



Quadro Didático AC: um produto didático para o ensino por investigação nas aulas práticas de circuitos elétricos e eletromagnetismo

Didactical AC Board: a didactic product for inquiry science teaching in experimental classes of electrical circuits and electromagnetism

S. L. FRANÇA¹, B. GONÇALVES¹, B. F. RIZZUTI²

¹Núcleo de Física, Laboratório de Inovação Tecnológica - Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais.

²Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora.

Resumo

Neste trabalho apresentamos o Quadro AC (AC do inglês Alternating Current: Corrente Alternada). É uma tecnologia educacional que possui registro no INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), sob o número BR 302012002737-3, que tem a finalidade de facilitar o ensino de circuitos elétricos com corrente alternada. Ele pode ser utilizado em cursos regulares do Ensino Médio, Cursos Técnicos e Superiores. Os pontos principais do produto são a segurança para o usuário e o fácil manuseio. Com ele é possível abordar a lei das malhas, a lei dos nós (leis de Kirchhoff) e a lei de indução de Faraday de forma investigativa. Neste texto explicamos o funcionamento detalhado de cada parte do produto e são apresentados dois métodos de aplicação em sala de aula. Um deles permite que ele seja utilizado por uma turma com muitos alunos de tal forma que todos participem durante toda a aula. O foco principal é gerar o engajamento da turma na atividade e nos resultados produzidos por cada um dos alunos ao executar tarefas.

Palavras-chave: Circuitos elétricos. Eletricidade. Ensino por Investigação.

Abstract

In this paper we present the Quadro AC. It is an educational technology, that is registered in the INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial - BR 302012002737-3). It is used with the purpose of easing the teaching of alternating current electric circuits. It can be applied in regular High school courses or even in undergraduate introductory disciplines. The main points of the device are safety for the user and easy handling. With the Quadro, it is possible to approach the Kirchhoff's laws and Faraday induction law in an investigative way. In this work, we explain the detailed operation of each part of the product and two methods of classroom application are presented. One of them allows the teacher to use it in classroom with many students in such a way that all of them will be doing some work related to the Quadro during all the time. The main point is to get engagement of the students.

Keywords: *Electric circuits. Electricity. Inquiry Science Teaching.*

I. INTRODUÇÃO

A pesquisa em Ensino em Ciências vem revelando crescente preocupação com a melhoria do processo de ensino e aprendizagem. Dentre as diversas estratégias didáticas, vários trabalhos apontam a importância da investigação, do papel da experimentação no contexto didático e das características que definem uma atividade experimental (HIGA, 2012).

Quando o experimento está presente em sala de aula, a aula além de se tornar mais motivadora, passa a ser condizente com o método de construção de teorias físicas (AZEVEDO, 2009). Podem ser construídas aulas com caráter de investigação para validar, através de experimento, alguma teoria relacionada ao conteúdo ministrado ou ainda gerar hipóteses através da experimentação e construir o conhecimento de forma concomitante com as medições (LOPIM, 2018). O foco principal deve ser provocar o senso de investigação durante as aulas (PRAIA, 2002). A elaboração de uma Sequência de Ensino por Investigação objetiva principalmente o aumento da liberdade intelectual e da construção científica dos alunos (CARVALHO, 2018).

Atualmente, visando o desenvolvimento de habilidades cognitivas, a atividade investigativa foca nos procedimentos como a elaboração de hipóteses, anotação de e análise de dados e o desenvolvimento de argumentação (STRIEDER & WATANABE, 2018).

O Quadro AC enquadra-se bem no contexto do ensino por investigação, além também de poder ser utilizado como instrumento inovador para avaliação do conteúdo associado à eletricidade, como será exposto adiante. Visto como uma atividade experimental, a aplicação em sala de aula gera interesse nos estudantes, auxiliando na compreensão de fenômenos associados à eletrodinâmica. Extrapolando ainda mais, sua aplicação pode desenvolver habilidades práticas como a manipulação de equipamentos em laboratórios e a aquisição/tratamento de dados experimentais (HIGA, 2012).

Uma das aplicações do Quadro é fazer a diferenciação entre os regimes de correntes contínua e alternada. A maioria dos alunos deixa o Ensino Médio acreditando que as

tomadas de suas residências sejam de corrente contínua e que todos os objetos elétricos e eletrônicos funcionam com ela (VISCOVINI e tal., 2015).

Embora a reprodução do Quadro Didático não seja uma atividade trivial, tal tarefa pode ser feita com o uso de uma furadeira, serra e demais ferramentas do cotidiano doméstico.

É um Quadro de baixo custo como apresentado na Figura 1, e também visualmente atrativo, o que possibilita também sua aplicação em turmas onde há alunos com algum grau de deficiência auditiva. O mesmo pode ser transportado para a sala de aula, pois possui peso aproximado de 8,0 kg, com o formato de uma mala e todos os seu componentes para a realização dos experimentos estão guardados na parte interna do mesmo. A Figura 1 mostra cinco lâmpadas ligadas em série.



Figura 1: Quadro AC em funcionamento. Fonte: arquivo do autor

Os conteúdos listados abaixo podem ser explorados, durante uma aula experimental:

- 01 Realizar ligações em série.
- 02 Realizar ligações em paralelo.
- 03 Realizar ligações mistas simples.
- 04 Realizar ligações mistas compostas com nós.
- 05 Medir a intensidade da corrente elétrica.
- 06 Medir a tensão elétrica.
- 07 Explorar o funcionamento de um sensor fotoelétrico.
- 08 Explorar o funcionamento de um potenciômetro.
- 09 Mostrar o funcionamento do anel de Thomson.
- 10 Simular um transformador.

A utilização do Quadro pode ser vista em vídeo no seguinte endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=u3gbEIZo210>.

Na próxima seção apresentaremos uma visão geral do Quadro AC com detalhes de sua construção. Descrevemos minuciosamente tanto a estrutura externa - estrutura, peças, etc - quanto a interna do Quadro, explicitando, por exemplo, os circuitos esquemáticos que compõem o produto (FRANÇA, 2021). Na seção 3, de metodologia, sugerimos possíveis atividades em sala de aula que possam complementar tópicos abordados em aulas teóricas sobre circuitos e eletromagnetismo, em geral. A seção 4, por sua vez, é deixada para as conclusões e considerações finais.

II. CONSTRUÇÃO DO PRODUTO

O produto foi projetado e teve seu protótipo incrementado no Laboratório de Inovação Tecnológica (LIT). Toda sua construção foi embasada no uso de material de baixo custo e que ele se apresentasse como um aparato visualmente atrativo com a finalidade de manter o engajamento do aluno na sua utilização. O Quadro AC foi utilizado como projeto inicial para o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Ele foi ganhando atualizações e aperfeiçoamentos para ser apresentado como produto na elaboração da Dissertação de Mestrado.

O Quadro foi projetado para, além de ser de fácil manuseio e transporte, ser também replicável. Essa seção tem a finalidade de detalhar o produto, incluindo os materiais utilizados para sua construção, como dispositivos eletrônicos e elétricos, materiais de fixação, de segurança, de transporte e de armazenamento.

A seção está dividida em duas partes. A primeira mostra a parte externa do Quadro e a segunda apresenta, em forma de esquemas (desenhos), o interior do Quadro com suas ligações elétricas e as respectivas relações entre cada uma delas. Em alguns casos, detalhes mais específicos são apresentados com a finalidade de sanar qualquer dúvida que possa aparecer para facilitar o trabalho daqueles que queiram reproduzi-lo.

A Figura 1 mostra o funcionamento parcial do Quadro. Nela podemos ver as cinco lâmpadas ligadas em série, o funcionamento do voltímetro, do amperímetro e o acionamento do dispositivo de segurança: trata-se de um *push bottom* que corta/fornece energia.

Na parte inferior da Figura 1, há um dedo indicador de um usuário pressionando o dispositivo. A estratégia é utilizada para evitar que ocorra um curto circuito durante sua utilização. Ela limita o manuseio do aparato por apenas um usuário. Desta forma, ao pressionar o dispositivo de segurança, o usuário em questão fica impossibilitado de manusear dois cabos de energia simultaneamente, sendo impossível fechar curto nos circuitos e dessa forma há garantia de segurança no manuseio por parte dos usuários.

Conforme mostrado na Figura 2 (frente) e 3 (traseira), o Quadro possui as características de uma mala com as seguintes dimensões: 50 cm de largura, 75 cm de comprimento e 13 cm de espessura máxima. Adotamos o termo espessura máxima pelo fato do mesmo possuir a forma de cunha, isto é, com seção reta em forma de trapézio. Sua espessura mínima é de 6 cm.

O vídeo de apresentação do produto citado anteriormente mostra esse detalhe, além de

fornecer uma perspectiva do tamanho real do aparato.



Figura 2: *vista externa frontal. Fonte: arquivo do autor.*

A estrutura da caixa é toda composta de MDF (*Medium Density Fiberboard*), material oriundo de madeira e fabricado com resinas sintéticas, nas espessuras de 6 mm para o tampo, de 9 mm para o fundo e de 15 mm para as laterais.



Figura 3: *vista externa traseira. Fonte: arquivo do autor.*

As Figuras 3 e 4 mostram a parte traseira. Nela podemos ver o compartimento destinado à guarda dos acessórios necessários para a utilização do Quadro, o detalhe da alça para o transporte e os pés de borracha para apoio durante a utilização. Desta forma todo o material necessário para as atividades em sala de aula está armazenado em um só lugar.



Figura 4: compartimento para guarda dos acessórios. Fonte: arquivo do autor.

A Figura 5, mostra os itens que compõem o Quadro e que estão listados na sequência com as respectivas quantidades de cada item.

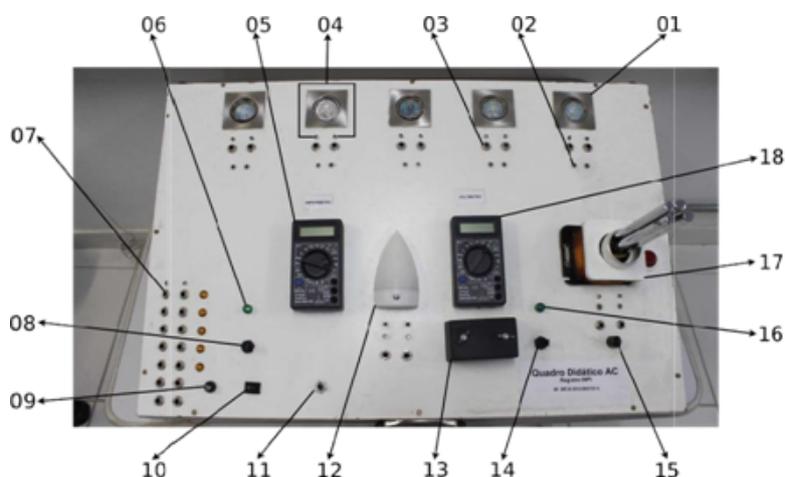


Figura 5: nomeação dos itens do Quadro. Fonte: arquivo do autor.

- 01 Spot de aço escovado com lâmpada incandescente de 30 W (5 unidades).
- 02 Entrada P-2 para ligação do voltímetro (10 unidades).
- 03 Entradas P-10 para ligação dos componentes como cabos, lâmpadas, etc. (14 unidades).
- 04 LEDs (um verde e um vermelho) para identificação (16 unidades - 8 de cada cor).
- 05 Amperímetro (1 unidade).
- 06 Lâmpada piloto do amperímetro (1 unidade).

- 07 Entradas P-10 ligadas em paralelo (14 unidades).
- 08 Chave liga-desliga do amperímetro (1 unidade).
- 09 Fusível (1 unidade).
- 10 Chave liga-desliga do Quadro (1 unidade).
- 11 *Push bottom* - dispositivo de segurança (1 unidade).
- 12 Dispositivo com foto-sensor (1 unidade).
- 13 Compartimento para guarda das baterias de 9 V do voltímetro e amperímetro (1 unidade).
- 14 Botão liga-desliga do voltímetro (1 unidade).
- 15 Potenciômetro (1 unidade).
- 16 Lâmpada piloto do voltímetro (1 unidade).
- 17 Bobina primária, núcleo de ferro e anel de alumínio (1 unidade de cada item).
- 18 Voltímetro (1 unidade).

A construção interna foi dividida em oito partes conforme especificado na sequência a seguir.

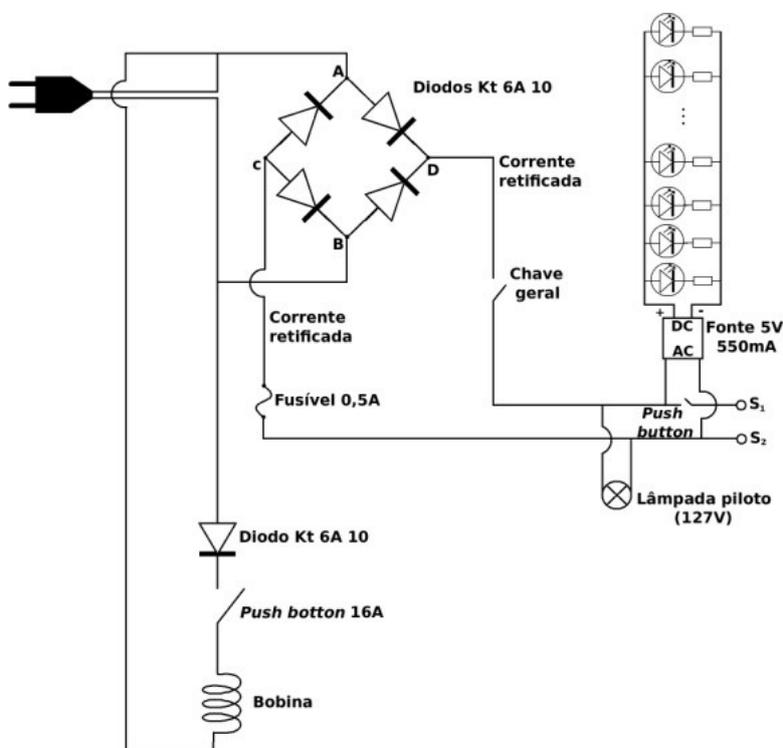


Figura 6: parte 1. Fonte: arquivo do autor.

A Figura 6, mostra o esquema elétrico de alimentação (parte 1) através de uma tomada com tensão alternada de 127 V que passa por uma ponte formada por quatro diodos Kt 6A 10. A ponte de diodos retifica a tensão de entrada embora ela ainda continue variando no tempo. Entre os pontos C e D da Figura 6, temos a mesma tensão que existe entre A e B, mas com o dobro da frequência. Além disso, a tensão entre C e D assume apenas valores positivos. A justificativa para a utilização dessa ponte de diodo é poder usar um amperímetro de baixo custo no Quadro AC. Amperímetros que medem corrente alternada possuem custo elevado. Com a frequência em torno de 120 Hz, podemos usar o fundo de escala de corrente contínua no multímetro CE DT 830D. Foram realizados diversos testes como multímetro ICEL MD-6111 (com fundo de escala em corrente alternada) e os valores encontrados em ambos os aparelhos eram diferentes em mais que sete partes e meia por mil.

Nesse mesmo esquema elétrico podemos visualizar as ligações dos seguintes componentes: do botão de segurança *push bottom* item 11, do fusível item 09, da bobina item 17, da chave geral item 10 e da ligação de todos os LEDs que estão presentes no Quadro. Os itens mencionados acima podem ser vistos na Figura 5.

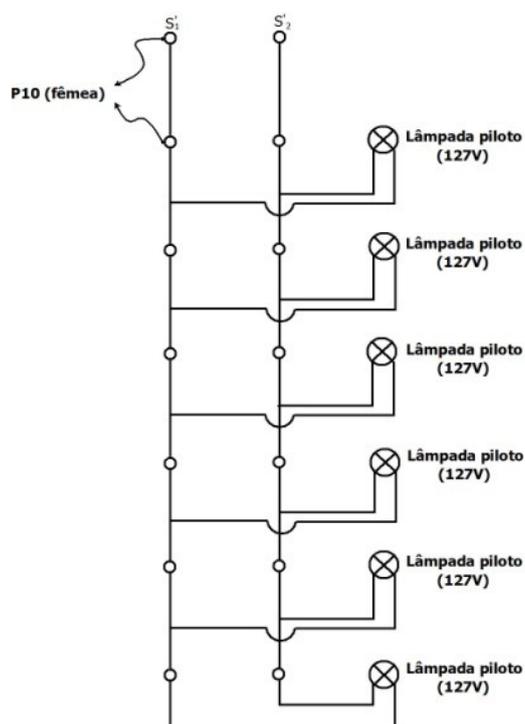


Figura 7: parte 2. Fonte: arquivo do autor

Na Figura 7, podemos visualizar através do esquema as ligações elétricas das entradas P-10 (S1 e S2) que estão ligadas em paralelo. Ressaltamos que essas entradas não são alimentadas pela ponte de diodos. Para energizar as entradas P-10 (item 07), precisamos conectar S1 a S1 e S2 a S2 conforme mostrado no corner esquerdo inferior da Figura 1, (dois cabos P-10 machos curtos). Em cada par de entradas temos uma lâmpada piloto que, quando acesa, tem a finalidade de informar que aquela porta está energizada. As lâmpadas piloto dessa parte são lâmpadas incandescentes de 127 V.

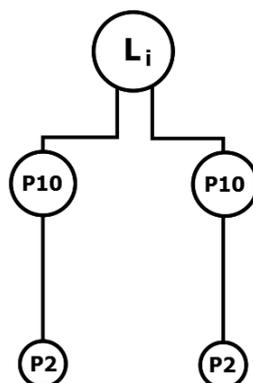


Figura 8: parte 3. Fonte: arquivo do autor

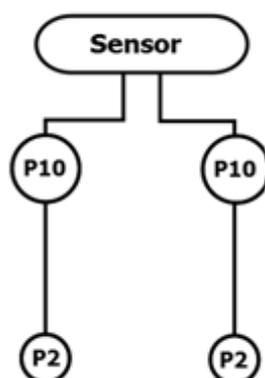


Figura 9: parte 4. Fonte: arquivo do autor.

Na Figura 8, apresentam-se as ligações das lâmpadas incandescentes situadas na parte superior do Quadro (item 01) da Figura 5. Nela podemos ver ainda as entradas para os cabos de alimentação (pinos P-10) e as entradas para os pinos de medidas do voltímetro/ampérímetro.

Na Figura 9, o esquema mostra a ligação do sensor fotoelétrico (item 12) da Figura 5. Nela podemos ver duas entradas para os cabos de alimentação P-10 e as entradas para os pinos de medidas do voltímetro/ampérímetro, conforme a necessidade.

Na Figura 10, vemos a montagem do voltímetro para a realização de medidas durante os experimentos (item 18) da Figura 5. Esse voltímetro possui uma bateria externa (item 13) da Figura 5, e uma lâmpada piloto (item 16). Essa lâmpada piloto tem duas finalidades: a primeira é mostrar que o voltímetro está pronto para ser utilizado, quando a mesma está acesa, e a segunda é mostrar que a bateria necessita ser trocada quando seu brilho estiver reduzido. Há dois resistores conectados ao voltímetro, funcionando como um divisor de tensão. Ao retificarmos a voltagem da tomada com a ponte de diodos, é possível verificar com um voltímetro usual que geramos uma tensão duas vezes maior para alimentarmos os componentes do Quadro. Assim, o divisor de tensão, com os dois resistores iguais, divide a tensão por dois, fornecendo, assim, o valor usual da tomada novamente.

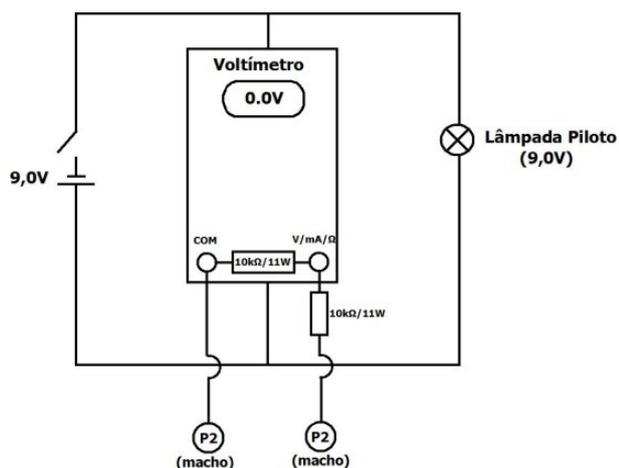


Figura 10: parte 5. Fonte: arquivo do autor.

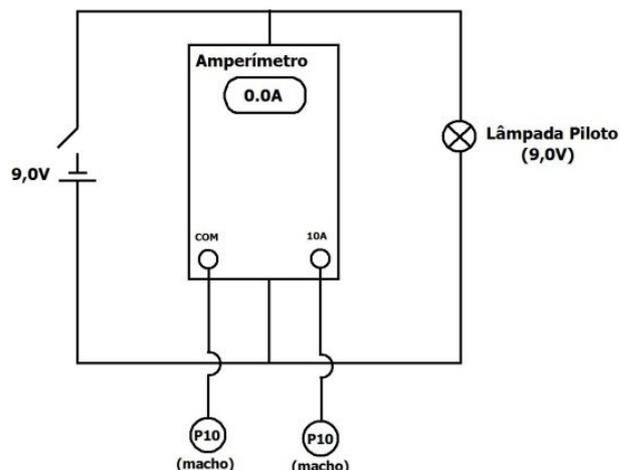


Figura 11: parte 6. Fonte: arquivo do autor.

Na Figura 11, vemos a montagem do amperímetro para realização de medidas durante os experimentos (item 05) da Figura 5. Esse amperímetro possui uma bateria externa (item 13) da Figura 5, e uma lâmpada piloto (item 06). Essa lâmpada piloto tem duas finalidades: a primeira é mostrar que o amperímetro está pronto para ser utilizado, quando a mesma está acesa, e a segunda é mostrar que a bateria necessita ser trocada quando seu brilho estiver reduzido. Funciona da mesma maneira como foi explicado para o voltímetro.

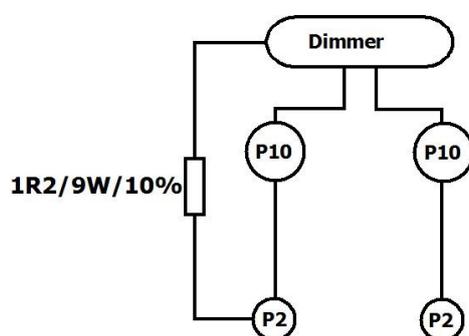


Figura 12: parte 7. Fonte: arquivo do autor.

Na Figura 12, o esquema elétrico mostra a ligação de um potenciômetro (*dimmer*) (item 15) da Figura 5. A mesma figura também mostra duas entradas para os cabos de alimentação (pinos P-10) e as entradas para os pinos de medidas do voltímetro/amperímetro. Através desse potenciômetro e dos cabos com ponteiros P-10, é possível realizar a ligação das lâmpadas na parte superior do Quadro (item 01) da Figura 5. Assim, o professor pode mostrar o funcionamento mais detalhado de um potenciômetro.

A Figura 13 mostra a bobina primária. Sua utilização é dupla para verificação de efeitos de indução. Ao ser preenchida por barras de ferro formando o seu núcleo, é possível lançar um disco de alumínio para o alto ou mesmo mantê-lo em levitação. Essa é a famosa experiência do anel de Thomson (SILVEIRA, 2003). Uma outra possibilidade é inserir uma bobina secundária sobre a primária, veja Figura 14, formando um transformador. Nesse caso conseguimos acender as lâmpadas incandescentes que estão na parte superior do Quadro

(item 01) da Figura 5, sem que elas sejam alimentadas diretamente pela fonte de energia do Quadro.

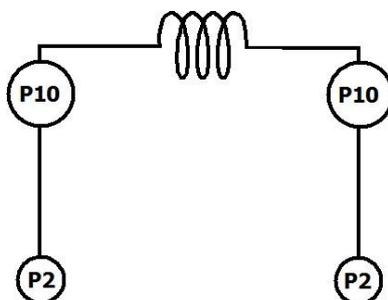


Figura 13: parte 8. Fonte: arquivo do autor.



Figura 14: funcionamento da bobina secundária. Fonte: arquivo do autor.

III. METODOLOGIA

Nesta seção apresentaremos formas de aplicação, como complemento experimental das aulas teóricas.

Como primeira atividade, o professor pode elaborar uma lista de exercícios com esquemas elétricos de ligações em série, em paralelo e mistas e pode inserir também perguntas relacionadas aos outros componentes (bobina primária, bobina secundária, sensor fotoelétrico e potenciômetro). São exemplos de enunciados de atividades:

- 01 Ligue duas lâmpadas em paralelo e três lâmpadas em série. Colete as medidas da tensão e da intensidade da corrente em cada uma das lâmpadas.
- 02 Com a montagem realizada no exercício anterior, desenhe dois circuitos completos (com as cinco lâmpadas). Um circuito deve ser simples (sem a presença do amperímetro e do voltímetro) e um segundo circuito (com a presença do voltímetro e do amperímetro).
- 03 No experimento realizado como anel de Thomson, explique o porquê de o anel levitar.
- 04 O professor também pode elaborar circuitos (esquemas) e distribuir a grupos de alunos para que os mesmos possam realizar o experimento no Quadro.

Com os exercícios elaborados e devidamente impressos, o professor pode dividir a turma em grupos e iniciar a parte experimental que deve ser realizada por cada grupo junto ao Quadro. O professor acompanha a realização do experimento e avalia o grupo em relação às respostas e ao tempo de realização da tarefa. Essa é uma aplicação clássica a qual a maioria dos professores e alunos estão acostumados a realizar em sala de aula ou em um laboratório.

A segunda sugestão de aplicação aumenta o grau de liberdade dos alunos com conhecimento teórico suficiente para elaborar um experimento, promove um engajamento maior dos alunos com aula experimental e permite a utilização do produto em uma turma com muitos alunos. Essa metodologia faz com que todos os alunos trabalhem ao mesmo tempo utilizando apenas uma unidade do produto educacional, já que aqueles alunos que não estão trabalhando na realização do experimento estão preenchendo os formulários de avaliação do grupo executor. A seguir apresentamos uma tabela de itens para a elaboração de questões pelos alunos.

Após apresentar o conteúdo teórico, o professor inicia a aula com uma explicação detalhada, mas rápida (otimizada), do funcionamento geral do Quadro. Logo após essa explicação, ele divide a turma em grupos (o número de elementos de cada grupo está sujeito ao número de alunos e ao tempo disponível para realização dos experimentos).

O professor deverá elaborar um formulário que deve conter: cabeçalho para anotação do nome dos membros da equipe; um breve resumo da atividade a ser executada; a tabela de itens para elaboração das questões (Tabela 1); um espaço para anotação da questão elaborada pelo grupo (enunciado do exercício); um espaço para a resposta aos seguintes questionamentos: o grupo realizou o exercício atingindo os objetivos propostos? O que

Tabela 1: tabela de itens para elaboração das questões

Grupo 1 Leis	Grupo 2 Medidores	Grupo 3 Ligações	Grupo 4 Componentes
Lei das malhas	Voltímetro	Série	Lâmpada(s)
Lei dos nós	Amperímetro	Paralelo	<i>Dimmer</i> + Lâmpada(s)
Lei da Indução			Bobina + Anel
			Bobinas
			Sensor Fotoelétrico
			Bobinas + Lâmpada(s)

aconteceu que mais lhe chamou a atenção enquanto o grupo executor realizava a tarefa que o outro grupo propôs?

Deverá haver também no formulário um espaço para a resposta ao seguinte questionamento: faça pelo menos uma crítica positiva e uma negativa (mas construtiva), para a interação do grupo executor com o Quadro. Lembre-se de escrever também a crítica para o seu grupo.

Cada grupo deverá elaborar um experimento utilizando, pelo menos, três itens (um do grupo 1, um do grupo 2, um do grupo 3 ou um do grupo 4) daqueles que estão especificados na Tabela 1. Após a escolha dos itens, cada grupo deverá elaborar sua questão e escrevê-la, em formulário próprio, que será distribuído pelo professor. Como exemplo de utilização da Tabela 1, o grupo pode elaborar um exercício como:

Usando três lâmpadas, elabore um circuito em série e realize a medida da intensidade da corrente com o amperímetro. Com a questão elaborada o professor, através de uma sistemática própria (por exemplo um sorteio), designa um grupo para realizar o experimento.

Nesse momento da aula os outros grupos devem ficar atentos à realização do experimento, pois o mesmo não poderá ser repetido pelos demais grupos, ou seja, cada grupo deverá desenvolver um exercício único para cada aula.

Após cada experimento, os outros grupos presentes na sala deverão responder os questionamentos, avaliando a performance do grupo executor.

O roteiro completo para essa segunda aplicação pode ser acessado no seguinte endereço: <https://profbrunogoncalves.wordpress.com/fisica-experimental-iii/#quadroac>

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do produto educacional, aliado a uma Sequência Didática por Investigação, poderia fornecer ao aluno a possibilidade de crescimento de sua liberdade intelectual e de sua construção científica. É uma forma que permite a utilização do produto em uma turma com muitos alunos, e isso permite que todos trabalhem ao mesmo tempo, já que aqueles alunos que não estão trabalhando diretamente no Quadro, estão preenchendo o formulário de avaliação do grupo que executa o experimento. Como cada grupo de alunos deve elaborar um exercício para que um outro grupo execute, toda a turma participa da aula ao mesmo tempo.

Como conseqüência, esperamos realizar uma aula mais interativa que desperte no aluno, além do senso de criatividade com os conhecimentos teóricos adquiridos, a oportunidade

de aprender a avaliar o desempenho, não só do seu grupo, mas também do grupo que executa a tarefa. Exercícios desse tipo, como os da segunda sugestão de aplicação, têm o poder de proporcionar aos alunos uma vivência de trabalho em equipe, gerando uma maior socialização entre os alunos da turma.

A construção do Quadro gerou uma gama de conhecimentos para todos os envolvidos no seu projeto inicial e nos aperfeiçoamentos. Um exemplo, foi a busca de uma solução para utilização de multímetro de baixo custo para medir a intensidade da corrente elétrica. Essa solução surgiu após um trabalho em equipe dentro do LIT. Foi um processo investigativo que permitiu criar a modificação na ponta de prova do multímetro de baixo custo.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A. M. P.: Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências 2018: [18(3)] 765-794.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B.: A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. Educar 2012: [v.44] 75-92.

AZEVEDO, H. L.; MONTEIRO JÚNIOR, F. N.: Tendências a partir do levantamento dos artigos em periódicos da área no Brasil. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências 2009 [ISSN: 21766940].

LOPIM, M. M.; FRANÇA, S. L.; COSTA, M. F. S.; GONÇALVES, B.; RIZZUTI, B. F.; LUDICO Luxímetro Didático Comparativo. Revista Física na Escola 2018: [v.16] 2.

PRAIA, J. F. Problema, Teoria e Observação em Ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. Ciência & Educação 2002: [v.8] 127-145.

VISCOVINI, R. C.; SILVA, D. M.; ÁVILA, E. A.; MARTON, I. L. A.; SANTOS, M. A.; BALISCEI, M. P.; OLIVEIRA, M. A. F.; SANTOS, R. R.; SABINO, A. C.; GOMES, E. S.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. M.: Maquete didática de um sistema trifásico de corrente alternada com Arduino: Ensinando sobre a rede elétrica. Caderno Brasileiro de Ensino de Física 2015: [v.32] 856-869.

FRANÇA, S. L.: Quadro AC para o Ensino do Eletromagnetismo: um recurso didático para aulas práticas em turmas com muitos alunos. Dissertação de Mestrado. UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora: 2021.

SILVEIRA, F. L.: Explicação Qualitativa do Anel de Thomson". Como Ocorre a Levitação Magnética". Revista Brasileira de Ensino de Física 2003 [v.25] 81-85.

STRIEDER, R. B.; WATANABE, G: Atividades Investigativas na Educação Científica: Dimensões e Perspectivas em Diálogos como Ensino e Ciências por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências 2018 [18(3)] 819-949.