

**SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL E MAQUETES NA APRENDIZAGEM DE
CIRCUITOS ELÉTRICOS: UM OLHAR SOBRE A SALA DE AULA**
(Computational simulation and models in the learning of electrical circuits: a view on the
classroom)

Ana Paula Rebello [prof.anapaula@ibest.com.br]

Maurivan Güntzel Ramos [mgramos@pucrs.br]

Mestrado em Educação em Ciências e Matemática/ PUCRS

Av. Ipiranga, 6681 - Partenon - Porto Alegre/RS - CEP: 90619-900

Resumo

O artigo apresenta um relato de investigação sobre o processo de aprendizagem de circuitos elétricos, no Ensino Médio, contando, principalmente, com o auxílio de simulação computacional e de maquetes. Para avaliar a aprendizagem foram comparados desempenhos dos alunos em testes aplicados antes e depois das atividades e para compreender o processo vivenciado pelos alunos foram realizadas entrevistas. Os resultados quantitativos mostram que a aprendizagem dos alunos foi significativa e a análise qualitativa das entrevistas permite compreender os motivos dessa diferença, de modo que uma análise serve para potencializar a outra.

Palavras-chave: ensino de Física; circuitos elétricos; maquetes; recursos computacionais; unidade de aprendizagem.

Abstract

The article presents research findings of the teaching process of electric circuits in high school, considering, especially the help of computational simulation and models in a learning unit of this topic. To evaluate students' performance results in tests before and after the activities were compared. To better understand the process the students were interviewed. Quantitative results show that students' learning was meaningful. Qualitative analysis of interviews contributed to understand the reasons for this difference, so that one analysis serves to reinforce the other.

Keywords: physics teaching; eletrics circuits; models; computational simulation; learning unit.

Introdução

O presente artigo relata uma pesquisa relacionada à aprendizagem no ensino médio, sobre o tema "Circuitos elétricos", com ênfase na associação de resistores, cujo processo de ensino ocorreu por meio de uma Unidade de Aprendizagem (UA), na qual, entre outras atividades, foram construídas maquetes pelos alunos a partir da utilização de um recurso computacional: o programa *Crocodile Physics*® (Crocodile Clips Ltd., 2006). A utilização desse programa, que pode ser obtido gratuitamente na Internet, permitiu aos alunos realizarem simulações de diferentes circuitos elétricos, visualizarem e compreenderem o seu funcionamento e elaborarem um esquema técnico (representação gráfica) de um circuito elétrico, base para a construção de uma maquete dinâmica temática: modelo tridimensional de um circuito elétrico, reproduzindo um ambiente, capaz de funcionar pelo acionamento de interruptores. Na sequência, os alunos participaram de uma exposição das maquetes construídas, para a comunidade escolar, oportunidade em que puderam apresentar seus trabalhos, tanto de modo tridimensional quanto esquemático, responder aos questionamentos e argumentar sobre suas decisões.

O principal objetivo dessa investigação foi buscar alternativas para superar o ensino sobre circuitos elétricos, tradicionalmente implementado, descontextualizado e com forte ênfase na transmissão de fórmulas e cálculos, que pouco tem contribuído para a aprendizagem significativa dos alunos. Pela vivência dessa abordagem muitos alunos percebem a Física como um amontoado

de fórmulas com a finalidade de resolver problemas, bastando para isso substituir os números nas equações escolhidas e calcular incógnitas. (Medeiros & Medeiros, 2002)

Desse modo, a investigação envolveu diretamente trinta alunos do ensino médio de uma escola pública estadual de Porto Alegre, RS e buscou responder à seguinte questão: *Como as atividades de ensino, com o auxílio de maquetes e de recursos computacionais, podem contribuir para a aprendizagem significativa de circuitos elétricos, com ênfase na associação de resistores, por alunos do ensino médio?*

Para compreender o processo de aprendizagem dos alunos foram coletados dados de natureza quantitativa e qualitativa, cujas análises foram complementares, de modo que um tipo de informação serviu para potencializar o outro tipo. Os dados de natureza quantitativos foram obtidos por meio de dois testes, sendo um inicial e um final, de trinta alunos, que participaram de todas as atividades previstas na Unidade de Aprendizagem; os dados de natureza qualitativa foram obtidos por meio de uma entrevista com nove alunos que obtiveram o melhor desempenho no teste final em relação ao inicial.

A seguir são apresentados os pressupostos da pesquisa, o detalhamento da metodologia da pesquisa e os resultados obtidos.

A Unidade de Aprendizagem: uma possibilidade para a pesquisa em aulas de Física

A Unidade de Aprendizagem (UA) é um modo de organização curricular, que busca superar o planejamento seqüencial e linear de conceitos. Valoriza o conhecimento dos alunos com vistas à sua reconstrução e complexificação. Com o propósito de promover aprendizagens significativas, a UA integra ações de pesquisa, problematizando-se o conhecimento inicial dos alunos, possibilitando-se a realização de atividades diversificadas que promovam o diálogo com o objetivo da reconstrução de argumentos dos participantes e comunicando-se resultados para divulgá-los e validá-los no grupo. Desse modo, possibilita promover a capacidade de pensar e de solucionar problemas e desenvolver a autonomia e a autoria. (Freschi; Autor 2, 2009). Em relação a esse aspecto, Alarcão (1996) afirma que experienciar a pesquisa na sala de aula contribui para que professor e seus alunos tornem-se reflexivos, capacidade necessária e intrínseca à autonomia.

A UA se fundamenta na abordagem sociocultural de aprendizagem e desenvolvimento (Vygotsky, 1984 e 1996; Wells, 2001; Wertsch, 1998 e 2008), na qual a linguagem é valorizada na sua função epistêmica, como ferramenta cultural de mediação semiótica. Por isso, a UA é um modo diferenciado de planejar, organizar e realizar atividades na sala de aula, pois envolve atividades estrategicamente selecionadas, valorizando o conhecimento inicial dos alunos e possibilitando a compreensão do fenômeno estudado com vistas à complexificação do conhecimento (Gonzáles, 1999) e ao desenvolvimento de competências argumentativas. É valorizada, portanto, a aprendizagem significativa, que se caracteriza pela interação entre o conhecimento novo e o conhecimento que o aluno traz, de modo que este conhecimento inicial torne-se mais diferenciado, mais elaborado em relação aos significados, mais complexo e mais estável. (Moreira, 2006). Nesse sentido, observa-se uma forte aproximação entre os princípios que subjazem a aprendizagem no trabalho proposto na UA, como pesquisa na sala de aula (Moraes, Galiuzzi, Autor 2, 2004), e os princípios associados à aprendizagem significativa crítica (Moreira, 2006), tais como: questionamento (a assunção do aluno como sujeito da aprendizagem, a valorização das perguntas dos participantes e a consciência da incerteza do conhecimento); atividades para a reconstrução de argumentos (o uso de várias estratégias de ensino e de várias fontes de pesquisa e a valorização do erro como possibilidade de aprendizagem); a valorização da linguagem na sua função epistêmica por meio da comunicação como divulgação do aprendido e como validação desse conhecimento no grupo (o significado das palavras é dado pelas pessoas e o conhecimento é linguagem).

A UA, diferente de uma receita a ser seguida pelo professor, consiste em um modo de organização do ensino no qual são reunidas atividades com base nos conhecimentos iniciais dos alunos e nos questionamentos propostos, de modo que consigam ressignificar esses conhecimentos. Nesse processo, o professor é co-pesquisador, tanto dos conhecimentos em estudo quanto da sua própria prática, pois há situações nas quais o professor “ensina” o que também não sabe.

Considerando o envolvimento que é proposto com a produção escrita e de materiais, a UA implica um processo de ensinar e aprender no qual os alunos deixam de ser espectadores e passam a ser responsáveis pela qualidade da aprendizagem que está se desenvolvendo na aula (Galiazzi, Garcia e Lindenmann, 2004). Salienta-se que a UA, na medida em que considera o conhecimento do aluno e as relações com o cotidiano, possibilita superar seu conhecimento de um modo contextualizado. Por isso, é diferente de um trabalho em que o aluno tem apenas que copiar. Nas atividades de pesquisa, o aluno tem a possibilidade de comparar criticamente livros didáticos além de procurar dados, teorias, conceitos para que sejam, todos, reconstruídos. (Demo, 2004). Além disso, as atividades que integram uma UA possibilitam contato com momentos de questionamento, de reconstrução da argumentação e de processos de comunicação, sendo esses elementos fundantes da pesquisa na sala de aula (Moraes, Galiazzi, Autor 2, 2004). Nesse sentido, a pesquisa pode ser considerada como uma atitude cotidiana de todos os envolvidos (Demo, 1997). Salienta-se ainda que, quanto maior o contato com a pesquisa na sala de aula, maior será a capacidade de crítica, criação, discussão, escrita, argumentação, debate, questionamento e comunicação desenvolvida pelos participantes.

Pelo exposto, é possível depreender o potencial da UA para o ensino de Ciências, em especial para o ensino de Física no ensino fundamental e médio. No caso desta investigação, a UA foi organizada tendo em vista a aprendizagem de circuitos elétricos no ensino médio. A seguir, serão detalhados os procedimentos da pesquisa e discutidos os resultados.

A metodologia de pesquisa

A pesquisa foi realizada em uma escola pública de ensino médio do Município de Porto Alegre, RS. Nessa escola a matrícula é por disciplina, o que, com frequência, favorece a evasão escolar no decorrer do ano letivo, tendo como um dos motivos o baixo rendimento nas avaliações. Em geral, os alunos não residem no bairro onde a escola está localizada, mas nos mais diferentes locais de Porto Alegre e da Região Metropolitana.

Participaram das atividades da pesquisa, desenvolvidas no âmbito das ações de sala de aula normais, 80 alunos de seis turmas distintas, dos turnos tarde e noite. Desse grupo, aqueles alunos que realizaram todas as atividades previstas e executadas foram selecionados para integrar a pesquisa. Assim, são considerados efetivamente sujeitos da pesquisa um grupo de 30 alunos, provenientes dessas turmas. Estes sujeitos têm idades de 16 a 21 anos, com média 18 anos, idade elevada para o ensino médio. Quanto ao sexo, os sujeitos distribuem-se em 50% do sexo feminino e 50% de sexo masculino.

Para a realização da investigação, relatada neste artigo, foi realizada uma UA sobre circuitos elétricos, com ênfase na associação de resistores. As atividades planejadas e realizadas na UA sobre circuitos elétricos foram devidamente selecionadas com o objetivo de oportunizar aos alunos uma participação efetiva. O envolvimento dos participantes ocorreu por meio da problematização do conhecimento, dos diálogos e das discussões em aula e da escrita de sínteses, do uso do computador com aplicativo específico - programa *Crocodile Physics*® (Crocodile, 2006), da construção e exposição de maquetes dinâmicas e da aplicação de testes de avaliação, inicial e final, para acompanhamento ao longo do processo. Especificamente, a UA foi constituída de sete aulas, cada uma com duração de 100 minutos, durante dois meses, realizadas conforme descrição a

seguir: *aula 1* – problematização do conhecimento inicial dos alunos por meio da aplicação de um questionário (teste inicial) constituído de seis questões amplas, seguido de debate com os alunos, para identificar outros questionamentos e interesses sobre o tema; *aula 2* – discussão sobre os circuitos utilizados cotidianamente, com vistas à compreensão da associação de resistores em série e paralelo, bem como da álgebra para o entendimento das distintas associações e realização de exercícios; *aula 3* – apresentação de uma situação-problema para que os alunos, ao tentar buscar respostas, reconstruíssem seu conhecimento sobre as diferentes combinações de associações; *aula 4* – orientações para a construção de maquetes dinâmicas, a serem confeccionadas em atividade extraclasse, devendo apresentar um projeto escrito e representar tridimensionalmente e em pequena escala algum ambiente idealizado pelo grupo, com iluminação, dotada de circuito em série e paralelo, com alimentação contínua e chaves interruptoras; *aula 5* - atividade com a utilização do programa *Crocodile Physics*® (Crocodile, 2006), que permite a construção virtual de circuitos elétricos por meio da inserção, por arraste, de lâmpadas, leds (light emission diodo), interruptores, pilhas e baterias, a visualização e testagem de seu funcionamento e de medidas de potencial elétrico, bem como a elaboração de esquema técnico, por meio dos símbolos específicos; *aula 6* – apresentação pública na escola das maquetes construídas pelos alunos, durante a qual cada grupo podia explicar o seu funcionamento e apresentar o esquema técnico correspondente elaborado a partir da aula anterior por meio do software referido; *aula 7* – debate sobre a exposição, identificando possíveis dúvidas sobre o assunto e aplicação do teste final, para avaliar as aprendizagens dos alunos.

Nessa UA, destaca-se a realização pelos alunos de simulações de diferentes associações de resistores por meio do aplicativo *Crocodile Physics*® (Crocodile, 2006). Foi previsto um roteiro com alguns problemas que os alunos tinham que resolver e fornecer respostas por meio de simulações. Nessa atividade os alunos tiveram a oportunidade de visualizar as mais diversas associações e simular circuitos, inclusive evidenciar resultado de ligações não adequadas que provocassem curto-circuito. Além das simulações, foi importante a produção dos esquemas técnicos, que consiste na representação gráfica, por meio de símbolos específicos utilizados em eletricidade, de um objeto tridimensional. Isso contribui para a compreensão do assunto e para o desenvolvimento da capacidade de abstração em relação ao tema de estudo. Posteriormente, os alunos produziram o esquema associado à maquete construída, o que oportunizou avaliar a compreensão do assunto pela sua aplicação concreta e pela sua representação gráfica.

Assim, destaca-se também a construção e apresentação das maquetes dinâmicas, em uma exposição pública à comunidade escolar. Para a construção da maquete os alunos tiveram que realizar pesquisas por iniciativa própria, buscando respostas às suas indagações em livros, revistas ou consultando pessoas de fora do ambiente escolar. Durante a apresentação para os demais colegas, os alunos tiveram a oportunidade de explicitar também as suas estratégias de ação, bem como as dificuldades que tiveram durante a construção da maquete. O fato de terem que representar o ambiente por meio de esquemas e de terem que falar e explicar publicamente o que construíram contribuiu para o desenvolvimento da linguagem dos alunos e do modo de pensar sobre o que tinham construído. Os presentes à exposição destacaram a complexidade dos trabalhos ali expostos e a diversidade de ambientes simulados, como residências, praças, restaurantes, entre outros.

Para identificar e compreender as aprendizagens dos alunos sobre circuitos elétricos ocorridas ao longo da UA, foram realizados procedimentos de natureza quantitativa e qualitativa. Os procedimentos de natureza quantitativa consistiram da aplicação de um teste no início e ao final da UA. O teste, abordando os conhecimentos básicos sobre circuitos elétricos, foi adaptado de Moraes e Ribeiro-Teixeira (2006) e contém 6 questões principais, com desdobramentos, que exigem um total de 18 respostas. As perguntas são estruturadas do seguinte modo: *pergunta 1* – são apresentados quatro desenhos de lâmpadas ligadas de modos distintos a uma pilha e é solicitado que o respondente indique a situação na qual a lâmpada acende, justificando a resposta; *pergunta 2* – é apresentado o desenho de um circuito com três lâmpadas em série ligadas a uma pilha e há quatro

alternativas relacionadas ao brilho das lâmpadas e o respondente além de optar por uma alternativa deve informar por que optou pela alternativa assinalada; *pergunta 3* – é apresentado o desenho de um circuito com quatro lâmpadas ligadas, duas a duas, em série e as duas duplas em paralelo a uma fonte e uma chave interruptora (Ch) e há um questionamento, relacionando o brilho das lâmpadas com o fato de fechar a chave, e outro solicitando o posicionamento do aluno sobre o que ocorreria com as demais lâmpadas, com a chave fechada, se uma delas queimasse; *pergunta 4* – é apresentado um circuito com cinco lâmpadas, sendo duas em paralelo e três em série e uma fonte e há quatro questionamentos sobre o brilho das lâmpadas em situações diferentes; *pergunta 5* – é solicitado que o aluno faça o desenho de um circuito que tenha três lâmpadas em paralelo ligadas a uma lâmpada em série, que estão ligadas a uma bateria e a uma chave interruptora; *pergunta 6* – é perguntado o que o aluno gostaria de aprender sobre circuitos elétricos nas aulas de Física.

As respostas a esse instrumento permitiu identificar as fragilidades e potencialidades em relação aos conhecimentos iniciais dos alunos sobre o assunto, o que contribuiu para o planejamento das aulas e atividades da Unidade de Aprendizagem. Além disso, o teste inicial foi parâmetro para comparação com o teste final, aplicado após a UA, no sentido de mostrar os avanços em relação às aprendizagens sobre o assunto estudado. O teste final contém as mesmas perguntas do teste inicial, com exceção da pergunta 6, que, no teste final, solicitou uma avaliação do respondente em relação ao que foi estudado, enquanto no inicial, solicitou a indicação de perguntas que os alunos gostariam de verem respondidas sobre circuitos elétricos e os seus interesses sobre o tema.

Como já foi referido, foram considerados para a análise quantitativa os dados dos testes inicial e final dos trinta alunos, selecionados pelo critério de terem participado de todas as atividades da UA e de terem respondido aos dois testes. Para a análise estatística dos resultados dos testes inicial e final dos trinta alunos, foi empregado o Teste t para dados pareados ou amostras relacionadas (Barbetta, 2008).

Os procedimentos de natureza qualitativa consistiram na realização de entrevistas gravadas em áudio após o término da UA. Para tanto, foi selecionado um grupo de nove alunos, de diferentes turmas e turnos, dentre os pesquisados, para a realização de uma entrevista com o objetivo de conhecer suas impressões sobre a UA desenvolvida. Foram selecionados para compor esse grupo os alunos que, além de terem participado de todas as atividades propostas na UA, obtiveram os valores mais elevados na diferença de desempenho entre o teste inicial e final, ou seja, aqueles alunos, que supostamente aprenderam mais efetivamente com o trabalho realizado na UA.

Os sujeitos desse grupo tinham média de idade de 18 anos, variando entre 16 e 20 anos. Estavam distribuídos em cinco do sexo feminino e quatro do sexo masculino. Seis estudavam no turno da tarde e três no turno da noite.

Na entrevistas, semi-estruturada, os sujeitos responderam às questões referentes às atividades e às implicações desse trabalho na sua aprendizagem sobre a associação de resistores. As entrevistas foram gravadas em áudio e transcritas na íntegra para análise. Para a apresentação de citações dos entrevistados, serão utilizadas as três primeiras letras dos seus nomes: KER, ROX, CLA, GIL, EDU, WAL, MAI, THA e MAR.

Para a análise das entrevistas e das respostas à pergunta 6 do pós-teste foi empregada a Análise Textual Discursiva (Moraes & Galiuzzi, 2007). Desse modo, as análises quantitativa e qualitativa são entendidas como complementares, num processo de triangulação (Jick, 1979), de modo que uma análise contribui para potencializar a outra, conferindo consistência à investigação.

Análise dos dados de natureza quantitativa: teste inicial e teste final

A média inicial do número de acertos no teste inicial foi de 7,80 com um desvio padrão de 3,41, enquanto no teste final a média elevou-se para 14,80 com um desvio padrão de 1,99.

Analisando a redução do desvio padrão, verifica-se que a variabilidade foi reduzida, o que traduz um equilíbrio entre o número de acertos no teste inicial dos alunos pesquisados. A amplitude entre as notas máximas e mínimas diminuiu de 15 para 8 (a nota mínima passou de 2 para 10 e a máxima de 17 para 18). Houve uma considerável diferença entre os alunos pesquisados que obtiveram a nota mínima no primeiro teste com relação ao segundo instrumento aplicado. Isto se repetiu com o outro extremo da análise, onde foi atingida a pontuação máxima. O valor do Teste t encontrado foi $(t(21) = -11,321; p < 0,001)$. Desse modo, o valor t foi considerado significativo ($p < 0,001$) e em consequência pode-se concluir que a avaliação final apresentou um melhor resultado em relação à avaliação inicial.

Transformando-se para notas de 0 a 10, na tabela 1, constata-se um percentual de 86,6% de notas inferiores a 6 no teste inicial e 3,3% de notas inferiores a 6 no teste final, podendo-se inferir que os alunos apresentavam baixo nível de conhecimentos iniciais sobre o tema estudado e passaram a um nível consideravelmente maior, o que era previsto.

Tabela 01: Comparação das Notas dos Testes Inicial e Final

Notas	Teste inicial	Teste inicial (%)	Teste final	Teste final (%)
0 --- 2	1	3,3	0	0,0
2 --- 4	13	43,3	0	0,0
4 --- 6	12	40,0	1	3,3
6 --- 8	3	10,0	11	36,7
8 --- 10	1	3,3	18	60,0
Total	30	100,0	30	100,0
Média	4,3	-	8,2	-

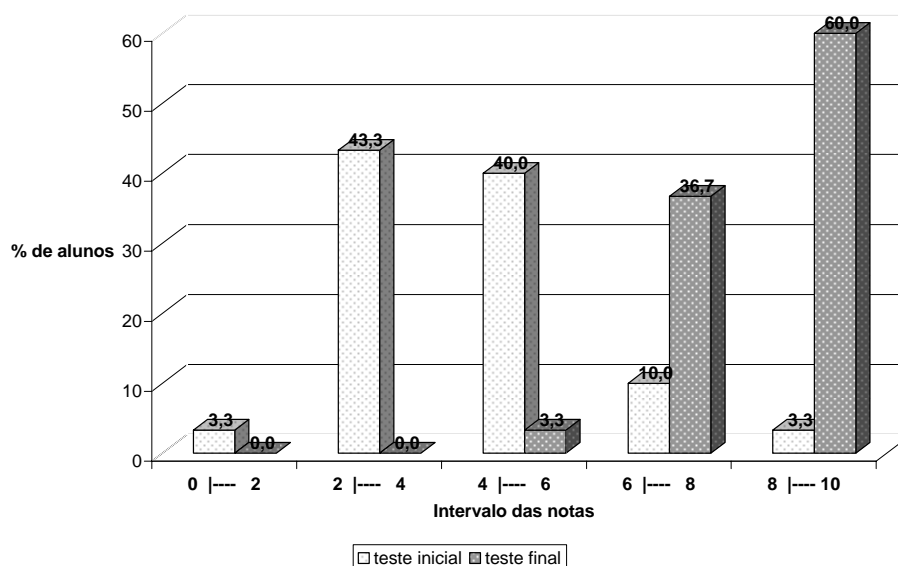


Figura 01: Gráfico que compara as notas dos alunos entre os testes inicial e final

A Tabela 1 e o gráfico correspondente evidenciam que os alunos apresentaram um considerável número de acertos após a sua participação no desenvolvimento na UA. Isso é possível verificar por meio da análise da faixa máxima de acertos, na qual somente um aluno obteve este desempenho no teste inicial, representando 3,3% dos pesquisados. Ao contrário, o número de alunos no teste final dessa faixa de acertos subiu para 18, ficando com um escore de 60% dos pesquisados.

Ainda que possam existir outros fatores intervenientes na aprendizagem dos alunos entre os testes inicial e final, pode-se afirmar com convicção que o grupo que participou de todas as atividades da UA aprendeu significativamente os conceitos e princípios relativos aos circuitos elétricos, com especial atenção para as associações de resistores, ao nível do ensino médio.

Análise dos dados de natureza qualitativa: as entrevistas

Os alunos entrevistados mostram *entusiasmo e motivação* com o seu envolvimento e participação na UA, e mencionam sua aplicabilidade prática em seus cotidianos. Revelam um interesse despertado pelo aprendizado sobre associação de resistores com as atividades propostas e é possível perceber a sua satisfação em serem os agentes de seu próprio conhecimento, pois foi evidente a compreensão do conteúdo estudado.

Eu achei muito interessante. É uma área que eu sempre tive interesse desde pequeno. Eu sempre gostei muito dessa parte elétrica eletrônica desde pequeno. E eu achei que foi uma maneira de colocar meu conhecimento em prática e também de aprender coisas novas. (EDU)

Eu gostei acho que tanto na parte da confecção da maquete... na parte da confecção, trabalhar na marcenaria, madeira, prego, serrote, tendo que cortar, um trabalho manual e também na parte elétrica. A maquete foi mais interessante. (EDU)

A hora que eu mais gostei foi a hora de montar, por que ali eu tinha que saber cada coisa, por que se eu errasse uma coisa não daria mais certo e na hora de apresentar iria dar errado.(MAR)

Assim, *o significado da UA transcende o saber escolar*, relacionando-se com a vida e com o próprio futuro dos alunos, como se pode evidenciar nos depoimentos a seguir:

Eu achei uma ótima atividade, sem dúvida me proporcionou mais conhecimento e me despertou um grande interesse futuro pela engenharia elétrica. (GIL)

Para mim foi muito proveitoso, tive chance de botar em prática meu conhecimento e também aprendi coisas novas, aprimorando os conhecimentos que já tinha. [...] Sempre tive bastante interesse na área de elétrica e eletrônica. De tal forma pode me gerar um grande interesse futuro em trabalhar nessa área. [...] Na minha opinião, o que mais se destacou foi a maneira e as regras de confecção e apresentação do trabalho. Eu gostei muito de confeccionar a estrutura da maquete, onde pude trabalhar tanto com marcenaria como eletricidade. (EDU)

No que tange às questões referentes ao teste final, em relação ao teste inicial, os entrevistados apresentaram suas *impressões positivas* na realização dessa última atividade da UA. Naturalmente, fizeram uma comparação com o teste inicial iniciado na pesquisa e perceberam seu crescimento após a conclusão das atividades. Salientaram sobre a complexidade na elaboração das respostas no teste final e sentiram-se satisfeitos em poder demonstrar isso ao final da UA.

Fui bem melhor. No pré-teste eu não fui muito bem. Eu não sabia muito bem o que era aquilo. Acho que eu não sabia nada. Aí depois foi tranquilo. (KER)

Eu acho que foi bem melhor, por que daí mostra o que se aprendeu. Daí depois eu sabia mais coisas. Se tu comparar um com outro acho que as resposta forma mais complexas. (WAL)

As citações dos alunos também evidenciam que *a integração das várias atividades*, que ajudam a visualizar o fenômeno e permitem interagir com ele contribuíram para a transição de um pensamento concreto a um pensamento mais abstrato. Assim, a operação com o programa *Crocodile®* foi fundamental para que pudessem “tirar da planilha” e confeccionar a maquete,

possibilitando também elaborar o esquema técnico do circuito, que é uma representação gráfica. Nas entrevistas, ficou claro que os alunos sentiram-se mais confiantes após a atividade com o uso do computador, no que se refere à futura construção dos circuitos e do esquema técnico. A simulação de elementos de um circuito que antecedeu à manipulação efetiva das maquetes trouxe uma melhor compreensão dos conceitos e possibilitou várias combinações de circuitos ainda não vivenciadas pelos alunos. Nas citações a seguir, isso fica evidente.

Aprendi coisas que eu não sabia... como a maneira de ligar as lâmpadas em relação à bateria. (MAI)

Olha, ali foi significativo, por que eu montava ali na tela e via como eu poderia fazer o circuito. Primeiro eu fiz uns comuns, depois eu fui avançando para uns mais difíceis. (MAR)

Os depoimentos de THA e de WAL mostram a importância da atividade do computador para a elaboração da maquete e, principalmente, do esquema técnico e são complementados a seguir.

Foi o que me deu uma base para eu fazer a maquete, daí tivemos uma base de como funciona pelo computador. Por que no computador a gente pode ligar e desligar, já na folha não tem como fazer assim... (THA)

Eu achei legal. Mostra que não é tão simples como ir ali e pegar uma pilha, ligar uma lâmpada [...]. No computador parece muito fácil, mas não é fácil. Acho que a atividade do computador ajudou na maquete. (WAL)

Isso está de acordo com o que afirma Grégoire et al (1996 citado por Coscarelli, 1998), que as novas tecnologias de informação contribuem para a aprendizagem, pois esses recursos estimulam as habilidades intelectuais dos estudantes, contribuem para desenvolver o interesse e a concentração dos estudantes e estimulam a busca de informação complementares sobre um assunto, além de possibilitar um maior número de relações entre as informações e promover a cooperação entre os alunos.

Sobre a confecção da maquete, os alunos apresentaram contribuições significativas, evidenciando a relevância desse recurso para a aprendizagem. Mencionam a praticidade da atividade da maquete como modo de aprender a partir do que sabem e aplicar os conteúdos trabalhados. Assim, estendem seus novos conhecimentos a situações do cotidiano, fora do ambiente escolar. Ressalvam a dissociação da prática e da teoria em outros conteúdos como um fator que dificulta a aprendizagem.

Foi boa. Aprender como funciona tanto na teoria como na prática. Levar para o dia a dia o conhecimento. Não tinha muita noção disso antes. (GIL)

A maquete eu acho que foi fundamental para o desenvolvimento, porque, no caso da sala de aula, a gente tem uma visão praticamente teórica do trabalho. Quando a gente faz isso manualmente, consegue tanto associar com aquilo que a gente tá vendo no quadro como aquilo que tem que fazer ali manualmente. Fica muito mais fácil a gente conseguir entender a matéria. Tornou-se um complemento adicional na matéria. Fez com que a gente entenda realmente a matéria. (EDU)

Acho que sim, por que praticar é aprender. Quando tu pratica tu aprende mais do que quando tu liga ali no computador. (WAL)

Foi importante por que no momento que a gente está aprendendo um conteúdo, a gente colocou aquilo em prática. Por que tem outras matérias que a gente aprende e não põe em prática e ali foi uma exceção, por isso que foi bom. (MAR)

As entrevistas mostram que em um contexto não-tradicional de ensino *foi despertado o interesse* tanto no conteúdo quanto em situações futuras identificadas pelos alunos. A associação dessas atividades permitiu que os entrevistados visualizassem os circuitos de forma lúdica, por meio de simulações com o uso de um programa de computador e por meio da manipulação desses mesmos circuitos em uma maquete dinâmica, tridimensional, planejada e confeccionada por eles.

A construção de uma representação da maquete através de um esquema técnico de forma mais elaborada, veio em decorrência da atividade do computador. A manipulação dos elementos do circuito elétrico em um ambiente virtual possibilitou a reorganização mental dos alunos para a confecção dos seus esquemas técnicos. A abstração necessária para a execução do esquema permitiu um desequilíbrio nas estruturas formais dos educandos e conseqüentemente uma nova elaboração dos conceitos, de modo a expor a maquete construída, bem como a sua representação em uma folha de papel contendo desenhos e símbolos. A correspondência do esquema técnico com a maquete contribuiu para mostrar o entendimento do aluno sobre o conteúdo de associação de resistores e a complexificação da linguagem em relação ao assunto estudado, evidenciando-se um processo de transição entre o concreto e o abstrato.

Essa aprendizagem também pode ser evidenciada nos enunciados a seguir.

Foi importante por que ali a gente viu a matéria. [...] foi bom por que a gente mostrou como era cada coisa da casa, o fio onde passava as lâmpadas, onde tinha a chave [...]. (MAR)

[...] foi bem fácil fazer o esquema técnico, a gente foi seguindo o que a gente fez na ligação da maquete. (THA)

Ao término da Unidade de Aprendizagem sobre associação de resistores esperava-se que os alunos obtivessem uma compressão considerável sobre o conteúdo desenvolvido, o que efetivamente ocorreu com todos os alunos entrevistados, conforme os resultados da análise quantitativa. Isso ficou evidente, também, na diferenciação dos conceitos básicos entre a associação em série e paralelo, que todos os nove sujeitos fizeram durante as entrevistas. Nas falas de ROX e de GIL, por exemplo, observa-se a distinção que fazem sobre a possível interrupção da corrente em um determinado ponto do circuito em paralelo sem prejuízo às demais lâmpadas associadas, o que não ocorre em um circuito em série, no qual, ao interromper o circuito em uma das lâmpadas, as demais apagam.

Circuito em série a corrente é sempre a mesma, em paralelo ela se divide. As lâmpadas em série, quando apaga uma, apagam todas e em paralelo não. Apaga uma as outras não apagam. (ROX)

Desliga um, desligam todos como uma lâmpada... o pinheiro de Natal. Essa é em série. E paralelo é como de casa, várias ligações. Daí tu desliga uma e as outras ficam acesas. (GIL)

Em uma das questões da entrevista, houve um momento de reflexão sobre o que deveria ser alterado para enriquecer a pesquisa. Os entrevistados sugeriram realizar alguns testes prévios em sala de aula como atividade motivadora para a construção da maquete. Sendo assim, esse momento poderia contribuir para uma visualização dos circuitos, como refere o exemplo.

Ai, eu acho que se a gente fizesse alguns testes, tipo assim... um aluno trazer uma pilha, uma luz e a gente ficar ligando assim, acho que seria mais fácil ai na hora da maquete. Acho que seria legal uma aula que tivesse que ligar... (WAL)

Esses resultados têm relação direta com o que propõem Gil Pérez *et al* (2001) como aspectos a serem incluídas no ensino de ciências para a construção de conhecimentos científicos. Entre esses aspectos estão: apresentar situações problemáticas abertas para que os alunos possam tomar decisões; considerar os interesses dos alunos em relação às situações propostas que dê sentido

ao seu estudo; mostrar o papel essencial da matemática como instrumento de investigação; propor a formulação de hipóteses, fundamentadas nos conhecimentos disponíveis; possibilitar o planejamento e formulação de estratégias para solucionar problemas; criar condições para que os alunos comparem a sua evolução conceitual e metodológica com a evolução experimentada historicamente pela comunidade científica; considerar as implicações da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente do estudo realizado; prestar atenção à comunicação como aspecto essencial da atividade científica; potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico, organizando grupos de trabalho.

Conclusões

O presente trabalho teve como objetivo investigar o processo de aprendizagem sobre circuitos elétricos, com destaque para a associação de resistores, por meio de uma Unidade de Aprendizagem sobre esse assunto, na qual foram realizadas aulas dialogadas, produção de maquetes dinâmicas, e sua apresentação à comunidade escolar em uma mostra de trabalhos, a partir do uso do programa *Crocodile Physics*® e a partir de questionamentos iniciais formulados pelos alunos.

As atividades realizadas contribuíram efetivamente para a aprendizagem significativa dos alunos sobre os circuitos elétricos. Essa constatação foi possível pela comparação entre os resultados obtidos nos testes aplicados antes e após as atividades aos trinta sujeitos da amostra. (teste inicial e final). A análise da entrevista realizada com nove sujeitos que participaram de todas as atividades permitiu potencializar os resultados quantitativos, mostrando que as percepções dos alunos em relação ao trabalho realizado sobre esse assunto foram muito positivas e a aprendizagem do fenômeno e da linguagem como ferramenta de comunicação e de aprendizagem ficou evidente na maioria dos depoimentos dos entrevistados.

Pelos resultados, percebe-se que as atividades realizadas e as mediações efetivadas durante a Unidade de Aprendizagem contribuíram de forma significativa para esse resultado. Os avanços foram observados durante todo o processo, bem como as dificuldades. Destaca-se a atividade desenvolvida com o programa *Crocodile Physics*®, pois os alunos tiveram a possibilidade de simular diferentes circuitos de forma interativa, fazendo inclusive simulações de curtos circuitos e alterações de voltagem de baterias que resultavam na queima das lâmpadas associadas. O estudo por meio deste software oportunizou aos alunos, ainda, a produção de um esquema técnico dos circuitos, empregando a simbologia adequada, o que evidencia avanços no sentido da aprendizagem deste tema num plano abstrato.

Outra atividade destacada pelo grupo foi a construção das maquetes dinâmicas, que, em geral, reproduziam ambientes, como as próprias casas dos alunos, e era possível ver a iluminação em funcionamento, com circuitos em série e em paralelo, uma das exigências da tarefa. Assim, os alunos foram estimulados a colocar em prática os conhecimentos aprendidos durante as atividades, de forma prazerosa e desafiadora, promovendo o trabalho em equipe e desenvolvendo as relações interpessoais e, principalmente, sendo desafiados a argumentar sobre o que realizaram e aprenderam.

Propõem-se a continuidade desse estudo, por meio da realização de investigações similares e da aplicação de Unidades de Aprendizagem sobre outros conteúdos de Física na continuidade do programa escolar.

Referências

ALARCÃO, I. Ser professor reflexivo. In: ALARCÃO, I. (Org.). (1996). *Formação reflexiva de professores: estratégias de supervisão*. Porto: Porto Editora. p. 171-189.

- BARBETA, P. A. (2008). *Estatística aplicada às ciências sociais*. 7. ed. Florianópolis: Editora da UFSC.
- COSCARELLI, C. V. (1998). O uso da informática como instrumento de ensino-aprendizagem. *Presença Pedagógica*. Belo Horizonte, mar./abr. p.36-45.
- CROCODILE CLIPS LTD. (2006). *Crocodile simple simulation software*: versão demo - 2006. Disponível em: <http://www.crocodile-clips.com/en/Downloads/>. Acesso em: 15, maio, 2008.
- DEMO, P. (1997) *Educar pela pesquisa*. 2. ed. Campinas: Autores Associados.
- DEMO, P. (2004). *Ser professor é cuidar que o aluno aprenda*. 2. ed. São Paulo: Mediação.
- GALIAZZI, M. C., GARCIA, F. Á., LINDENMANN, R. H. (2004). Construindo Caleidoscópios: organizando Unidades de Aprendizagem. In: Moraes, R.; Mancuso, R. *Educação em ciências: produção de currículos e formação de professores*. Ijuí: UNIJUÍ. p. 65-84.
- GIL PEREZ, D. et al. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. In: *Ciência & Educação*. Bauru: UNESP, 7(2), 125-153.
- GONZÁLES J. F. et al. (1999). *Como hacer Unidades Didácticas innovadoras?* Sevilla: Diada.
- JICK, T. (1979). Mixing qualitative and quantitative methods: triangulation in action. *Administrative Science Quarterly*, v. 24, n. 4, December. p. 602-611.
- MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. de. (2002). Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. *Rev. Bras. Ens. Fis.* [online]. vol.24, n.2, pp. 77-86.
- MORAES, M. B. dos S. A., RIBEIRO-TEIXEIRA, R. M. (2006). *Circuitos elétricos*: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no ensino médio. Porto Alegre: UFRGS. v.17, n.1. p. 88.
- MORAES, R., GALIAZZI, M. C. e RAMOS, M.G. (2004). Pesquisa em sala de aula: fundamentos e pressupostos. In: MORAES, R.; LIMA, V. M. R. (Orgs.). *Pesquisa em Sala de Aula: tendências para a Educação em Novos Tempos*. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS. p.9-24.
- MOREIRA, M. A. (2006). *Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica*. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisocritica.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2009.
- FRESCHI, M.; AUTOR 2. (2009). Unidade de Aprendizagem: um processo em construção que possibilita o trânsito entre senso comum e conhecimento científico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. v. 8, n. 1.
- VYGOTSKY, L S. (1984). *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes.
- VYGOTSKY, L.S. (1996). *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.
- WELLS, G. (2001). *Indagación dialógica*. Barcelona: Paidós.
- WERTSCH, J. V. (1998). *Mind as action*. New York: Oxford University Press.
- WERTSCH, J. V. (2008). La mediación semiótica de la vida mental: L.S. Vygotsky y M.M. Bajtín. In: SCHNEUWLY, B.; BRONCKART, J.-P. (Coord.) *Vygotsky hoy*. Madrid: Popular. 111-134.

Recebido em: 28/04/09

Aceito em: 14/05/09.