

SUPERAÇÃO DE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS SOBRE CIRCUITOS ELÉTRICOS: UMA ANÁLISE DA VIVÊNCIA COM UMA ABORDAGEM ATIVA E DIFERENTES RECURSOS

Maria Eduarda Morais Florêncio¹ – duda.mf18@gmail.com

Eduardo Mendes Paz¹ – edu7020@gmail.com¹

Cosmo Mariano da Silva Junior¹ – cosmo.junior@garanhuns.ifpe.edu.br

Wilker Victor da Silva Azevêdo^{1,2} – wilker.azevedo@garanhuns.ifpe.edu.br

IFPE - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco¹

Rua Padre Agobar Valença s/n, Severiano Morais Filho

55299-390 – Garanhuns – Pernambuco

Verônica Gitirana Gomes Ferreira² – veronica.gitirana@gmail.com

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco²

Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária

50670-901 – Recife – Pernambuco

Resumo: Neste trabalho discutem-se resultados de uma pesquisa exploratória com estudantes de um curso de Engenharia Elétrica para identificar se os alunos interpretam os fenômenos que estão ocorrendo no circuito. Tais interpretações se baseiam em conceitos físicos do formalismo científico ou em concepções alternativas e se articulam com os fundamentos teóricos. Vivenciam assim uma abordagem de ensino voltada para a concepção e aplicação de um design colaborativo e ativo com uso de diferentes artefatos e representações. O design foi desenvolvido no contexto da análise de circuitos resistivos simples em corrente alternada, proporcionando interação e integração entre estudantes na construção de circuitos. Promovem-se, ainda, as devidas variações de arranjos de artefatos (resistores, lâmpadas, fontes) em fases de caráter teórico-experimental. Os resultados mostram uma superação de concepções sobre o “consumo de corrente elétrica” em plataforma empírica através da construção social e colaborativa de conhecimentos entre os estudantes. Foi verificada incorreta interpretação de esquemas em dependência da disposição espacial dos componentes.

Palavras-chave: Aprendizagem ativa. Circuitos elétricos. Design colaborativo. Concepção.

1 INTRODUÇÃO

A ideia de colaboração adotada neste trabalho considera que certo número de estudantes, juntos, aprendem ou tentam aprender sobre algo durante a resolução de um conjunto de problemas. Envolvendo a dinâmica entre participantes, as situações podem ser solucionadas de diversas formas (TORRES; IRALA, 2014). A proposta de uma abordagem ativa provém de ações crítico-reflexivas de situações estruturadas, aproximando estudantes a uma perspectiva de aprendizagem por meio da prática com recursos que contextualizam o conhecimento. Esses recursos foram organizados e disponibilizados para a solução de problemas a respeito de circuitos elétricos, de modo que os indivíduos, organizados em grupos, os utilizavam para propor hipóteses, testes e argumentações. Busca-se identificar se os alunos interpretam os fenômenos que estão ocorrendo com base em conceitos físicos do formalismo científico ou concepções alternativas.

Na literatura encontramos pesquisas desenvolvidas no estudo de circuitos em corrente alternada, as quais realizam a análise do aporte de elementos experimentais para melhoria da aprendizagem.

Recentemente, Araújo e Oliveira (2017), em um contexto de aprendizagem ativa voltado a estudantes do ensino médio integrado a um curso técnico, destacaram o enfoque fortemente teórico do ensino de Física nas escolas. Os autores reportam, ainda, o engajamento dos alunos em atividades de aprendizagem ativa. Acreditamos que o enfoque exclusivamente teórico pode levar a dificuldades de adaptação a futuros estudantes de engenharia, merecendo assim investigação. Na área de Engenharia Elétrica, em cenário voltado para aprendizagem significativa, Domeles *et al.* (2007) avaliaram as potencialidades do uso de atividades em laboratório físico e simulação computacional. Destaca-se uma permissividade às interações colaborativas entre estudantes e o caráter motivacional envolvido. Os autores destacam também a apropriação de significados com a conjunção de uma variedade de artefatos.

Abegg e Ramos (2013) indicam mudanças positivas quando se articulam significados/conceitos com as potencialidades associadas com os artefatos (dispositivos) utilizados na aprendizagem. Tal exploração se torna importante na análise experimental via diversificação de recursos e cenários, desde que haja articulação.

Uma vez que os estudos relacionados a circuitos elétricos são levados ao longo de praticamente toda integralização curricular na Engenharia Elétrica e cursos afins, há uma notória preocupação em avaliar os conceitos trazidos nesse processo de transição do ensino médio para o bacharelado. No COBENGE, um pequeno conjunto de trabalhos vem explorando cenários sobre ensino e aprendizagem de circuitos elétricos, em que destacamos Balen *et al.* (2008), cujos resultados mostram que atividades baseadas na metodologia da aprendizagem ativa são mais eficientes quando comparadas com processos tradicionais. Também a pesquisa de Freiesleben *et al.* (2013) sobre o debate de como os estudantes aprendem, mapeia e identifica uma certa carência de trabalhos no evento até 2013. A construção de kits didáticos, a arquitetura para laboratórios ativos e um novo olhar sobre as dificuldades em relação aos registros de representação semiótica são alguns temas propostos nos últimos eventos (SEVERO, 2016; AZEVÊDO; GITIRANA, 2017a; AZEVÊDO; GITIRANA, 2017b).

Esta pesquisa propõe cenários estruturados que emergem reflexões sobre as prévias concepções trazidas por estudantes a respeito de grandezas elétricas – as quais frequentemente são distintas daquelas aceitas no plano científico. Outro detalhe refere-se a um novo olhar no que diz respeito ao uso colaborativo de artefatos de laboratório, evitando-se uma confluência ao tradicionalismo (sem suporte experimental, com desconexões entre teoria e aplicação ou mesmo com cenários subsidiados exclusivamente por softwares). Aproxima-se, assim, o contexto à realidade acadêmico-profissional. Os sujeitos vivenciam um processo de negociação de informações na prospecção de soluções, estimulando pensamento crítico e interação.

2 QUADRO TEÓRICO

Ao planejar as etapas do estudo, pretendia-se que os estudantes relacionassem conhecimentos prévios sobre corrente, tensão, resistência e potência elétrica e que pudessem interpretar os fenômenos que estão ocorrendo no circuito com base em conceitos físicos do formalismo científico ou concepções alternativas. Ao executar o experimento, grupos receberam um conjunto de proposições teóricas (entregues de maneira não simultânea) e, posteriormente, práticas de laboratório (com diferentes artefatos). Nesta prática, buscou-se entender se as conclusões discutidas, compartilhadas e expostas na fase teórica, foram corretamente construídas ou se eram passíveis de uma reorganização propositiva. A seguir elementos do cerne do processo.

2.1 Grandezas e Circuitos CA

A transição do ensino médio ao superior é algo que requer certa avaliação, de modo a mapear uma proeminência à apropriação de conceitos distintamente da forma como são cientificamente

aceitos. Em relação à operação de circuitos de corrente alternada (CA), é fundamental para estudantes a apropriação científica, uma vez que diversas disciplinas ao longo da integralização curricular demandam saberes sobre o funcionamento desse tipo de circuito para fins profissionais. A circulação de corrente alternada em dispositivos para iluminação, como é o caso de lâmpadas incandescentes, por exemplo, pode subsidiar correlações interessantes entre corrente, tensão e potência elétrica dissipada pelo dispositivo. Conectar resistores a geradores de corrente alternada, por meio de algum tipo de combinação/associação, pode fazer emergir algumas relações matemáticas e concepções dos estudantes do ponto de vista do brilho das lâmpadas, de modo que é passível mapear sua relação com as grandezas elétricas envolvidas. Se faz importante a vivência, pelos sujeitos em aprendizagem, de exercício experimental de análises que fazem uso de componentes resistivos. Desta forma, aproximam-se estudantes do contexto prévio realizado com circuitos CC no ensino médio, bem como do cotidiano percebido com as instalações residenciais.

2.2 Concepções sobre o funcionamento de circuitos

Admite-se a concepção alternativa (Leão e Kalhil, 2015) como a pré-disposição do aluno de associar conceitos que podem ser intuitivos (prévios) ou promovidos durante o próprio processo de aprendizado, os quais não corroboram com os saberes científicos. A concepção alternativa é distinta de um simples erro, pois este pode ser reconhecido pelo próprio aluno quando se atinge um nível de conhecimento maior.

Uma situação inerente a tal demanda são questionamentos indiretos que resultam na apresentação sobre quais fatores interferem no brilho fornecido por uma lâmpada. Ao fornecer um conjunto de lâmpadas com resistências iguais, a potência dissipada pode variar a depender do arranjo proposto, desdobrando-se sobre a avaliação de tensão e corrente a que o componente está submetido. Neste caso, pode revelar concepções distintas daquelas cientificamente aceitas. Alguns modelos equivocados trazidos por Gravina e Buchweitz (1994) na análise de circuitos de corrente contínua apontam que os estudantes podem admitir que *“a corrente é consumida no circuito”*, *“em um fio interrompido há a passagem de corrente elétrica”*, *“lâmpadas idênticas sempre brilham igualmente”* ou mesmo *“a diferença de potencial pode ser considerada como uma consequência da corrente elétrica e não sua causa”*. De acordo com McDermott & Shaffer (1992), algumas concepções alternativas podem ser atribuídas a uma experiência limitada. Outras podem resultar de falsas interpretações da experiência prévia. Incluímos, ainda, a possibilidade de estender interpretações de outros problemas para o âmbito da eletricidade. Uma metodologia ativa e colaborativa pode, assim, ser explorada para que se verifique potencial na reconstrução de concepções alternativas, avaliando-se argumentos, comprovação empírica ou não. É passível, assim, de vislumbrarmos potencial metodológico para que os alunos se aproximem da correta aceção conceitual.

2.3 Artefatos e tecnologias experimentais

Os equipamentos de laboratório são empregados comumente em práticas experimentais sob o viés de melhorar o processo de ensino-aprendizagem do aluno, aproximando o estudante da perspectiva profissional. Evidentemente que as habilidades/skills acerca da operação dos artefatos são importantes face aos arranjos e funcionalidade particulares de cada um deles. Ainda, cada docente pode prover configurações didáticas distintas para o mesmo dispositivo. O aluno faz associações entre modelos teóricos e evidências experimentais. Três elementos emergem: os artefatos/equipamentos em si, as configurações para que são projetados e a capacidade dos estudantes em lidar com diversas representações de um objeto. Na pesquisa em tela, os equipamentos estavam relacionados à análise de arranjos necessários para resolução do problema, havendo a confecção de circuitos e testes para verificação das conclusões admitidas anteriormente como verdadeiras. As etapas empíricas expuseram como foco a montagem e teste de circuitos elétricos (dois com elementos luminosos de potências e aplicabilidades distintas e outro com resistores

eletrônicos). As configurações possíveis, a disposição esquemática dos componentes em cada plataforma experimental e o conjunto de dispositivos disponibilizados era diferente em cada uma das etapas. Foram utilizados para a montagem de circuitos CA: fontes, cabos, interruptores, resistores eletrônicos, lâmpadas. Para análise, os estudantes dispunham da análise visual sobre o brilho de alguns dispositivos e, quando não, de instrumento para medição. Os equipamentos utilizados foram: bancada experimental de instalações elétricas – com disjuntores, interruptores, cabos e lâmpadas (Figura 1); maleta experimental, *protoboard*, cabos, multímetros, resistências e lâmpadas eletrônicas (Figura 2).

Da maleta experimental, uma fonte CA de 5 V_{rms} (valor médio quadrático) foi utilizada, assim como, cabos para conexão do *protoboard* para ele. É possível, assim, a montagem de circuitos, bem como, a realização de testes destes por meio de elementos visuais ou medição.

Figura 1 – Parte da bancada experimental de instalações elétricas.



Fonte: autores

Figura 2 – Maleta experimental, *protoboard* e dispositivos periféricos.



Fonte: autores

A análise do uso revela, além das concepções alternativas, erros de utilização admitindo as regras de conexão do *protoboard*. Em uma das fases, multímetros foram disponibilizados como suporte para a verificação do funcionamento do circuito proposto, construído com o uso de resistores eletrônicos. O equipamento, por meio de suas funções (ohmímetro, amperímetro e voltímetro) permite prever e verificar variáveis e o funcionamento do circuito. A bancada de instalações elétricas, por sua vez, é equipada com quatro lâmpadas incandescentes de 60W dispostas espacialmente na forma de uma matriz 2x2, disjuntores, interruptores e outros componentes. Ela é alimentada por fonte 220 V_{CA}.

3 DESIGN METODOLÓGICO

A pesquisa foi realizada em uma instituição federal junto a estudantes de Engenharia Elétrica matriculados em curso de extensão sobre Instrumentação Eletroeletrônica. No dia da aplicação do *Design* 15 alunos estavam presentes. A maioria pertencia ao primeiro período do bacharelado. No curso de extensão os estudantes já tinham tido contato com montagens experimentais durante 06 encontros de 02 horas, aproximadamente. Houve montagens em *protoboard*, uso de fontes CC e CA, osciloscópio, componentes eletrônicos (resistores, capacitores) e multímetro. Assim, já havia um contato preliminar com a maioria dos dispositivos das fases experimentais.

3.1 Infraestrutura

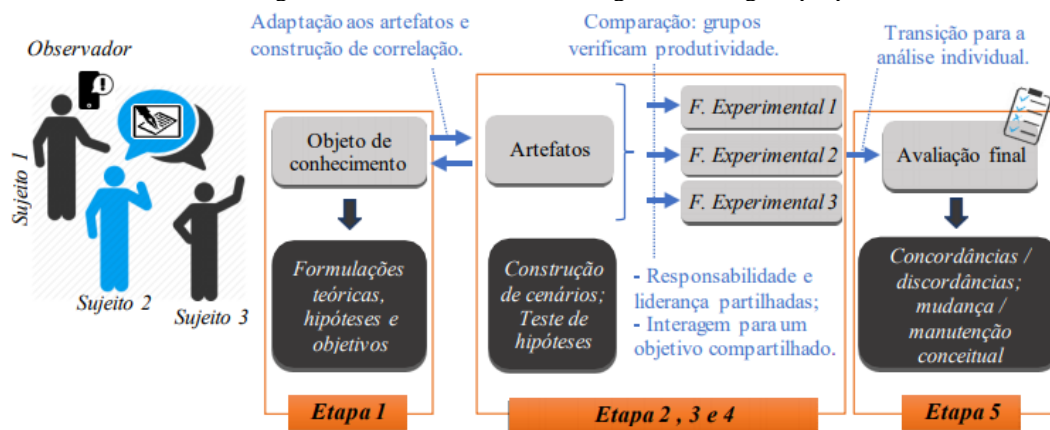
Foi utilizado o Laboratório de Instalações Elétricas e Eficiência Energética (LIEL) e o Laboratório de Eletricidade e Dispositivos Eletrônicos (LEDE). No LIEL admitiu-se o uso da bancada de instalações elétricas, aplicada em uma das fases do *design*; no LEDE um conjunto de dispositivos foi disponibilizado admitindo dois arranjos (o primeiro: fonte CA 5V_{rms} da maleta experimental, cabos, *protoboard* e 4 lâmpadas de 1,2W / 12V; o segundo: outro com fonte CA

5V_{rms} da maleta, cabos, protoboard, 4 resistores eletrônicos iguais, multímetros).

3.2 Percurso

No início do encontro um docente realizou exposição oral durante 20 minutos, elencando detalhes da proposta e das regras de formação para cada uma das etapas. Ao total 05 (cinco) grupos foram formados, com três estudantes cada. Nesta fase foram identificados cinco alunos denominados “mais experientes”. Três já estavam no 3º período do curso de Engenharia Elétrica. Outros dois já tinham formação técnica na área. Estes cinco estudantes foram denominados “Observadores”, divididos em cada uma das equipes, sendo responsáveis pelo registro das atividades dos demais, evitando interferência e exercendo certo perfil analítico nas quatro primeiras etapas sobre os debates e procedimentos experimentais que ocorreriam. Os demais eram estudantes “novatos” (primeiro período). A proposta em detalhes é apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Características do design metodológico proposto.



Fonte: autores.

No arranjo, partilha-se responsabilidade e liderança em cada fase. Os dois sujeitos que constroem os casos com os artefatos (nas etapas 1 a 4) atuam para um objetivo compartilhado. O observador analisa os debates e resultados destas fases, (re)definindo suas concepções. Por fim, prossegue-se com a aplicação de uma avaliação final de caráter individual, em que busca-se verificar os efeitos do *design* de abordagem para todos. Dois estudantes monitores (do curso de Engenharia Elétrica) e dois professores (Física, Engenharia Elétrica) acompanharam a aplicação do *design*, porém sem interferir nos ambientes de saber formados, incentivando o debate entre sujeitos. Foi utilizado um tempo de 02h00 a 02h30 pelos grupos para finalização das etapas.

3.3 Etapa 1 - Fase Teórica

Nesta etapa os estudantes foram solicitados a propor circuitos que atendessem a associação entre componentes resistivos com emissão de luz, alimentados por fonte CA, tal que emergisse a ideia de brilho destes componentes, sua associação, e conceitos sobre grandezas elétricas (explícita ou implicitamente). A descrição do enunciado foi a seguinte:

Enunciado apresentado: “Para cada um dos casos a seguir o circuito elétrico deve ser alimentado através de uma fonte de tensão AC contendo 4 lâmpadas (resistores) iguais”

- Esboce um circuito tal que as lâmpadas/resistores (L1, L2, L3, L4) apresentem o mesmo brilho;*
- Esboce um circuito, diferente da questão anterior, tal que as lâmpadas/resistores (L1, L2, L3, L4) apresentem o mesmo brilho;*
- Esboce um circuito tal que as lâmpadas/resistores (L1, L2, L3, L4) apresentem o*

mesmo brilho aos pares (L1 e L2 apresentam o mesmo brilho; L3 e L4 apresentam o mesmo brilho), porém um dos pares deve apresentar brilho maior que o outro par.

As três atividades foram entregues sequencialmente de modo que os estudantes, ao receberem uma atividade, não sabiam qual seria a próxima. Ao fim da resolução de cada situação, recebiam a seguinte. Os observadores registravam as discussões por meio de imagens e vídeos, não podendo debater com os dois outros colegas. Isso ocorreu até a 4ª Fase. Refletiram sobre as ações dos colegas e estabeleceram suas percepções particulares.

3.4 Etapa 2 - Fase Experimental 1

A segunda etapa foi executada no LIEL. Foi proposto que montassem os três circuitos da fase anterior utilizando a bancada de instalações elétricas. Os estudantes poderiam montar os circuitos e depois energizá-los, analisando e testando hipóteses a respeito do brilho das lâmpadas. A energização da bancada foi devidamente explicada pelo professor (ou por monitor) aos estudantes dos grupos. Ela foi realizada apenas quando da inexistência de curto-circuito. Do contrário, o cenário foi reportado ao grupo.

3.5 Etapa 3 - Fase Experimental 2

Esta etapa consistiu de um processo com novo arranjo de artefatos. Há uma aproximação da fase anterior no que diz respeito à orientação de que realizassem a montagem dos mesmos circuitos da fase teórica, porém agora fazendo uso de uma fonte DC, protoboard e Leds de alto brilho. Já havia uma experiência preliminar. Na constatação de equívocos conceituais em relação às Etapas 1 e 2, os estudantes poderiam propor correções. Foi disponibilizado o primeiro arranjo descrito na seção 3.1.

3.6 Etapa 4 - Fase Experimental 3

Nesta fase os alunos teriam de remontar os circuitos propostos na fase teórica, mas desta vez não seriam usadas lâmpadas, ou seja, não existiria uma confirmação visual dos resultados no circuito. Aos estudantes foram disponibilizados equipamentos de medição para avaliar as condições de operação do circuito. Desta forma, confirmariam ou não suas conclusões anteriores, analisando grandezas. Foi disponibilizado o segundo arranjo descrito na seção 3.1.

3.7 Etapa 5 - Fase Avaliativa Final

Diversos circuitos relacionados a possíveis respostas do cerne teórico foram dispostos e sobre eles foram elaborados itens para que os estudantes indicassem se cada afirmação era Verdadeira ou Falsa. Além da análise peculiar de cada arranjo, foram elaboradas assertivas para que se comparassem arranjos. Assim, os estudantes, individualmente, poderiam ser solicitados a analisar cenários para além das suas propostas, expandindo o estudo de casos.

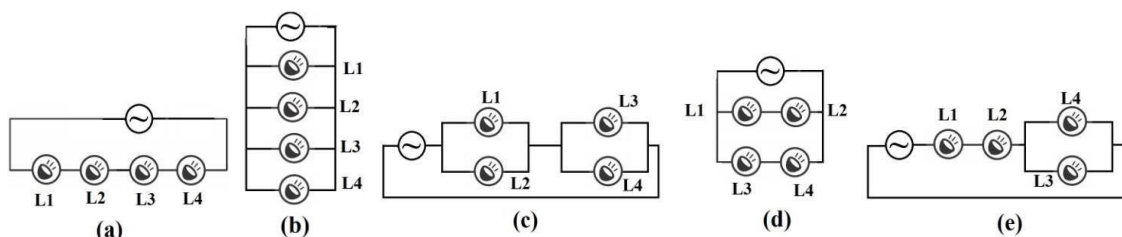
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES PRELIMINARES

As propostas mais frequentes elaborados pelos grupos estão representados da Figura 4 (a até e). Discussões preliminares acerca dos resultados são expostas.

ETAPA 1: (*) Em suas discussões, alguns grupos sugeriram “*que o brilho das lâmpadas no arranjo (a) seria maior que no arranjo (b)*”. Essa afirmação foi justificada considerando que a corrente total no arranjo (b) iria se dividir, sendo menor do que no arranjo (a) e, assim, proporcionando brilho maior das lâmpadas no arranjo (a) do que em (b). Logo, nota-se com tais afirmações que, inicialmente, alguns estudantes desconsideram a tensão nos terminais das lâmpadas quando elas são associadas em série ou em paralelo, levando-os a concepções equivocadas a respeito desses arranjos e, consequentemente, do brilho das lâmpadas. É simples mostrar que o brilho das lâmpadas em (b) é

dezesseis vezes maior que em (a), manifestando-se o cálculo da potência fornecida pela fonte e da potência em cada lâmpada (parte dissipada na forma de calor e parte da forma de energia luminosa). (**) Outra concepção surgiu quando um grupo alterou a disposição espacial das lâmpadas (aparência visual dos nós), contudo sem modificar a topologia (ligações entre os componentes), informando que os circuitos seriam diferentes. Também houve proposta em que se verificava o curto-circuito em arranjos. Este é um elemento importante do ponto de vista das dificuldades em relação a constituição semiótica elaborada pelos estudantes. (***) Em relação ao arranjo série (a), a concepção de que a corrente é consumida pelo circuito também apareceu, onde um estudante defendeu: *"como tem resistência, parte da energia se perde na primeira, outra parte na segunda, perde mais na terceira e na quarta não chega quase nada"*, justificando que o brilho seria decrescente nas lâmpadas do arranjo. (****) O arranjo (e) da Figura 5 foi proposto por vários grupos na 3ª atividade da Etapa 1. Novamente, desconsiderando a tensão nos terminais de cada lâmpada, os estudantes sugeriram que *"o brilho das lâmpadas L1 e L2 do arranjo (e) apresentariam o dobro do brilho das lâmpadas L3 e L4 do mesmo arranjo"*, apoiando-se no fato da corrente se dividir no nó (para L3 e L4) – interpretação percebida para circuitos em corrente contínua por McDermott & Shaffer (1992). Note que, neste caso, mantém a concepção desprezando inclusive o perfil alternado da corrente. A potência dissipada pelas lâmpadas L1 e L2 é quatro vezes maior que das lâmpadas L3 e L4, desdobrando-se a consequente inferência sobre o brilho. No grupo que propôs o arranjo (c) para a mesma atividade (circuito misto) prevaleceu a concepção de esgotamento da corrente: *"a energia passa primeiro por L1 e L2, brilhando mais que L3 e L4"*.

Figura 4 – Alguns arranjos possíveis para a verificação do brilho de lâmpadas.



Fonte: autores.

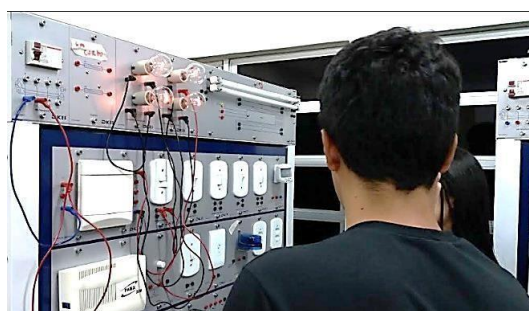
ETAPA 2: A implementação dos arranjos da Etapa 1 na bancada do LIEL provocou, em geral, incômodo nos estudantes ao visualizarem que os resultados, pelo menos em parte, foram diferentes das concepções iniciais na fase teórica. Os resultados empíricos geraram uma nova fase de reflexão. Após debate entre os alunos, houve superação da maioria das equipes em relação à compreensão sobre o funcionamento dos arranjos, principalmente sobre paralelismo (Figura 5) e serialização (Figura 6). Nos arranjos mistos as concepções parecem se mostrar mais resistentes.

Figura 5 – Exemplo de montagem do circuito paralelo.



Fonte: autores.

Figura 6 – Exemplo de montagem do circuito série



Fonte: autores.

ETAPA 3: Por não perceberem o brilho apresentado pelas lâmpadas que se encontravam em série no arranjo misto (e) - Figura 4 (durante a montagem em *proto-board*), alguns estudantes questionaram se as conexões estavam corretas ou se os arranjos foram propostos de modo equivocado em relação ao solicitado. Em um dos grupos, porém, certa estudante percebeu que a potência distribuída no arranjo não proporcionava patamar suficiente para percepção visual do brilho das lâmpadas em série (L1 e L2). As lâmpadas L3 e L4 lhes emitia brilho suficiente para visualização, direcionando-lhes a indicar que havia corrente circulando no circuito e que, talvez, pudessem perceber o brilho das demais lâmpadas do conjunto se desligassem as lâmpadas que iluminavam o Laboratório: “(...) *ela não está apagada. Se desligar (as lâmpadas do laboratório) dá pra ver*” (Figura 7). Essa atitude foi o gatilho para perceberem a relação entre potência e tensão. O *design* colaborou para que os grupos também comparassem entre si o desempenho. Outros estudantes decidiram, ao se depararem com a mesma situação, efetivar a prática de desligar as lâmpadas do ambiente, enfatizando a aprendizagem em grupo.

ETAPA 4: Quando comparada à etapa anterior, houve a disponibilização de multímetro aos grupos, sendo ainda substituídas as lâmpadas eletrônicas por resistores com o intuito de verificar a internalização sobre as grandezas elétricas e não apenas sobre a percepção visual. As medidas realizadas com o multímetro e com os resistores (Figura 8) alicerçaram a mudança de concepções por parte de alguns alunos. A maioria dos grupos procedeu com a medição de resistência em diversos pontos (componentes individuais e equivalentes), tensão e/ou corrente elétrica. Esta mudança decorreu em reflexão e mudança de opinião, refletidas na fase avaliativa (Etapa 5).

Figura 7 – Tentativa de percepção visual em um grupo.



Fonte: autores.

Figura 8 – Uso do multímetro na etapa 4



Fonte: autores.

ETAPA 5: O questionário avaliativo aplicado a cada estudante abordou os cinco arranjos da Figura 4. Com assertivas do tipo “Verdadeiro” e “Falso” foi possível avaliar como os estudantes conseguiram melhorar as suas concepções comparando o brilho das lâmpadas de um arranjo para outro, bem como a comparação dentro do mesmo arranjo. As respostas da avaliação vão mais frequentemente de encontro com as propostas iniciais. O *design colaborativo e ativo* proposto se mostrou eficiente nos seguintes pontos: (a) na percepção e associação dos modelos teóricos com a construção dos circuitos reais; (b) na comparação do brilho de lâmpadas em arranjos diferentes; (c) na comparação do brilho de lâmpadas no mesmo arranjo; (d) na mudança de concepções alternativas sobre corrente elétrica; (e) na mudança de concepções sobre grandezas envolvidas na especificação da potência. O percentual de acerto nos itens sobre estas questões foi de, no mínimo 60%, chegando a 93% em um dos cenários (8 dos 10 itens).

Algumas questões resilientes observadas foram: dificuldades em estruturar avaliações analíticas/quantitativas; falta de habilidade na interpretação de esquemas em dependência da disposição espacial dos componentes; dificuldades de interpretação sobre a distribuição de tensão nos arranjos. O percentual de acerto, nestes casos, foi inferior a 40% (2 dos 10 itens).

Ainda, após análise dos resultados, notou-se que, apesar da fase experimental ir de encontro com algumas concepções alternativas, aquela que relaciona a corrente como “uma grandeza que

se desgasta ao percorrer uma resistência elétrica”, persistiu em um número significativo de alunos (40%). Enfatizamos, de modo complementar, a notória lacuna de manifestação de análises algébricas decorrentes das leis básicas aplicadas aos circuitos elétricos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da aplicação de um *design* colaborativo e ativo revelam que os alunos são capazes de desenvolver e repensar suas ideias a partir da estruturação de configurações empíricas subsidiadas por artefatos de laboratório. A estruturação proposta torna permissível diálogo argumentativo e discussão com partilha de responsabilidades. Em relação aos estudos tradicionais, aparentemente os alunos atingem de maneira mais equilibrada as concepções científicas na análise de circuitos elétricos. Percebe-se, contudo, a manutenção de concepções alternativas e resilientes, certificando dados nacionais e internacionais encontrados na literatura. A proposta se expõe como plausível, no entanto, novas configurações devem prever a prospecção de cenários que evitem explorações analíticas. No andamento da pesquisa é conveniente explorar o desenvolvimento de tecnologias que corroborem para o enfrentamento mais direto destas dificuldades de aprendizagem. O *design* colaborativo e ativo pode, ainda, visualizar a incorporação da participação de um especialista/orientador ativo no grupo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao IFPE – Campus Garanhuns por prover infraestrutura. Ainda, agradecem à Divisão de Pesquisa e Extensão do campus devido à permissividade para oferta de curso de natureza extensionista, cujos alunos participaram da atividade.

REFERÊNCIAS

ABEGG, Ilse; RAMOS, Diego Berlezi. Investigação de ferramentas e métodos de ensino de circuitos de corrente alternada para curso introdutório de eletrotécnica. **Revista Dynamis**, v. 19, n. 1, p. 30-42, 2013.

ARAUJO, Alexandre A. V. R.; OLIVEIRA, Alexandre L. Uma associação do método PeerInstruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, p. e2401, 2017.

AZEVEDO, Wilker V. S.; GITIRANA, V. Construindo conhecimento sobre circuitos elétricos: tratamento, conversão e concepções intuitivas na resolução de situações-problema. In: **Anais: XLV–Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Joinville: UNISOCIESC/UDESC. 2017.

AZEVEDO, Wilker V. S.; GITIRANA, V. Construindo conhecimentos sobre circuitos elétricos: as representações semióticas e novos referenciais sobre dificuldades de aprendizagem. In: **Anais: XLV–Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Joinville: UNISOCIESC/UDESC. 2017.

BALEN, Osvaldo; VILLAS-BOAS, Valquíria; CATELLI, Francisco. Concepções Alternativas e Aprendizagem Ativa em um Contexto de Ensino–Aprendizagem de Circuitos Elétricos nas Físicas Introdutórias para Engenheiros. In: **Artigo apresentado no XXXVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, COBENGE**. 2008..

DORNELES, Pedro F. T.; ARAUJO, Ives S.; VEIT, Eliane A. A integração entre atividades

computacionais e experimentais: um estudo exploratório no ensino de circuitos CC e CA em física geral. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 6, 2007.

FREIESLEBEN, Fernando B.; LODER, Liane L.; BECKER, Maria Luiza R. Um debate acadêmico sobre a aprendizagem de circuitos elétricos: o estado da arte. In: **Anais: XLI- Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Gramado: UFRGS. 2013.**

GRAVINA, Maria Helena; BUCHWEITZ, Bernardo. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. **Revista brasileira de ensino de física. Vol. 16, n. 1/4 (1994), p. 110-119, 1994.**

LEÃO, Núbia M. M.; KALHIL, Josefina B. Concepções alternativas e os conceitos científicos : uma contribuição para o ensino de ciências. Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Brasil. 2015.

MCDERMOTT, Lillian C.; SHAFFER, Peter S. Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. **American journal of physics**, v. 60, n. 11, p. 994-1003, 1992.

SEVERO, Sergio L. S. Laboratório de Aprendizagem Ativa no Ciclo Profissionalizante de Engenharia Elétrica. In: **Anais: XLIV-Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Natal, UFRN. 2016.**

TORRES, Patrícia Lupion; IRALA, Esrom Adriano F. Aprendizagem colaborativa: teoria e prática. **Complexidade: redes e conexões na produção do conhecimento. Curitiba: Senar, p. 61-93, 2014.**

OVERCOMING OF ALTERNATIVE CONCEPTIONS ON ELECTRICAL CIRCUITS: AN ANALYSIS OF STUDENT LIVING WITH AN ACTIVE APPROACH AND DIFFERENT RESOURCES

Abstract: *At this work we discuss the results of an exploratory research with students of an Electrical Engineering course, to identify if the students interpret the phenomena which are occurring in the circuit based on physical concepts of the scientific formalism or alternative conceptions; and articulate with the theoretical foundations, when they experience a design of teaching approach directed to the conception and application of a collaborative and active model with the use of different artifacts and representations. The design was developed in the context of the analysis of simple resistive circuits in alternating current, providing interaction and integration among students in circuit construction. We also promote the correct variations of artifact arrangements (resistors, lamps, sources) in theoretical-experimental phases. The results show the overcoming of conceptions about the "consumption of electric current" in a circuit through the social and collaborative construction of knowledge among students on an empirical platform. It was verified the lack of ability in the interpretation of schemas in dependence of the spatial arrangement of the components.*

Keywords: Active learning. Electric circuits. Collaborative design. Conception.