseqüentemente, provocar a primeira etapa da mudança conceitual, a insatisfação dos alunos frente às suas concepções. Para essa etapa, os alunos utilizaram um simulador dinâmico (Valente, 2002), no qual deveriam construir circuitos elétricos simples para cumprir a tarefa. O termo *simulador dinâmico* foi adotado para diferenciar simuladores que envolvem apenas mudanças de variáveis de simuladores que dão liberdade à criação dos alunos, ou seja, explorar o modelo² idealizado. O simulador dinâmico é composto por imagens que representam objetos concretos dos circuitos elétricos (Figura 1).

No segundo momento, foram apresentadas duas situações - problema para buscar as concepções dos alunos sobre circuitos elétricos simples e, conseqüentemente, provocar a primeira etapa da mudança conceitual, a insatisfação dos alunos frente às suas concepções. Para esta etapa, os alunos utilizaram um simulador dinâmico (Valente, 2002), no qual deveriam construir circuitos elétricos simples para cumprir a tarefa. O termo *simulador dinâmico* foi adotado para diferenciar simuladores que envolvem apenas mudanças de variáveis de simuladores que dão liberdade à criação dos alunos, ou seja, explorar o modelo³ idealizado. O simulador dinâmico é composto por imagens que representam objetos concretos dos circuitos elétricos (Figura 1).

² Este termo não deve ser confundido com seu uso na teoria dos modelos mentais de Philip Johnson-Laird.



Figura 1 - *Layout* da simulação utilizada para buscar as concepções prévias dos alunos.

Os elementos dos circuitos elétricos representados no simulador dinâmico foram: uma bateria, fios condutores de eletricidade, conectores, um interruptor (chave) e dois tipos de lâmpadas incandescentes, cujas resistências são de quatro ohms e doze ohms. Para mover os elementos virtuais, o aluno precisa clicar sobre o objeto do circuito e arrastá-los. A bateria é o único objeto que não é móvel.

No entanto, se o circuito for montado de tal maneira que um curto - circuito seja provocado, o fio condutor de eletricidade é rompido e a bateria emite um sinal, simbolizando o aquecimento do ácido sulfúrico, conforme a Figura 2. Ao término da montagem do circuito, basta clicar no interruptor (chave) para fechá-lo. Porém, as lâmpadas só acenderão se o circuito for ligado corretamente, respeitando a intensidade máxima de corrente elétrica percorrida em cada resistor.

Na primeira situação - problema, os alunos teriam que construir um circuito elétrico de tal modo que todas as lâmpadas viessem emitir luz com a mesma intensidade, mas com o menor brilho possível. Para cumprir essa tarefa, deveriam utilizar no mínimo três lâmpadas. A segunda situação - problema proposta exigia dos alunos a construção de um circuito elétrico no qual todas as lâmpadas viessem emitir luz com a mesma intensidade, mas desta vez com o maior brilho possível. Também nessa tarefa, os alunos precisavam utilizar três lâmpadas.

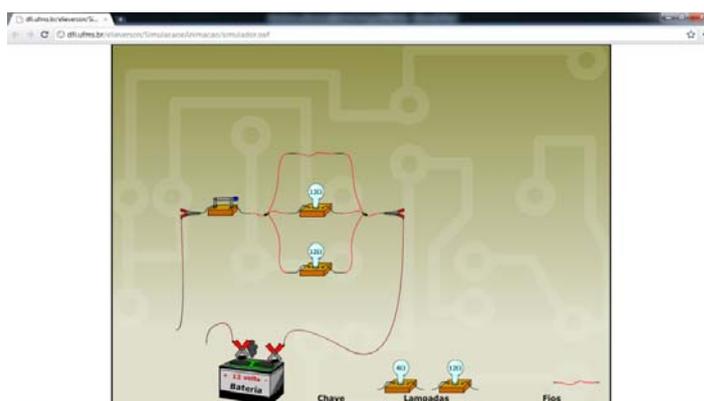


Figura 2 - A bateria libera uma fumaça e um fluido de coloração verde para representar o aquecimento interno devido ao curto - circuito.

Como a simulação não apresenta o valor da corrente elétrica, os alunos foram orientados, na página de apresentação da tarefa, que a máxima intensidade de corrente elétrica suportada pelo filamento das lâmpadas é de um ampère. Desta maneira, os alunos que construíssem um circuito em

paralelo, com três lâmpadas com resistência de quatro ohms, teriam o circuito interrompido, pois os resistores fundirão devido à alta temperatura.

Com o não sucesso na resolução da tarefa, a hipótese deste trabalho era que os alunos tenderiam a buscar novos modelos para explicar o mundo no qual estavam inseridos ou, ao menos resolvessem a tarefa que fora proposta. Neste momento, o novo modelo deveria apresentar concepções que fossem inteligíveis e plausíveis, pois assim os alunos poderiam demonstrar interesse em utilizá-lo (Posner *et al*, 1982).

No terceiro momento, os alunos tiveram contato com os conteúdos sobre circuitos elétricos simples. Esta etapa foi dividida em três seções: a primeira tratou de conceitos relacionados aos elementos que constituem os circuitos elétricos simples; a segunda, sobre as configurações dos circuitos elétricos e, por fim, a terceira seção foi dedicada para as propriedades físicas encontradas nos circuitos elétricos (Figura 3).

Cada seção da etapa *apresentação dos conteúdos* inicia com um mapa conceitual dos conceitos estudados. Destes mapas, foram feitos recortes que serviram como *links* nas páginas nas quais os conceitos foram inseridos. Pode ser citada, como exemplo, a seção que trata das propriedades físicas dos circuitos, para esclarecer o procedimento da reconciliação integrativa. Ao término do estudo na página que discorre sobre corrente elétrica contínua, os alunos precisam retornar à página do mapa das propriedades dos circuitos elétricos para dar continuidade aos estudos. Como o conceito de corrente contínua no mapa é subordinado aos conceitos de sentido da corrente elétrica e corrente elétrica, os alunos terão que clicar nesses conceitos até chegar ao *link* “propriedades”. Ao clicar neste *link*, acessará novamente o mapa das propriedades dos circuitos elétricos.



Figura 3 - Seções do conteúdo sobre circuitos elétricos simples.

As apresentações dos conceitos, nas três seções da etapa dos conteúdos, foram divididas em três níveis de abstração. Em todos os níveis, os textos foram usados para fundamentar os conceitos e, também, foram utilizados outros elementos (vídeos, simulações, animações e apresentações de slides) que exploram as características da mídia *computador*.

No primeiro nível, o conceito a ser explorado foi relacionado com o cotidiano dos alunos. Foram utilizados filmes ou animações como elementos facilitadores da aprendizagem. Na apresentação do conceito, um questionamento aos alunos era feito na página, antes mesmo de formalizar o conceito em questão. O segundo nível de abstração envolvia a aplicação do conceito. Neste nível, foram usadas simulações nas quais os alunos pudessem trocar os valores das variáveis envolvidas para observar os efeitos provocados por sua intervenção na simulação. Por fim, no último nível, os alunos poderiam acessar apresentações de slides trazendo a formalização matemática do conteúdo, quando necessário, ou *links* que os levariam para outras páginas da rede, nas quais poderiam obter mais informações sobre o conceito estudado.

A seção *elementos* contém conceitos que envolvem os elementos dos circuitos elétricos simples. Os conceitos estudados na seção elementos foram: materiais condutores de eletricidade, fontes de energia elétrica, condutores de alta condutividade elétrica, condutores de baixa condutividade elétrica, condutores ôhmicos e condutores não-ôhmicos. Na seção de *configurações dos circuitos elétricos*, foram estudados os seguintes conceitos: associação em série dos resistores, associação em paralelo dos resistores, associação mista dos resistores e resistência equivalente. Por fim, na seção das *propriedades físicas dos circuitos elétricos simples*, os conceitos foram embasados nos subsunçores mapeados dos alunos da EJA. Os conceitos discutidos na seção foram: potência elétrica dissipada, corrente elétrica, instrumentos de medidas, portadores de cargas elétricas, sentido da corrente elétrica, corrente elétrica contínua e corrente elétrica alternada.

Procedimentos de pesquisa e constituição dos dados

A pesquisa teve delineamento quase experimental, com aplicação de avaliações diagnósticas antes e após a interação dos alunos com o AVE em duas turmas (grupo de controle, G_c , com aulas tradicionais, giz e lousa, e grupo experimental, G_e , que trabalhou com o AVE) durante as aulas regulares de Física. Durante as atividades com o AVE, cada aluno utilizou um computador. Neste processo de ensino, funções ligadas às maneiras pelas quais os alunos interagem com o ambiente, as dúvidas apresentadas sobre a navegação, a manipulação dos elementos das simulações, o tempo utilizado para realização das tarefas e os resultados obtidos em cada tarefa puderam ser identificados individualmente pelos pesquisadores.

A Avaliação Diagnóstica Inicial (ADI) foi precedida de outra avaliação que procurou identificar a presença ou não dos subsunçores considerados essenciais à apresentação do conteúdo. Aqui é preciso diferenciar subsunçor de conhecimento prévio: enquanto os primeiros dizem respeito aos conceitos que precisam estar presentes na estrutura cognitiva, os segundos dizem respeito ao conhecimento prévio que os alunos têm sobre os conteúdos a serem ensinados. A ADI diz respeito aos segundos e teve como finalidade buscar as concepções prévias dos estudantes sobre circuitos elétricos e também mostrar a equivalência entre os dois grupos, uma vez que a amostragem não era aleatória.

A aplicação da ADI se deu em três etapas. Na primeira etapa, três alunos de cada grupo participaram de uma entrevista cujo objetivo foi conseguir o máximo de informações possíveis das respostas emitidas pelos alunos sobre as soluções das situações - problema sobre circuitos elétricos simples. Durante a entrevista foi usado um kit experimental com lâmpadas, soquetes, uma bateria, fios condutores de eletricidade e conectores, para trabalhar no nível concreto com o entrevistado. Durante a entrevista, o pesquisador construía circuitos elétricos e formulava aos alunos questões sobre o funcionamento dos mesmos. Ao término de cada resposta, fechava o circuito para que o entrevistado pudesse visualizar os efeitos da montagem. Tais efeitos eram oriundos do funcionamento ou não do circuito elétrico e também da intensidade dos brilhos emitidos pelas lâmpadas, pois as lâmpadas eram conectadas em dado momento em série ou em paralelo, dependendo da questão.

Na segunda etapa da Avaliação Diagnóstica Inicial (ADI-1), da qual todos os alunos dos dois grupos participaram, os alunos responderam um questionário dissertativo. O questionário continha imagens que simbolizavam os objetos concretos usados na construção dos circuitos elétricos (Apêndice I). As imagens utilizadas na segunda etapa do pré-teste representavam os objetos reais em sua forma original, ou seja, a lâmpada do teste era a representação de uma lâmpada em sua forma concreta, assim como a bateria, fios condutores de eletricidade e o interruptor. A proposta era analisar as respostas dos alunos conforme era aumentado o nível de abstração da interpretação dos circuitos elétricos, pois problemas de circuitos elétricos envolvendo imagens dos

elementos dos circuitos exigem um nível maior de abstração para interpretação. Segundo Gouveia (2007) uma imagem supõe uma matriz de contexto, uma capacidade de estabelecer a relação entre o referente e sua representação e para compreender tais imagens é indispensável um conhecimento de suas regras, códigos e significados.

Na última etapa da Avaliação Diagnóstica Inicial (ADI-2), também um questionário de caráter dissertativo, os elementos dos circuitos elétricos foram representados por símbolos usados na física para construção dos circuitos (Apêndice II). Por exemplo, o símbolo \square representa o resistor

e o símbolo $\text{—}| \text{—}$ representa a bateria. O objetivo desse teste foi avaliar os alunos no maior nível de

abstração quanto à interpretação dos problemas em relação aos fenômenos que envolvem circuitos elétricos simples. É oportuno frisar que o nível de dificuldade dos problemas, quanto às respectivas soluções, foram equivalentes nas três etapas da avaliação diagnóstica inicial. A diferença de uma etapa para a outra foi quanto à formatação dos problemas.

Após a busca das pré-concepções dos alunos em relação aos circuitos elétricos, foi aplicada a metodologia. Em cada grupo foram necessários cinco encontros de cem minutos. Os encontros foram conduzidos por um dos pesquisadores, que neste período do ano letivo ocupava o cargo de professor da Sala de Tecnologia Educacional.

Os conteúdos dos grupos G_c e G_e foram planejados de tal maneira que ambos iniciaram e encerraram o estudo de circuitos elétricos simples no mesmo período. Os encontros dos dois grupos aconteciam na mesma noite, o encontro com o G_c nos dois primeiros tempos antes do intervalo e o encontro com o G_e nos dois últimos tempos após o intervalo.

Dois dias após a realização do último encontro, foram aplicadas as Avaliações Diagnósticas Finais (ADF) com o mesmo nível de dificuldade em relação aos problemas iniciais. A estratégia para coleta dos dados foi a mesma da avaliação inicial, com uma entrevista (com atividade experimental demonstrativa) e dois testes escritos (imagens dos objetos reais, ADF-1, e imagem dos símbolos dos elementos, ADF-2). Assim havia possibilidade de analisar a evolução da interpretação dos alunos quanto aos problemas dos circuitos elétricos simples. Um aluno de cada grupo não quis participar destas avaliações finais.

A sequência didática elaborada para esta pesquisa foi composta por quatro encontros, com duração de cem minutos cada, que foram realizados na sala de tecnologia da escola. O uso do computador foi individual, uma vez que havia disponível trinta e quatro máquinas em bom funcionamento e com acesso à internet. A estrutura desses encontros encontra-se na Figura 4.

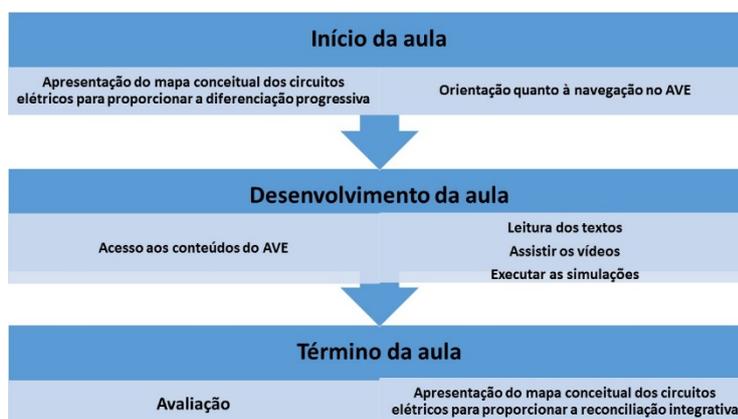


Figura 4 - Esquema da sequência didática elaborada desenvolvida durante as aulas

Análise dos Resultados

As primeiras análises são correspondentes aos testes aplicados para conhecer os subsunçores existentes na estrutura cognitiva do aluno. Os dois grupos responderam ao teste que foi composto por doze questões objetivas. Foram definidos como subsunçores relevantes para este trabalho: Lei de Coulomb, Linhas de Força, vetor campo elétrico, Lei de Coulomb, estrutura do modelo atômico de Bohr, eletrização por atrito, eletrização por contato, condutores de eletricidade, conservação da carga elétrica, eletrização por indução, intensidade da corrente elétrica e diferença de potencial. Responderam o teste treze alunos do grupo experimental e dezesseis alunos do grupo controle.

Quadro 1 - Resultado do teste dos conceitos subsunçores do grupo experimental e do grupo controle.

Número da questão.	Conceito envolvido na questão.	Número de alunos do Ge que apresentam subsunçores. Responderam ao teste 13 alunos.	Número de alunos do Gc que apresentamsunçores Responderam ao teste 16 alunos.
01	Lei de Coulomb	4	12
02	Linhas de Força	12	12
03	Vetor campo elétrico	5	8
04	Lei de Coulomb	2	2
05	Estrutura do Modelo atômico de Bohr	7	6
06	Eletrização por atrito	3	6
07	Eletrização por contato	5	7
08	Condutores de eletricidade	8	13
09	Conservação da carga elétrica	5	9
10	Eletrização por indução	5	12
11	Intensidade da corrente elétrica	4	8
12	Diferença de potencial	5	7

De acordo com o Quadro 1, a maioria dos alunos do grupo experimental não apresentou os conceitos subsunçores relacionados ao vetor campo elétrico, conservação da carga elétrica, intensidade da corrente elétrica e diferença de potencial, enquanto a maioria do grupo controle não apresentou os conceitos subsunçores relacionados à estrutura do modelo de Bohr e diferença de potencial. Após averiguar que os conceitos subsunçores necessários para aplicação do material instrucional não estavam claros na estrutura cognitiva da maioria dos alunos, o pesquisador elaborou uma aula expositiva com duração de cem minutos para trabalhar com os dois grupos envolvidos na pesquisa.

Nesta primeira parte da análise dos dados serão apresentados os resultados estatísticos quanto à fidedignidade dos questionários das avaliações diagnósticas, testes que foram respondidos por todos os alunos de ambos os grupos (Tabela 1). De acordo com Moreira & Rosa (2012), a alta fidedignidade dos dois testes assinala que os quatro questionários poderiam ser utilizados como instrumentos de coletas de dados.

Tabela 1 - Resultado da fidedignidade das avaliações inicial e final.

	DI-1	ADI-2	DF-1	AD2
Alfa de Cronbach (α)	0,94	0,86	0,96	0,89

A análise quantitativa dos resultados dos dois grupos nas avaliações (mostradas na Tabela 2) aponta que, inicialmente os dois grupos eram equivalentes, tanto nas questões que envolviam os desenhos dos elementos do circuito como em questões que envolviam o uso de símbolos. Chama a atenção o fato de que, inicialmente, a média do G_c era superior à média do G_e nas duas avaliações. Essa situação se inverte nas avaliações finais.

Após a utilização do AVE, os dois grupos possuem uma diferença estaticamente significativa ($p < 0,05$), com a média do G_e maior do que a média do G_c nos dois questionários. A diferença é mais significativa para a Avaliação Diagnóstica Final 2, que envolvia o uso de símbolos para os elementos do circuito elétrico (maior nível de abstração). Também pôde ser observado que os dois grupos aumentaram suas médias nas avaliações finais, quando comparadas com os resultados das avaliações iniciais. Como não houve diferença em relação ao conteúdo entre os dois grupos, as diferenças significativas entre as médias nas Avaliações Finais apontam que a sequência didática baseada no uso do AVE, elaborada para esta pesquisa, teve maior eficiência em comparação com as aulas tradicionais ministradas ao grupo de controle.

Tabela 2 - Análise dos resultados das ADI-1 e ADI-2.

	Grupos	Número de respondentes	Média	Variância	Teste t
1	ADI- G_e	12	2,13	4,49	$p < 0,211$
	G_c	18	4,30	3,88	
2	ADI- G_e	11	1,97	4,56	$p < 0,485$
	G_c	20	3,47	1,87	
1	ADF- G_e	12	5,13	16,08	$p < 0,050$
	G_c	16	4,38	3,19	
2	ADF- G_e	11	4,33	16,08	$p < 0,005$
	G_c	17	3,47	3,19	

Análise das entrevistas

Apesar de a análise estatística nos informar que existe diferença entre os dois grupos após a utilização do AVE pelo grupo experimental, ela não nos indica a origem desta diferença. Ou seja, qual o efeito do AVE sobre a aprendizagem de modo a torná-la significativa para os alunos do grupo experimental? Para elucidarmos este ponto, apresentaremos os modelos utilizados pelos alunos para construir suas respostas.

Na descrição das respostas dadas na entrevista será adotada a convenção de designar por A_e os alunos do grupo experimental e designar por A_c os alunos do grupo controle.

Na questão um, o aluno precisava explicar porque a lâmpada não acenderia se os fios fossem conectados a um único polo da bateria, enquanto na questão equivalente da avaliação final o aluno precisa dizer o que era necessário para a lâmpada do circuito elétrico acender.

Análogo a esta atividade, na AD-2, os alunos precisavam explicar se o resistor elevaria a temperatura da água do recipiente que estava imerso. Contudo, os fios estavam ligados apenas no polo positivo da fonte de energia. As respostas e os modelos são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Análise das respostas da questão um das Avaliações Diagnósticas Inicial e Final - 1 (equivalentes à primeira tarefa da entrevista).

Natureza do teste.	Aluno	Resposta		Modelo	
		Pré - teste	Pós - teste	Pré - teste	Pós - teste
Entrevista	A_{1e}	Não acenderá	Fechar o circuito	O aluno apresenta bases empíricas na estrutura de sua resposta.	Ao fechar o circuito haverá corrente elétrica.
AD1	A_{1e}	Não acenderá.	É necessário conectar um fio no outro polo da bateria.	O aluno não apresenta um modelo, justifica apenas que os fios estão ligados errados.	Para ter corrente elétrica no circuito, é necessário que os fios sejam conectados nos dois polos da bateria .
AD2	A_{1e}	Aumenta a temperatura.	É preciso ligar um fio no pino de menor potencial.	A mudança de temperatura depende do tempo que o resistor ficará em contato com a água.	O aquecimento depende da corrente elétrica. Esta por sua vez depende da ddp entre os terminais da bateria.
Entrevista	A_{2e}	Acenderá.	Ligar o interruptor	A energia sai apenas do polo negativo.	Não justifica a resposta.
AD1	A_{2e}	Acenderá.	Ligar o interruptor	A energia sai apenas do polo negativo.	Não justifica a resposta.
AD2	A_{2e}	Aumenta a temperatura.	A temperatura do resistor cresce à medida que a corrente elétrica percorre e aumenta.	Terá que ligar o fio no outro polo para fechar o sistema.	Não há ligação entre os conceitos. Buscou a respostas nas informações do teste.
Entrevista	A_{1c}	Não acenderá.	É necessário conectar um fio no outro polo da bateria e ligar o	Não há corrente elétrica no circuito.	Apesar de apresentar os aspectos necessários para a lâmpada funcionar,

			interruptor.		não apresenta um modelo que apareça as propriedades físicas do circuito elétrico..
AD1	A _{1c}	Não acenderá.	É necessário conectar um fio no outro polo da bateria e ligar o interruptor.	Não há corrente elétrica no circuito.	Apesar de apresentar os aspectos necessários para a lâmpada funcionar, não apresenta um modelo que apareça as propriedades físicas do circuito elétrico..
AD2	A _{1c}	Não aumenta a temperatura.	É necessário ligar os fios nos terminais positivo e negativo.	Os fios devem ser ligados nos dois polos.	Os fios devem ser ligados em dois polos para ter corrente elétrica no circuito elétrico.
Entrevista	A _{2c}	Não acenderá	Ligar o interruptor.	O fio não está ligado na bateria.	Não justifica a resposta.
AD1	A _{2c}	Não acenderá	Ligar o interruptor.	O fio não está ligado na bateria.	Não justifica a resposta.
AD2	A _{2c}	Aumenta a temperatura.	Deve ligar o fio no outro polo.	O fio não está ligado na bateria.	Não apresenta modelo.

Na tarefa dois da avaliação inicial, o aluno precisava descrever se haveria diferença no brilho de duas lâmpadas, de mesma resistência, conectadas em série. A mesma tarefa foi proposta, mas com o circuito elétrico formado por símbolos usados na Física. Nesta questão, havia dois recipientes com a mesma quantidade de água. Cada recipiente tinha um resistor de mesma resistência elétrica e os dois resistores estavam conectados em série. O aluno precisava responder se haveria diferença na temperatura da água contida nos dois recipientes. Os resultados das avaliações iniciais e finais estão no Quadro 3.

Quadro 3 - Análise das respostas da questão dois das Avaliações Diagnósticas Inicial e Final - 1.

Natureza do teste	Aluno	Resposta		Modelo	
		Pré - teste	Pós - teste	Pré - teste	Pós - teste
Entrevista	A _{1e}	As duas irão brilhar igual.	As duas vão emitir o mesmo brilho.	As lâmpadas recebem a mesma quantidade de energia elétrica.	Apresenta da associação em série.

AD1	A _{1e}	As lâmpadas emitirão o mesmo brilho.	As lâmpadas emitirão o mesmo brilho.	As duas lâmpadas têm a mesma quantidade de carga elétrica.	As lâmpadas são percorridas pela mesma corrente elétrica.
AD2	A _{1e}	Não define a resposta.	A temperatura da água nos dois recipientes será modificada e terão a mesma temperatura.	Para modificar a temperatura da água nos recipientes, deve movimentar os dois recipientes.	Há corrente elétrica passando pelos resistores.
Entrevista	A _{2e}	O brilho das lâmpadas será diferente	Não define a resposta.	O brilho depende da potência de cada lâmpada.	O brilho depende da potência de cada lâmpada.
AD1	A _{2e}	O brilho das lâmpadas será diferente	Não define a resposta.	O brilho depende da potência de cada lâmpada.	O brilho depende da potência de cada lâmpada.
AD2	A _{2e}	A temperatura da água nos recipientes será a mesma.	A temperatura da água nos recipientes será modificada.	Os dois resistores recebem a mesma quantidade de carga elétrica.	Não apresenta um modelo para resposta.
Entrevista	A _{1c}	As lâmpadas emitirão o mesmo brilho.	As lâmpadas emitirão o mesmo brilho.	A carga positiva é dividida igualmente para as duas lâmpadas.	As lâmpadas possuem a mesma amperagem.
AD1	A _{1c}	As lâmpadas emitirão o mesmo brilho.	As lâmpadas emitirão o mesmo brilho.	A carga positiva é dividida igualmente para as duas lâmpadas.	As lâmpadas possuem a mesma amperagem.
AD2	A _{1c}	A temperatura da água nos recipientes não será a mesma.	A temperatura da água nos dois recipientes será modificada e terão a mesma temperatura.	O recipiente mais próximo do polo positivo terá a temperatura da água mais elevada.	Há corrente elétrica de mesma intensidade percorrendo os dois resistores.
Entrevista	A _{2c}	As duas irão brilhar igual.	As duas vão emitir o mesmo brilho.	As lâmpadas têm a mesma força elétrica.	Analisa fragmentos do circuito elétrico.

AD1	A _{2c}	As lâmpadas emitirão o mesmo brilho.	As lâmpadas emitirão o mesmo brilho.	A carga positiva é dividida igualmente para as duas lâmpadas.	As lâmpadas possuem a mesma amperagem.
AD2	A _{2c}	A temperatura da água nos recipientes não será a mesma.	A temperatura da água nos dois recipientes será modificada e terão a mesma temperatura.	O recipiente mais próximo do polo positivo terá a temperatura da água mais elevada.	Há corrente elétrica de mesma intensidade percorrendo os dois resistores.

Na terceira tarefa da entrevista, cujo resultado está no Na questão sete da Avaliação Diagnóstica Final – 2, os alunos precisavam analisar o efeito causado no circuito elétrico devido à queima do resistor que estava imerso em um recipiente com água. Este circuito era formado por dois resistores de mesma resistência elétrica conectados em série.

Quadro 4, o aluno precisava responder sobre o efeito causado no circuito elétrico em série, composto por duas lâmpadas de mesma resistência elétrica, quando uma lâmpada do circuito fosse desconectada.

Na questão sete da Avaliação Diagnóstica Final – 2, os alunos precisavam analisar o efeito causado no circuito elétrico devido à queima do resistor que estava imerso em um recipiente com água. Este circuito era formado por dois resistores de mesma resistência elétrica conectados em série.

Quadro 4 - Análise das respostas da atividade três da entrevista correspondente a questão sete das Avaliações Diagnósticas Inicial e Final – 1.

Natureza do teste	Aluno	Resposta		Modelo	
		Pré - teste	Pós - teste	Pré - teste	Pós - teste
Entrevista	A _{1e}	A lâmpada que permaneceu emitiu brilho maior.	A lâmpada que permaneceu irá apagar.	Aumento da energia na lâmpada que ficou no circuito elétrico. Relação entre força e potência dissipada.	Configuração em série de resistores.
AD1	A _{1e}	Só uma lâmpada apagará.	A outra lâmpada apagará.	Para cada lâmpada há uma corrente elétrica.	O circuito elétrico abre e não há corrente elétrica passando pela lâmpada.
AD2	A _{1e}	A temperatura da água nos dois não será modificada.	A temperatura da água diminuirá.	A temperatura da água terá menor resistência.	Por estar conectados em série, o circuito ficará aberto.

Entrevista	A _{2c}	A lâmpada que permaneceu emiti maior brilho.	Não acontecerá nada	Não aparece nenhum modelo físico na resposta.	Não olha o circuito elétrico como um todo, mas sim fragmentado.
AD1	A _{1c}	Modificará o brilho das duas lâmpadas.	A lâmpada apagará.	Não aparece nenhum modelo na resposta.	O circuito elétrico ficará aberto.
AD2	A _{2c}	A temperatura da água diminuirá nos dois recipientes.	A temperatura da água diminuirá.	Não aparece nenhum modelo na resposta.	Não aparece nenhum modelo na resposta.
Entrevista	A _{1c}	A lâmpada que permaneceu no circuito deixará de funcionar.	Vai apagar a outra lâmpada.	Sem o resistor da lâmpada, não terá passagem da energia.	A lâmpada funcionará apenas se o circuito estiver fechado.
D1	A A _{1c}	As outras lâmpadas deixarão de funcionar.	A outra lâmpada apagará.	A corrente elétrica será interrompida.	A corrente elétrica será interrompida.
AD2	A _{1c}	Não continuará aquecendo a água dos dois recipientes.	Não continuará aquecendo a água dos dois recipientes.	Não terá ligação entre o polo positivo e negativo da bateria.	Não terá ligação entre o polo positivo e negativo da bateria.
Entrevista	A _{2c}	A lâmpada que ficou no circuito continuará funcionando.	A lâmpada que permaneceu emiti maior brilho.	Não apresenta nenhum modelo científico.	Analisa fragmentos do circuito elétrico.
AD1	A _{2c}	As outras lâmpadas continuarão funcionando.	A outra apagará.	Não apresentou modelo em sua resposta.	Não apresentou modelo em sua resposta.
AD2	A _{2c}	Deu condições para resposta	Não define uma única resposta para a questão.	Só esfriará a água dos recipientes se o resistor queimado for o que estiver próximo do polo negativo.	Só esfriará a água dos recipientes se o resistor queimado for o que estiver próximo do polo negativo.

A questão seis da ADI-1, cujas respostas se encontram no Quadro 4, corresponde à quarta tarefa da entrevista. Nesta, havia duas lâmpadas de resistências elétricas diferentes conectadas em paralelo. Os alunos precisavam explicar se alguma das lâmpadas emitiria maior brilho.

Quadro 4 - Análise das respostas da questão sete das Avaliações Diagnósticas Inicial e Final - 1 (equivalentes à quarta tarefa da entrevista).

Natureza do teste	Aluno	Resposta		Modelo	
		Pré - teste	Pós - teste	Pré - teste	Pós - teste
Entrevista	A _{1e}	Sim, a lâmpada de maior resistência.	A lâmpada de menor resistência brilhará mais.	Relaciona potência dissipada com a diferença de potencial.	Concepção científica de associação de resistores.
AD1	A _{1e}	Brilharão com a mesma intensidade	A lâmpada <u>A</u> brilhará mais.	Brilharão iguais porque são carregadas com a mesma intensidade de energia.	A resistência elétrica da lâmpada A é maior do que a resistência elétrica da lâmpada B.
AD2	A _{1e}	Haverá diferença na temperatura da água dos dois recipientes.	Não haverá diferença na temperatura da água dos recipientes.	A água do recipiente que está mais próximo da bateria terá maior temperatura.	Não há modelo na resposta do aluno
Entrevista	A _{2e}	Sim, a lâmpada de maior resistência.	A lâmpada de maior resistência.	A lâmpada com maior brilho precisa de mais força para funcionar.	Analisa o circuito de maneira fragmentada.
AD1	A _{1c}	Sim, a lâmpada de maior resistência elétrica	A lâmpada <u>A</u> brilhará mais.	A lâmpada de maior resistência recebe maior quantidade de carga elétrica.	A resistência elétrica da lâmpada A é maior do que a resistência elétrica da lâmpada B.
AD2	A _{2c}	Não haverá diferença na temperatura da água dos recipientes.	Haverá diferença na temperatura da água dos recipientes.	Não justificou a resposta.	O resistor maior resistência recebe maior quantidade de carga elétrica.
Entrevista	A _{1c}	Sim, a lâmpada de maior resistência. A lâmpada de menor resistência	A lâmpada de maior resistência.	A lâmpada que emite maior brilho consome grande quantidade de carga elétrica.	Não analisa o circuito elétrico em sua totalidade.

		não vai acender.			
AD1	A _{1c}	A lâmpada de maior resistência emitirá o maior brilho.	A lâmpada <u>A</u> brilhará mais.	Relaciona o brilho da lâmpada com a resistência elétrica da mesma.	A resistência elétrica da lâmpada A é maior do que a resistência elétrica da lâmpada B.
AD2	A _{1c}	Não haverá diferença na temperatura da água dos recipientes.	Haverá diferença na temperatura da água dos recipientes.	A ddp da bateria é dividida igualmente para os dois resistores.	O recipiente com o resistor de menor resistência elétrica terá a temperatura da água mais elevada.
Entrevista	A _{2c}	Sim, a lâmpada de maior resistência elétrica.	A lâmpada de maior resistência.	Quanto maior a resistência elétrica, maior o brilho da lâmpada;	Corrente elétrica e resistência elétrica são diretamente proporcional.
AD1	A _{2c}	As lâmpadas emitirão o mesmo brilho.	A lâmpada <u>A</u> brilhará mais.	A corrente elétrica é a mesma para todas as lâmpadas.	A resistência elétrica da lâmpada A é maior do que a resistência elétrica da lâmpada B..
AD2	A _{2c}	Não haverá diferença na temperatura da água dos recipientes.	Haverá diferença na temperatura da água dos recipientes.	Não apresentou um modelo para explicar a resposta.	O recipiente com o resistor de maior resistência elétrica terá a temperatura da água mais elevada.

Dos quatro alunos entrevistados, apenas o aluno A_{1e} mostrou indícios de utilizar modelos que vão de encontro com as concepções científicas na entrevista final. Mesmo acertando as três primeiras tarefas da entrevista, o aluno utiliza modelos alternativos, que foram apresentados nos quadros. Os alunos A_{2e} A_{2c}, mostram respostas mais estruturadas na entrevista final. No entanto, conforme foram apresentadas nos quadros, algumas concepções alternativas persistem tanto nas respostas, quanto nos argumentos e modelos.

As falas abaixo fazem parte das transcrições das oito entrevistas realizadas nesta etapa da pesquisa. Serão apresentados alguns trechos das respostas dos alunos que foram entrevistados, referentes à primeira tarefa da entrevista inicial:

A_{1e}: *Não sei não professor, só sei que tem que liga no positivo e no negativo. Pela minha experiência de vida eu sei que funciona desse jeito.*

A_{2e}: *Coloca um aqui (aponta para um terminal da bateria) e o outro do outro lado.*

Pesquisador: *Por que tenho que conectar desse lado?*

A_{2e}: *Seria uma forma de fazer um teste para ver se funcionaria.*

Pesquisador: *O que leva você a pensar que a lâmpada vai acender se eu conectar os dois em um único polo? (aponta para a bateria).*

A_{2c}: *então, pelo fio né, que vai passa...se eles são iguais, vai passar corrente pelos dois.*

Na primeira tarefa da entrevista final, o aluno A_{1e} apresenta mudança em seu modelo, pois deixa de usar suas concepções prévias e utiliza uma concepção científica. O aluno A_{2e} apresenta respostas mais organizadas na entrevista final em comparação com a entrevista inicial, no entanto seu modelo corresponde às concepções alternativas, enquanto o aluno A_{1c} mantém suas respostas, conservando seu modelo. A aluna A_{2c}, que errou a questão na entrevista inicial, apresentou uma resposta de acordo com os modelos científicos.

A_{1e}: *Conectar no menor potencial e no maior potencial (aponta para os polos da bateria).*

Pesquisador: *Porque eu tenho que ligar no polo positivo e negativo?*

A_{1c}: *Por quê? ...pra passa corrente elétrica*

O aluno A_{1e} responde que as lâmpadas estão ligadas em série antes mesmo de o professor fazer qualquer tipo de pergunta. A resposta é conservada, porém seu modelo e seus argumentos direcionam para as concepções científicas. Quanto ao aluno A_{2e}, pode concluir que as concepções alternativas predominam em suas respostas:

A_{1e}: *O circuito “tá” em série.*

Pesquisador: *Está em série? Como você sabe que o circuito está em série?*

A_{1e}: *As duas lâmpadas tão juntas e se tira aquela (aponta para uma primeira lâmpada) abre o circuito.*

Os alunos A_{2e} e A_{1c} explicam o brilho de duas lâmpadas de mesma resistência elétrica conectadas em série da seguinte forma:

A_{2e}: *Vai vim energia aqui e acende essa lâmpada (aponta para a primeira lâmpada) passa pelo fio e acende a outra lâmpada (aponta para a segunda lâmpada).*

A_{1c}: *Porque vão ta participando da mesma voltagem. São 12 volts e vai ser dividida a carga por igual para as lâmpadas.*

O aluno A_{1e} estrutura sua resposta na entrevista final no modelo científico que envolve configuração de resistores. Já o aluno A_{1c} conserva o modelo apresentado na entrevista inicial:

A_{1e}: *Porque como ela ta em paralelo, ela tem menor resistência, vai ter maior potencia.*

A_{1c}: *Maior resistência, ela vai ter maior brilho nessa ligação.*

Considerações Finais

Há vários trabalhos na literatura que envolvem o uso de informática para ensinar Física, tanto em nível médio como em nível superior, porém existem muitas possibilidades que ainda podem ser exploradas com o auxílio dessa ferramenta.

Esta pesquisa buscou investigar quais as colaborações que um Ambiente Virtual de Ensino elaborado a partir dos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, pode oferecer para ensinar circuitos elétricos simples para alunos da Educação de Jovens e Adultos.

A metodologia adotada permitiu comparar os dados obtidos pelo grupo controle, que não utilizou o AVE durante a pesquisa, com os dados do grupo experimental, grupo que utilizou o AVE durante a aplicação da sequência didática.

O emprego das Avaliações Diagnósticas Inicial e Final na coleta de dados possibilitou analisar o modelo utilizado pelos alunos para resolverem tarefas que envolviam circuitos elétricos simples. As Avaliações Diagnósticas Inicial e Final foram aplicadas em três níveis diferentes de abstração. No primeiro nível, concreto, os alunos resolviam as tarefas propostas ao longo de uma entrevista, enquanto o pesquisador manipulava uma bateria, fios condutores de eletricidade e lâmpadas. No segundo nível, os alunos responderam os questionários, denominados Avaliação Diagnóstica de Tipo 1, nos quais as imagens dos elementos dos circuitos elétricos representavam os próprios elementos concretos dos circuitos elétricos. Por fim, no terceiro nível de abstração, os alunos responderam questionários, denominados Avaliação Diagnóstica de Tipo 2, nos quais as questões apresentavam o mesmo nível de dificuldade do questionário I, em que as figuras dos elementos dos circuitos elétricos foram representadas por símbolos utilizados na Física.

Os resultados das Avaliações Diagnósticas Iniciais mostraram algumas concepções alternativas já investigadas em trabalhos anteriores. É importante lembrar que os dois grupos investigados foram formados por alunos com idade mínima de dezoito anos, alunos que possuem considerável experiência de vida, quando comparados com alunos do ensino médio regular. Mesmo assim, as concepções clássicas, como desgaste da corrente elétrica, duas correntes elétricas no circuito elétrico e a bateria como fornecedora de corrente elétrica, foram detectadas na Avaliação Diagnóstica Inicial.

No nível maior de abstração, Avaliações Diagnósticas Inicial e Final 1, foi possível notar a dificuldade por parte dos alunos na elaboração de um modelo para gerar explicações sobre os fenômenos ocorridos nos circuitos elétricos propostos na tarefa.

Esse resultado chama a atenção para as estratégias usadas no ensino de circuitos elétricos. Ao trabalhar os símbolos dos elementos dos circuitos elétricos, os alunos precisam ter os subsunçores referentes aos elementos dos circuitos elétricos, caso contrário, não haverá possibilidade de os alunos entenderem qual o papel de cada elemento no circuito. O mesmo resultado é válido para a Avaliação Diagnóstica Final. Ao comparar os dois tipos de Avaliações Diagnósticas, tanto na aplicação inicial como na final, tanto qualitativamente como quantitativamente, foi observada essa dificuldade de compreensão.

Nos dois primeiros encontros, os alunos apresentaram dificuldades em navegar no portal, uma vez que o mapa conceitual era uma ferramenta nova. A partir do terceiro encontro as dificuldades de navegação pelos mapas foram superadas e, com isso, os alunos passaram a navegar com mais facilidade no AVE. Os guias de navegação foram pontos importantes, pois deram autonomia aos alunos para desenvolverem as atividades dentro de seu tempo.

As tarefas realizadas no simulador dinâmico, antes de os alunos estudarem o assunto, serviram para provocar conflito conceitual nos alunos, uma das etapas para promover a mudança conceitual.

Uma observação pertinente sobre o uso do simulador foi que os alunos aparentaram estar seguros na realização das tarefas, uma vez que mesmo se o circuito elétrico construído entrasse em curto – circuito ou que uma lâmpada queimasse, bastava reiniciar a simulação e elaborar outro modelo.

Essa possibilidade de representar o mundo real com objetos virtuais favorece o levantamento de hipóteses durante a construção de modelos. Não cabe aqui incentivar o método de tentativa e erro, mas o simulador dinâmico apresentou potencial para representar o mundo real.

Os resultados quantitativos dos questionários da Avaliação Diagnóstica Final apontam diferença significativa entre o grupo experimental e o grupo controle, pois a média do grupo experimental, nos dois questionários, foi maior do que as médias do grupo controle. Essa diferença aponta que o AVE mostrou ser um material significativo, uma vez que o grupo experimental estudou o mesmo conteúdo que o grupo controle.

Os resultados qualitativos mostram que os alunos do grupo experimental conseguiram sustentar suas respostas em modelos de concepções aceitas pela comunidade científica, principalmente os modelos apresentados pelo aluno A_{e1}. Contudo, os resultados qualitativos da questão que envolvia dois resistores conectados em paralelo, mostraram as dificuldades apresentadas pelos quatro alunos em elaborar um modelo que fosse aceito pela comunidade científica.

As falas dos alunos indicam que estes conseguiram interagir com o AVE e, que os vídeos, simulações e animações foram ferramentas que facilitaram a aprendizagem dos circuitos elétricos.

Uma análise qualitativa dos modelos criados pelos alunos nos simuladores dinâmicos para cumprir as tarefas I e II, propostas antes do estudo do conteúdo, pode apontar outras concepções que os alunos utilizariam para construir circuitos elétricos.

Entre essas concepções destaca-se a relação entre a intensidade da corrente elétrica e a intensidade do brilho de lâmpadas associadas em série e em paralelo, uma vez que os alunos não construíram, utilizando suas concepções alternativas, circuitos elétricos a partir da relação entre potência dissipada, intensidade de corrente elétrica e resistência elétrica.

Discutir e analisar essa relação, entre associação de resistores e a intensidade do brilho das lâmpadas em um simulador virtual de circuitos elétricos simples, com uma maior ênfase, pode ser objeto de pesquisas em trabalhos posteriores.

Com o simulador dinâmico, também é possível verificar se as estruturas da ecologia conceitual dos alunos do ensino médio regular são similares à ecologia conceitual dos alunos da EJA.

Em momento algum, como citado em outras pesquisas, as ferramentas virtuais, em particular os simuladores dinâmicos, substituem a realização experimental envolvendo objetos reais e concretos.

A partir das investigações propostas nesta pesquisa podemos dizer que o AVE, com a estrutura proposta em nosso trabalho, é um material potencialmente significativo, fornecendo indícios de aprendizagem significativa no ensino circuitos elétricos simples para alunos da EJA.

Referências

Almeida, M. (2008). *Tecnologia na escola: criação de redes de conhecimentos*. Acesso em maio de 2009, disponível em [webeduc.mec.gov.br: http://webeduc.mec.gov.br/midiaseducacao/material/introdutorio/popups/m1_e2_pop_TecnologiaNaEscola.html](http://webeduc.mec.gov.br/midiaseducacao/material/introdutorio/popups/m1_e2_pop_TecnologiaNaEscola.html)

Almeida, V. O., & Moreira, M. A. (2008). Mapas conceituais no auxílio na aprendizagem significativa de conceitos da óptica física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(4).

Arruda, S., & Villani, A. (1994). Mudança Conceitual no Ensino de Ciências. *Cad. Cat. Ensino de Física*, 11(2), pp. 88-99.

Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e Retenção do Conhecimento: Uma perspectiva cognitiva*. Rio de Janeiro: Platano.

Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e Retenção do Conhecimento: Uma perspectiva cognitiva*. Rio de Janeiro: Platano.

Ausubel, D. P., & Novak, J. D. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Interamericana LTDA.

Camiletti, G., & Ferracioli, L. (ago. de 2001). A utilização da modelagem computacional quantitativa no aprendizado exploratório de Física. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, 18(2), pp. 214-228.

Coelho, R. O. (2002). O Uso da Informática no Ensino de Física de Nível Médio. Faculdade de Educação. Pelotas: UFPEL.

Dorneles, P. F., Araujo, I. S., & Veit, E. A. (2006). Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 28(4), pp. 487-496.

Eichler, M.L. & Del Pino, J.C.: Ambientes virtuais de aprendizagem: desenvolvimento e avaliação de um projeto em educação ambiental. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006

Gobara, T. S., Rosa, P. R., Piubéli, U. G., & Bonfim, A. K. (junho de 2002). Estratégias para Utilizar o Programa Prometeus na Alteração das Concepções em Mecânica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2).

Gouveia, A. A. (2007). *Dificuldades de aprendizagem conceitual em circuitos elétricos reveladas por meio de desenhos*. Centro de Ciências Exatas. Londrina: UEL.

Gravina, M. H., & Buchweitz, B. (1994). Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. *Revista brasileira de Ensino de Física*, 16(1-4).

Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 4(3), pp. 383-396.

Hewson, P. W., Thorley N.R. The Conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal Science Education*, n.7, p.541- 553, 1989.

Hewson, P. W. (1992). *Conceptual change in science teaching and teacher education*. National Center for Educational Research, Documentation, and Assessment, Madrid, Espanha.

Krummenauer, W. L., & Costa, S. S. (2009). Mapas conceituais como Instrumentos de avaliação na Educação de Jovens e Adultos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 4(2), pp. 33-38.

Medeiros, A., & Medeiros, C. F. (2002). Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2).

Merazzi, D. W., & Oaigen, E. (2008). Atividades práticas em ciências no cotidiano: valorizando os conhecimentos prévios na Educação de Jovens e Adultos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 3(1), pp. 65-74.

Monteiro, B. S., Cruz, H. P., Andrade, M., Gouveia, T., Tavares, R., & Anjos, L. F. (2006). Metodologia de desenvolvimento de objetos de aprendizagem com foco na aprendizagem significativa. *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Brasília.

- Moreira, M. A. (1982). *Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes.
- Moreira, M. A. (2006). *Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica. V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*. Madrid, Espanha.
- Moreira, M. A. (1999). *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária.
- Moreira, M. A. (1983). *Uma Abordagem Cognitivista ao Ensino de Física*. Porto Alegre: Editora da Universidade.
- Moreira, M. A., & Rosa, P. R. (abr. de 1986). Mapas Conceituais. *Cad. Cat. Ens. Fis.* , 3(1), pp. 17-25.
- Moreira, M.A.; Rosa, P.R.S: Uma introdução à pesquisa quantitativa em ensino. Editora UFMS, 2013.
- Mortimer, E. F. Construtivismo, Mudança conceitual e ensino de ciências: Para onde vamos? *Investigação em Ensino de Ciências*. V.1, n.1, 1996.
- Nardi, R.; Gatti, S. R. T.: Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v.6, n.2, pg.129-150. 2008.
- Pacca, J. L. (ago. de 2003). Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. *Cad.Bras.Ens.Fís.* , 20(2), pp. 151-167.
- Pessanha, P. R., & al., e. (2011). Avaliação da aprendizagem de Física no ensino médio através do uso de circuitos elétricos simples. *Anais do XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Manaus: SBF.
- Pereira, A.P.: Distribuição conceitual no ensino de Física Quântica: uma aproximação sociocultural às teorias de mudança conceitual. Tese de doutorado. UFRGS. Porto Alegre.2012.
- Posner, G. J., Strike, K. A., & Hewson, P. W. (1982). Accommodation of a scientific conception : Toward a theory of conceptual change. *Science Education* , 66 (2), pp. 211 - 227.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1986). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* , 66(2), pp. 211-227.
- Rodrigues, C. R., Diniz, J. M., Albuquerque, M. G., Santos, N. P., Alencastro, R., Lima, D., et al. (2008). Ambiente virtual: ainda uma proposta para o ensino. *Revista Ciências & Cognição* , 13 (2), pp. 71-83.
- Rosa, P. R. (2011). *Instrumentação para o Ensino de Ciências*. Campo Grande: Editora da UFMS.
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In: R. A. Duschel, & H. R. (Eds.), *Philosophy of science. cognitive psychology, and educational theory and practice* (p. 287). Albany: State University of New York Press.
- Talim, L. S., & Oliveira, J. D. (dez. de 2001). Conservação da corrente elétrica em circuitos simples a demonstração de ampère. *Cad.Cat.Ens.Fís.* , 18(3), pp. p. 376-380.
- Valente, J. A. (2002). Diferentes usos do Computador na Educação. Acesso em 20 de out. de 2010, disponível em <http://www.nied.unicamp.br/publicacoes/separatas.php>

Villani, A., & C., C. T. (jan de 1997). Mudança conceitual, subjetividade e psicanálise. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(2).

Villani, A.; Orquiza, L. M. C. Representações mentais e experimentos qualitativos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 15, p. 74-89, 1993.

Recebido em: 19.03.13

Publicado em: 23.06.15