
Creation of a virtual and interactive simulation environment in Excel® for the study of Ohm's Law

Criação de um ambiente de simulação virtual e interativo no Excel® para o estudo da Lei de Ohm

Received: 2023-09-10 | Accepted: 2023-10-20 | Published: 2023-10-28

Abmael Douglas Rebouças

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0619-7870>
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil
E-mail: abmael.reboucas@alunos.ufersa.edu.br

Erlania Lima De Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1647-7686>
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil
E-mail: erlania@ufersa.edu.br

Lazaro Luis De Lima Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8960-4668>
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil
E-mail: lazaro@ufersa.edu.br

ABSTRACT

The article highlights the growth of virtual laboratories as technological and pedagogical tools. It presents an example of a virtual laboratory in Excel® to assist in teaching and develop specific skills in users. The virtual laboratory of Ohm's Law includes multimeters, power supply, protoboard, and resistor for studying electrical measurements, resistance reading, ohmic behavior, and graphical analysis. It does not require an internet connection and does not use advanced programming languages, allowing the creation of customized virtual laboratories for various learning needs.

Keywords: Excel®; Physics Education; Ohm's Law.

RESUMO

O artigo destaca o crescimento dos laboratórios virtuais como ferramentas tecnológicas e pedagógicas. Ele apresenta um exemplo de laboratório virtual no Excel® para auxiliar o ensino e desenvolver habilidades específicas nos usuários. O laboratório virtual da Lei de Ohm inclui multímetros, fonte de alimentação, protoboard e resistor para estudar medidas elétricas, leitura de resistência, comportamento ôhmico e análise gráfica. Não requer conexão à internet e não usa linguagens de programação avançadas, permitindo a criação de laboratórios virtuais personalizados para diferentes necessidades de aprendizagem.

Palavras-chave: Excel®; Ensino de Física; Lei de Ohm.

INTRODUÇÃO

Aprendizagem por meio de simulação é uma abordagem que vem ganhando destaque em diversos níveis educacionais, desde a Educação Básica até o Ensino Superior (SILVA; MERCADO, 2019). As simulações não substituem o exercício prático que a atividade experimental real exige; contudo, diferem em relação à possibilidade de repetir as ações sem gerar prejuízos e pela liberdade de uso espaço-temporal, ou seja, dão ao usuário o controle para praticar no local e momento que mais lhe convier, além da possibilidade de testar hipóteses ilimitadamente, sem a necessidade de uma justificativa prévia ou de um roteiro que o guie.

Outro ponto importante a ser considerado sobre os laboratórios virtuais é que eles apresentam limitações em relação à intenção do seu desenvolvedor. Isso significa que as simulações são direcionadas para uma determinada perspectiva e, em alguns casos, podem não atender completamente às necessidades reais dos estudantes no processo de aprendizagem, limitando as ações que poderiam fortalecer competências e habilidades essenciais e que sejam mais próximas do perfil real encontrado em escolas e institutos. Portanto, é importante que o professor, como agente em contato direto com as necessidades dos alunos, proponha o uso de recursos que possam atender a essas dificuldades de forma mais eficaz (FARIAS; BARBOSA, 2020; OLIVEIRA et al., 2020; SILVA, J. B. et al., 2021).

Os laboratórios virtuais são soluções viáveis em espaços educacionais que não possuem acesso a kits experimentais, no entanto, seu uso é fortemente dependente da internet, tanto dentro como fora da sala de aula (SILVA, J. B. et al., 2021). Entretanto, como um educador poderia usar esses recursos em casos em que não há acesso à internet ou em ambientes com baixa velocidade de transferência de dados? Este trabalho propõe a construção de um ambiente virtual de simulação utilizando o Microsoft Excel®, que não requer conexão com a internet para uso. Para demonstrar sua eficácia, será proposta uma experimentação virtual para trabalhar o conteúdo da lei de Ohm.

Embora a literatura disponível aponte para a aplicação do Excel® no ensino como ferramenta auxiliar na facilitação de cálculos matemáticos, estatísticos e na criação de gráficos (RODRIGUES, 2022; SILVANO; OLIVEIRA, 2018), suas funções e ferramentas permitem uma extrapolação dessas perspectivas quando direcionadas ao controle e simulação gráfica de situações. O Excel® pode ser utilizado para a construção de ambientes virtuais de simulação, possibilitando a experimentação e o estudo de diversos conceitos e teorias de maneira interativa e visualmente atraente.

OS LABORATÓRIOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

O laboratório virtual de aprendizagem é um ambiente virtual de aprendizagem específico, focado em simulações e experimentações virtuais (SILVA, J. B. et al., 2021). Ele oferece recursos interativos que permitem aos alunos construir e testar hipóteses, manipular variáveis, simular processos, realizar experimentos e observar fenômenos de maneira virtual, em um ambiente seguro e controlado (BARBOSA, FARIAS, SOUZA, 2019). Nos últimos anos, os laboratórios virtuais de aprendizagem se destacaram como uma ferramenta pedagógica impulsionada pelos avanços tecnológicos e pelo distanciamento social necessário durante a pandemia do Covid-19, sendo fundamental para aprimorar a qualidade do ensino. No entanto, é importante notar que esses ambientes não foram adotados por todos os contextos educativos.

Existem diversos laboratórios virtuais voltados para o ensino de Física, como o PhET Simulations (GARCIA E SILVA, 2014), o Labvirtual (MOTTA, PRADO, RIBEIRO, 2015), o IBDP Virtual Physics Lab e o Física Interativa, que criam um ambiente virtual semelhante aos laboratórios físicos, fornecendo aos estudantes meios poderosos para adquirir e testar conhecimentos. Um estudo sobre o assunto está disponível em CARDOSO E TAKAHASHI (2011). É importante ressaltar que esses laboratórios requerem acesso à internet para o uso das simulações interativas.

De acordo com Amaral et al. (2011), as ferramentas disponíveis em laboratórios virtuais podem ser uma solução para suprir as dificuldades e carências relacionadas ao uso da experimentação nas escolas, oferecendo soluções de baixo custo para o desenvolvimento de representações virtuais de objetos reais usados em laboratórios físicos. Dessa forma, os estudantes têm a oportunidade de desenvolver habilidades práticas e reforçar o conhecimento teórico.

A experimentação é essencial no processo de ensino e aprendizagem, pois permite que os estudantes visualizem conceitos abstratos e desenvolvam habilidades de análise gráfica. Segundo Cardoso e Takahashi (2011), a experimentação é importante para o desenvolvimento de habilidades como resolução de problemas, formulação e verificação de hipóteses, simplificação e modelagem do problema, realização de medidas e análise de dados. Além disso, os laboratórios virtuais permitem que os estudantes interajam com conceitos científicos que são difíceis de observar diretamente, o que facilita a compreensão da teoria e torna as aplicações mais reais (CHIU, DEJAEGHERE E CHAO, 2015; AMARAL ET ALL., 2011), ajudando-os a se tornarem verdadeiros investigadores e exploradores dos fenômenos físicos e naturais.

O uso de laboratórios virtuais na educação oferece vantagens, como a possibilidade de o educador observar o comportamento dos estudantes em relação à atenção, entendimento de

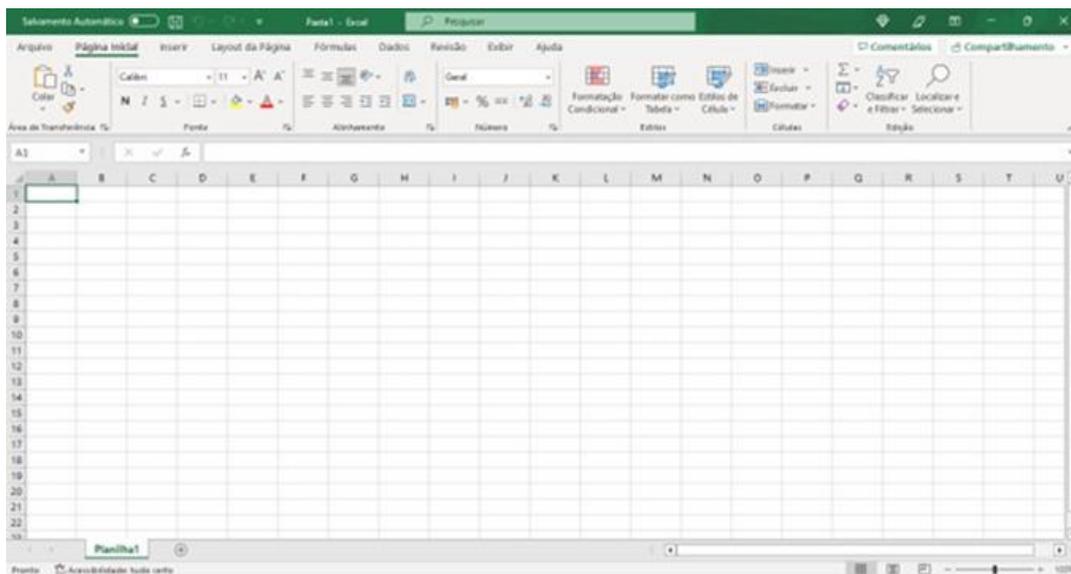
conceitos e instruções de procedimentos, além da medição de resultados. Para isso, é essencial que os laboratórios virtuais atendam às exigências do público-alvo. Disparidades entre o objetivo a ser alcançado e o recurso proposto podem causar confusão na aprendizagem, mas isso pode ser evitado com a criação de ambientes virtuais adequados por profissionais que possam atualizá-los ao longo do tempo. Infelizmente, muitos softwares disponíveis não permitem que seus usuários modifiquem suas características.

No entanto, se houver um ambiente de criação de simulações de fácil acesso e com a possibilidade de alteração e/ou criação de funções que trabalhem diretamente com as habilidades que se deseja alcançar, o aprendizado poderá ser mais fácil, seja dentro ou fora da sala de aula. No próximo tópico, apresentaremos o Excel® como uma ferramenta capaz de suprir essa necessidade.

DESENVOLVIMENTO DO AMBIENTE DE SIMULAÇÃO UTILIZANDO O MICROSOFT EXCEL®

Optou-se pelo uso do Microsoft Excel® para desenvolver um ambiente de simulação devido à sua interface amigável e intuitiva, além de sua ampla utilização e baixo custo-benefício. O Excel® é composto por uma barra de ferramentas e uma planilha que permite a criação de modelos matemáticos complexos, utilizando dados, fórmulas, gráficos e outros elementos. Para automatizar tarefas repetitivas ou complexas, será utilizado o recurso de macros, que consistem em pequenos programas escritos em VBA (Visual Basic for Applications), linguagem de programação suportada pelo Excel®. As macros serão amplamente utilizadas para criar o laboratório virtual e seus usuários poderão automatizar tarefas, acelerar processos e reduzir erros, aumentando assim a eficiência e produtividade. Dessa forma, o ambiente de simulação será programado para fornecer várias funções no laboratório virtual. A Figura 1 mostra o ambiente de trabalho do Excel®.

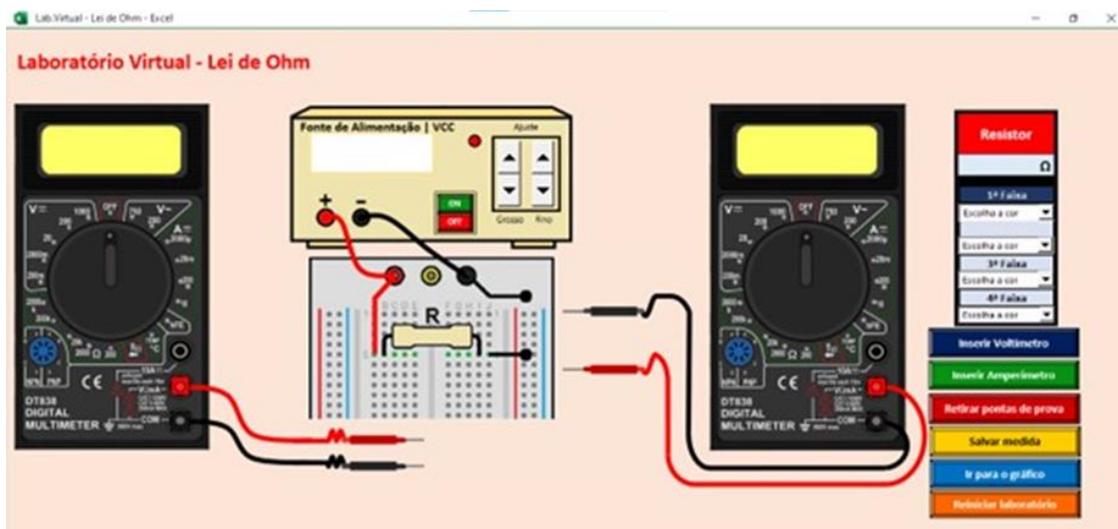
Figura 1 – Ambiente de trabalho do Excel®



Fonte: Excel® (2014).

Neste trecho, será apresentado um ambiente virtual que tem como base a Lei de Ohm, com o objetivo de desenvolver habilidades relacionadas à medição de grandezas elétricas, interpretação dos valores obtidos, leitura da resistência e solução de problemas relacionados ao uso do multímetro. A transformação do ambiente de trabalho inicial, mostrado na Figura 1, resultou no Laboratório Virtual – Lei de Ohm, apresentado na Figura 2. O laboratório é composto por dois multímetros e suas pontas de prova, uma fonte de alimentação de corrente contínua, uma protoboard, um resistor e botões de controle.

Figura 2 – Interface do laboratório virtual da lei de Ohm no Excel®



Fonte: Autor (2023).

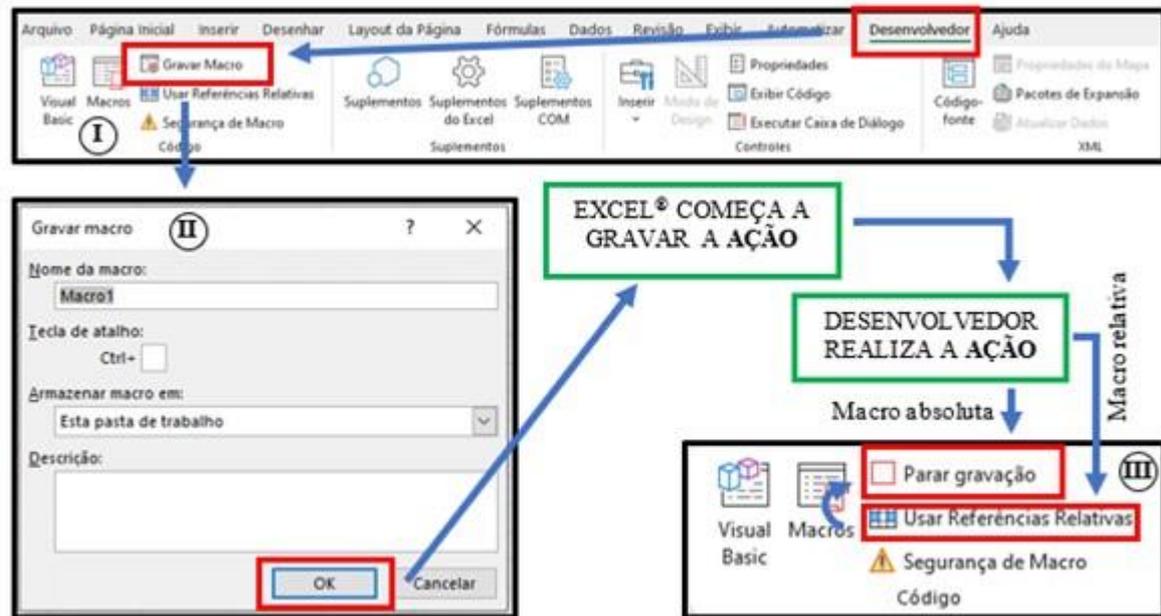
O Laboratório Virtual - Lei de Ohm, apresentado na Figura 2, permite uma série de ações, como mover as pontas de prova de cada multímetro para medir corrente e diferença de potencial, alterar o fundo de escala, ligar e desligar a fonte de alimentação, alterar o valor da ddp de entrada e salvar medidas para montagem do gráfico. Além disso, os estudantes podem escolher o valor da resistência pelo código de cores. O ambiente gráfico é aberto em uma segunda página, onde são exibidos os valores mensurados pelo experimentador. A imagem do multímetro foi retirada do site gratuito <https://pixabay.com/pt/> e as outras imagens foram desenhadas no software Paint, um editor básico de imagens incluído nos sistemas operacionais Windows.

Esse laboratório virtual é uma ferramenta prática e interativa que possibilita aos estudantes simularem situações reais relacionadas às grandezas elétricas e desenvolver habilidades importantes para a compreensão e resolução de problemas na área da eletricidade e eletrônica. Além disso, o ambiente pode ajudar os estudantes a aprimorarem a capacidade de análise e interpretação de dados, bem como aplicar teoria na prática, preparando-os para as exigências do mercado de trabalho. Em seguida, serão discutidas mais detalhadamente cada uma dessas funcionalidades.

Como criar uma macro no Excel®?

Para construir o laboratório virtual interativo ilustrado na Figura 2, foi necessário utilizar macros criadas no Excel® por meio de botões específicos. Essas macros podem ser de dois tipos: absolutas e relativas. Na macro absoluta, os resultados são sempre inseridos na mesma célula do Excel®, enquanto na macro relativa, os resultados são ajustados automaticamente quando a macro é executada em diferentes partes da planilha. Esse recurso permite gravar os movimentos realizados na planilha e acessá-los posteriormente com apenas um clique. Na Figura 3, é apresentado um exemplo de como criar uma macro para auxiliar no desenvolvimento do laboratório virtual.

Figura 3 – Caminho para criação de uma macro no Excel®

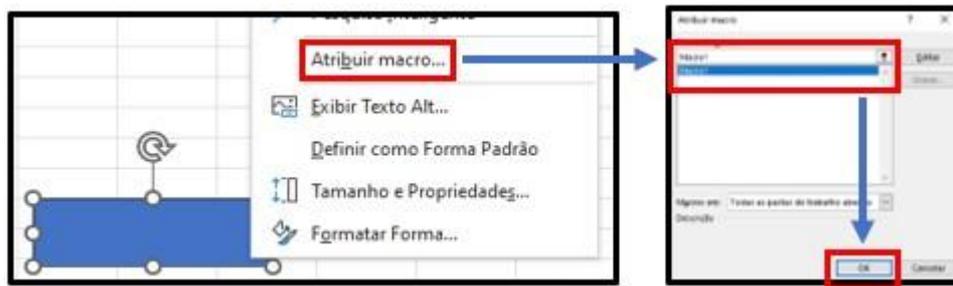


Fonte: Autor (2023).

Para construir botões que automatizam tarefas e tornam o uso do laboratório virtual mais fácil e eficiente, é necessário utilizar macros criadas no Excel®. Para iniciar o processo de criação de macros, é preciso acessar a aba Desenvolvedor no Excel® e clicar em Gravar Macro. Em seguida, uma caixa de diálogo será aberta, permitindo que o desenvolvedor nomeie a macro desejada, adicione teclas de atalho, especifique o local de armazenamento e descreva as ações que poderão ser executadas. Ao clicar em OK, o Excel® iniciará o processo de gravação das ações do desenvolvedor, que poderá ser finalizado clicando em Parar Gravação. Para macros relativas, é necessário ativar a função Usar Referências Relativas. Com as macros criadas, é possível criar botões que automatizam tarefas, tornando o uso do laboratório virtual mais fácil e eficiente.

Para atribuir a macro a uma figura ou atalho, é necessário que ela tenha sido gravada previamente, como explicado na seção anterior. Na Figura 3, uma Ação é definida como qualquer ação realizada no ambiente de trabalho do Excel®, como alteração de cor de uma célula, operações matemáticas, criação de gráficos etc. Após gravar a macro, é possível atribuí-la a uma figura ou atalho definido, para que ela execute as ações previamente gravadas, como mostrado na Figura 4. Para isso, basta criar uma figura qualquer e clicar com o botão direito sobre ela, buscando no menu a função Atribuir Macro. Será aberta uma caixa com todas as macros gravadas, escolha a desejada e clique em OK.

Figura 4 – Atribuir uma macro a uma figura qualquer no Excel®



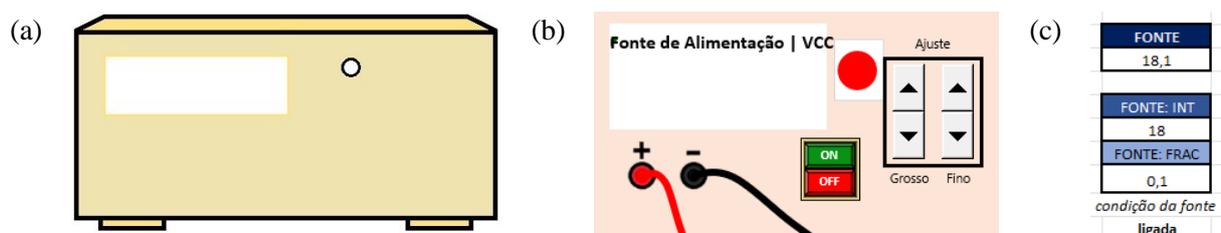
Fonte: Compilação do autor (2023).

O uso de macros no laboratório virtual do Excel® proporciona uma dinamicidade que promove maior interação entre o experimentador e o ambiente virtual. Esse tipo de laboratório é especialmente útil em situações em que o professor deseja trabalhar certas habilidades e a realização de experimentos virtuais é essencial para o aprendizado.

Criando a fonte de alimentação

Para fornecer energia constante ao circuito, é necessária uma fonte de alimentação de corrente contínua (VCC), que permite a manutenção da corrente elétrica fluindo através de uma diferença de potencial (ddp). Para criar a VCC no laboratório virtual, a Figura 5(a) foi utilizada como base e, em seguida, botões, texto e figuras foram adicionados para torná-la mais próxima das fontes usadas em laboratórios didáticos e para permitir que o usuário controle a ddp de saída, conforme mostrado na Figura 5(b). O display que indica a saída da célula do Excel® para a fonte é representado pela proposta da Figura 5(c) e usa as células FONTE:INT e FONTE:FRAC. O resultado pode ser visto na Figura 2.

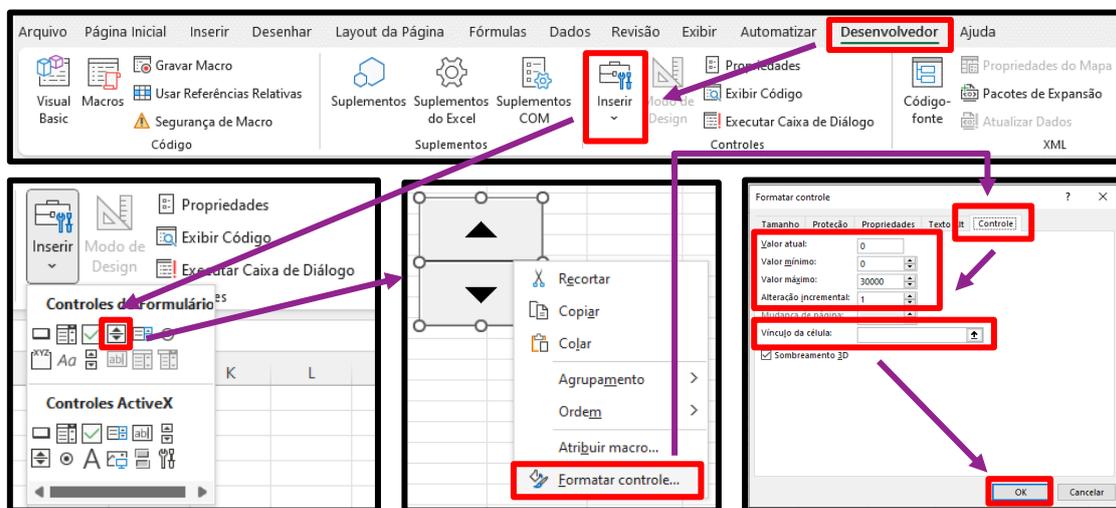
Figura 5 – Fonte de alimentação de corrente contínua



Fonte: Compilação do autor (2023).

Para controlar a diferença de potencial (ddp) de saída da fonte VCC, o laboratório virtual disponibiliza botões que permitem ligar (ON) e desligar (OFF) a fonte, bem como ajustar a ddp em valores precisos. O ajuste pode ser feito através de botões com setas, um para aumentar e outro para diminuir a ddp em um intervalo predefinido de 1V, no caso do ajuste grosso, e de 0,1V, no caso do ajuste fino. A Figura 6 ilustra o caminho para criar esses botões, que contribuem para a interatividade do ambiente virtual e tornam mais fácil e intuitivo o controle da fonte pelos usuários. A estética dos botões, assim como da própria fonte VCC, foi cuidadosamente pensada para se assemelhar às fontes usadas em laboratórios didáticos, visando proporcionar uma experiência mais realista e imersiva aos experimentadores.

Figura 6 – Caminho para criação de botões de controles no Excel®



Fonte: Compilação do autor (2023).

Os botões de controle presentes na fonte VCC permitem ao usuário ligar e desligar a fonte, além de controlar a ddp através dos ajustes grosso e fino. O botão de controle de ddp pode ser criado seguindo o caminho indicado na Figura 6 e já vem com valor de saída que varia de 0 a 30000. A célula do Excel® responsável por representar o display retorna um valor entre zero e 36,9V, resultado da operação que calcula 36 vezes o valor apontado pelo ajuste grosso, acrescido da décima parte do valor do ajuste fino. É importante ressaltar que, na proposta de laboratório virtual, a fonte VCC já vem conectada à protoboard, como mostrado na Figura 2.

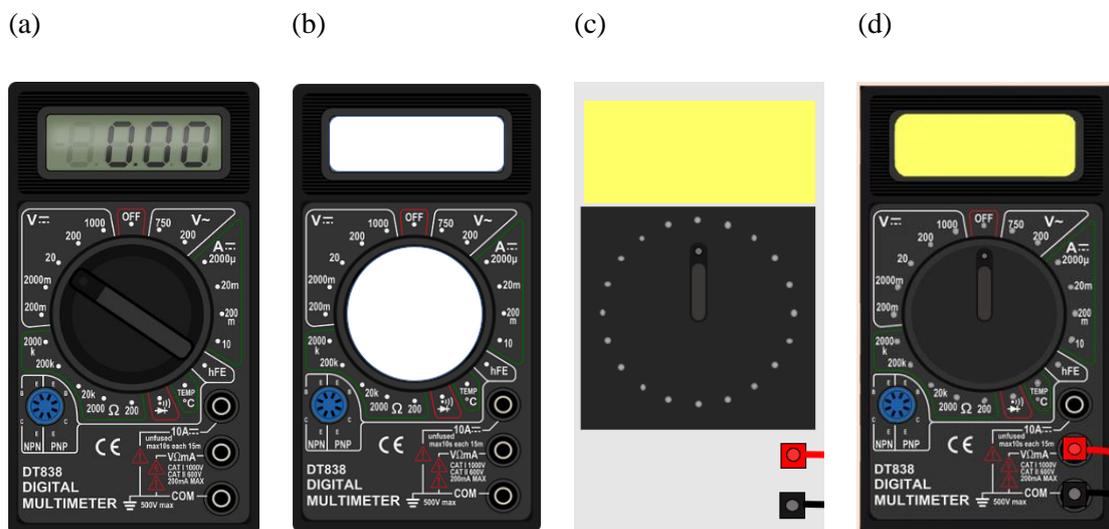
Essa fonte de alimentação possibilita ao usuário controle de vários valores de ddp, representando alguns tipos de bateria existentes, e a leitura dessas medidas, além das múltiplas possibilidades de combinações de resultados existentes para o laboratório virtual.

Criando o multímetro

O multímetro digital é um aparelho eletrônico utilizado para medir grandezas elétricas. Em sua estrutura básica, ele conta com uma chave seletora, um display e os bornes para as pontas de prova. No laboratório real, o experimentador deve selecionar o fundo de escala adequado e o tipo de medida, através da chave seletora, e conectar as pontas de prova corretamente ao circuito.

No laboratório virtual, optou-se por trabalhar com uma imagem do multímetro digital, mostrada na Figura 7(a), onde os espaços da chave seletora e do display foram removidos, como mostrado na Figura 7(b). Foram inseridas as partes necessárias para criar um ambiente interativo sobre e abaixo da imagem. A Figura 7(c) apresenta a área correspondente no Excel®, com a célula que representa o display, a área angular para a chave seletora e a reta que representa a chave seletora. Os pequenos círculos indicam as opções de fundo de escala. O resultado da sobreposição das imagens é apresentado na Figura 7(d). Quatro funções são desejadas para o multímetro virtual: o giro da chave seletora, a escolha do fundo de escala, a leitura do valor correspondente no display e a conexão correta das pontas de prova ao circuito.

Figura 7 – Etapas da preparação do multímetro virtual para uso no laboratório

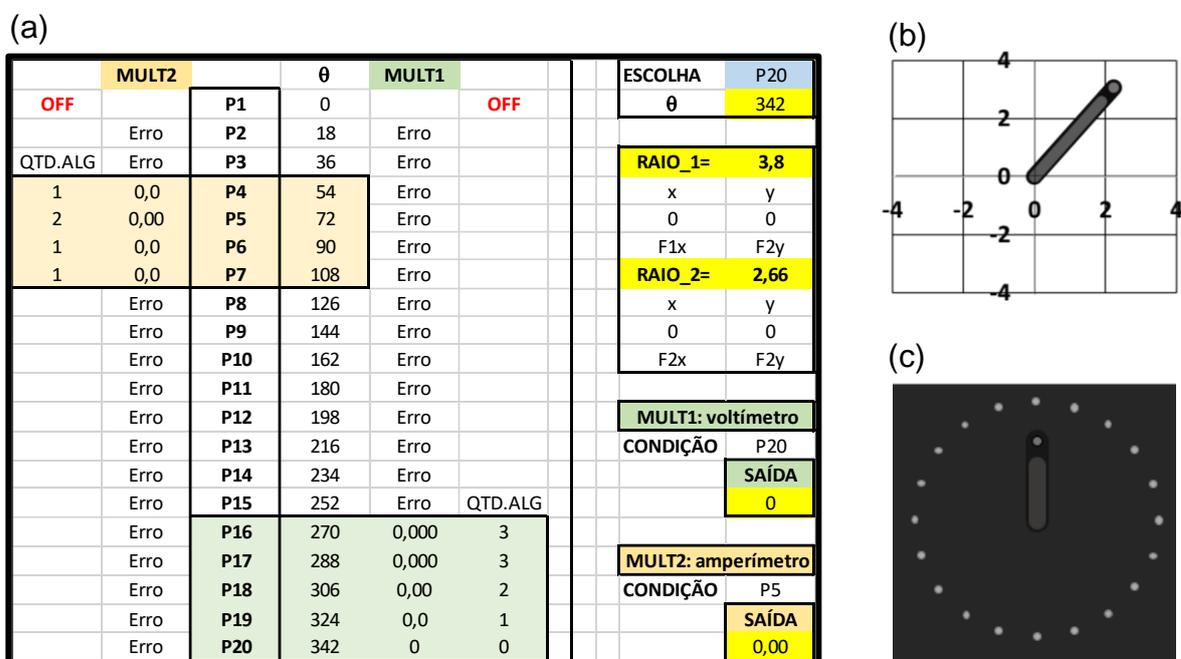


Fonte: Compilação do autor (2023).

A estrutura da planilha de dados apresentada na Figura 8(a) é necessária para dar à chave seletora do multímetro digital (mostrado na Figura 7(a)) a funcionalidade desejada. Essa chave tem 20 posições, divididas igualmente em 360 graus, com cada função e seu fundo de escala correspondentes às posições angulares P1 a P20, dispostas no sentido horário. A macro que indica a função e o fundo de escala retorna à posição angular θ . A chave seletora é composta por um

gráfico com duas retas de comprimentos diferentes, sobrepostas e iniciando na origem (0,0), inclinadas por um ângulo θ e com final no ponto $(F_{i_x}; F_{i_y})$, com $i = 1, 2$. Para isso, são usadas as projeções sobre o eixo da abscissa x e da ordenada y, com $[F_{i_x}] = [RAIO_i] \cdot \text{sen}(\theta)$ e $[F_{i_y}] = [RAIO_i] \cdot \text{cos}(\theta)$. A Figura 8(b) ilustra essa composição gráfica, com a espessura das retas aumentada. A Figura 8(c) mostra a chave seletora final, com pequenos círculos adicionados ao redor do gráfico, e os eixos do gráfico retirados, com o fundo escurecido. Esse design permite que a chave seletora virtual seja movida de forma ordenada, semelhante à do multímetro real, à medida que o experimentador atualiza automaticamente a posição da reta por meio de cliques em uma macro específica.

Figura 8 – (a) Estrutura dados de execução para o fundo de escala, display e chave seletora dos multímetros virtuais; (b) e (c) estão os gráficos que compõem a chave seletora

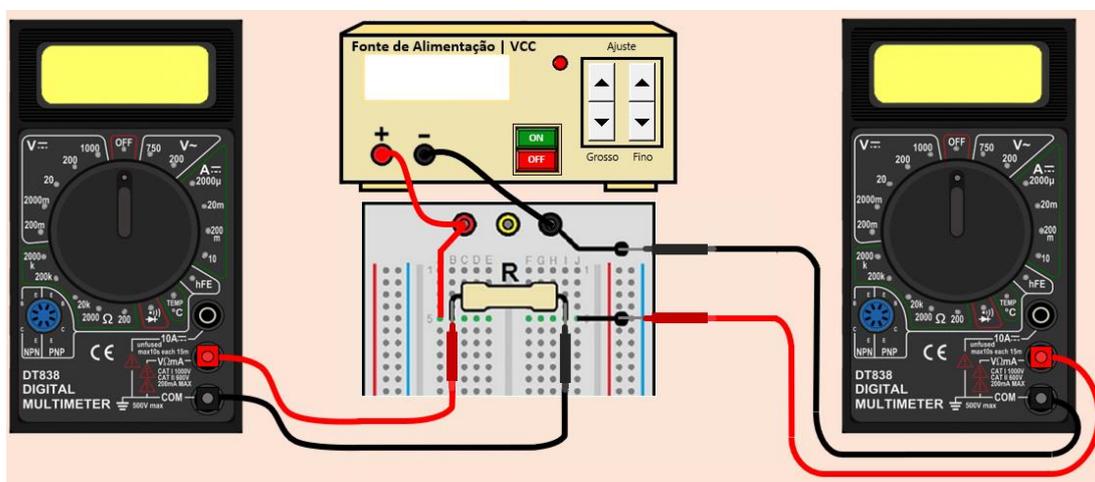


Fonte: Compilação do autor (2023).

Os multímetros apresentados na Figura 2 são usados como voltímetro para corrente contínua e amperímetro, com os intervalos de linha P16 a P20 e P4 a P7, respectivamente, na Figura 8. Para diferenciar os fundos de escala, é utilizada a função do Excel® DEF.NÚM.DEC, que determina a quantidade de números decimais permitidos nas células de saída do multímetro. No laboratório virtual, devido à presença de um único resistor, a medida da ddp é igual ao valor de saída da fonte de alimentação. A corrente do circuito é obtida diretamente pela aplicação da lei de Ohm. Se o valor medido exceder o fundo de escala selecionado, o multímetro retorna com uma mensagem de erro, usando a função do Excel® SE. O display do multímetro da Figura 7(d) mostra o valor medido nas células destacadas, que são baseadas nas células SAÍDAS.

As pontas de prova dos multímetros são compostas por gráficos lineares e curvos sobrepostos, de cores, formas e espessuras diferentes, com sua base fixa nos bornes dos multímetros, que dão a ilusão visual da existência de um cabo e são atualizados por macros. Os botões "Inserir Voltímetro" e "Inserir Amperímetro", localizados na lateral direita da Figura 2, inserem as pontas de prova dos multímetros individualmente, conforme mostrado na Figura 9. Porém, o botão "Retirar Pontas de Prova" remove ambos os cabos simultaneamente. Para que o circuito funcione corretamente, o amperímetro deve estar conectado, pois é necessário para o fluxo de corrente no circuito. Todas essas condições são incorporadas na mesma macro e são executadas em conjunto com as condições do Excel® SE.

Figura 9 – Laboratório virtual com o voltímetro e amperímetro inseridos no circuito



Fonte: Autor (2023).

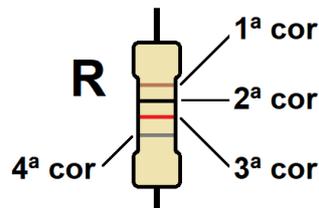
Através da utilização dos multímetros do laboratório virtual, os usuários têm a oportunidade de adquirir habilidades essenciais relacionadas ao uso de aparelhos de medida, como a correta conexão das pontas de prova, escolha e comparação entre fundos de escala. A dinamicidade desses instrumentos possibilita uma experiência de aprendizado prática e interativa, permitindo que os usuários compreendam melhor os conceitos e teorias envolvidos na realização de medidas elétricas.

Criando o resistor e o cálculo da resistência

Os resistores são componentes passivos utilizados em circuitos para limitar o fluxo de corrente elétrica. Em laboratórios didáticos, é comum utilizar resistores que possuem um código de cores para indicar seu valor de resistência R . Esse valor pode ser calculado por meio da fórmula

$R = (10 \times A + B) \times 10^C$, onde A, B e C representam valores inteiros que correspondem às três primeiras cores encontradas na carcaça do resistor, como ilustrado na Figura 10. A quarta cor geralmente representa a tolerância do componente, enquanto a primeira cor é determinada pela faixa mais próxima do terminal do resistor, seguida pelas outras cores em sequência.

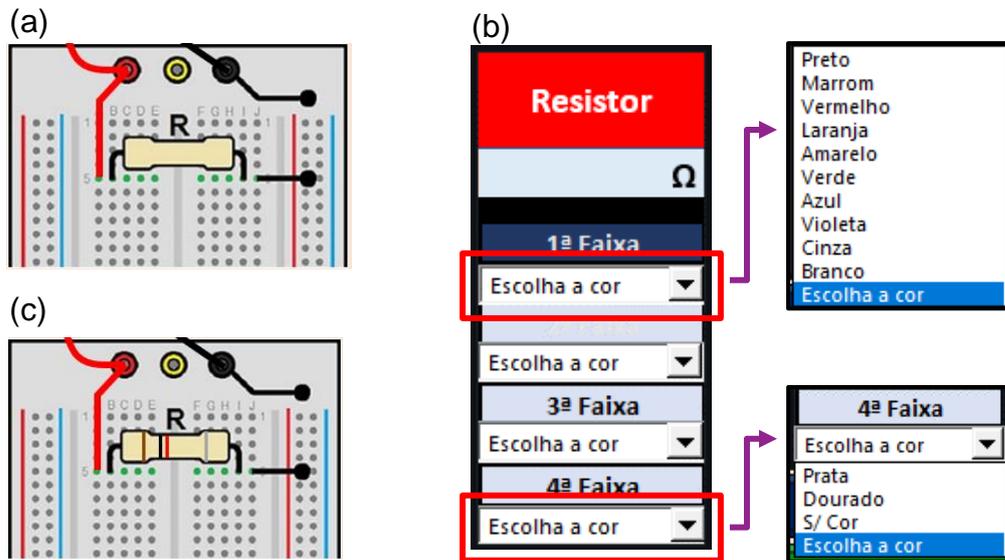
Figura 10 – Ilustração da sequência das cores no resistor



Fonte: Autor (2023).

A Figura 2 apresenta a imagem de um resistor que, inicialmente, não apresenta valor de resistência. Essa situação é detalhada na Figura 11(a). O usuário pode escolher o valor da resistência por meio do menu lateral, selecionando as cores correspondentes. Não fornecemos o valor de correspondência das cores de propósito. Após a seleção das cores, as faixas de cor correspondentes aparecerão no ambiente virtual, como mostrado na Figura 11(c), e o valor da resistência aparecerá automaticamente na célula que contém a unidade ohm (Ω), abaixo do nome "Resistor", na Figura 11(b). Esse valor será chamado de valor de referência da resistência. É importante destacar que o resistor é um elemento de circuito passivo que tem a função de limitar o valor da corrente. Para indicar seu valor de resistência R, é utilizado o código de cores, onde A, B e C são valores inteiros que representam a primeira, segunda e terceira cores presentes na carcaça do componente, como mostrado na Figura 10. A quarta cor representa o erro, e a primeira cor é determinada pela faixa mais próxima do terminal do resistor. As outras cores seguem em sequência.

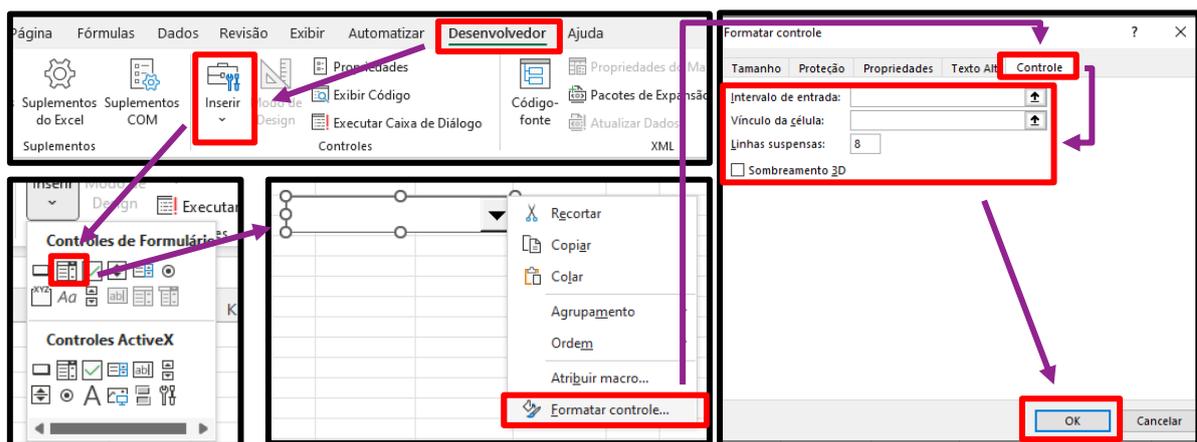
Figura 11 – (a) Resistor do laboratório virtual; (b) Escolha do valor da resistência pelo código de cores; (c) Resistor com a faixas coloridas indicando o valor da resistência



Fonte: Compilação do autor (2023).

A criação desta seção do laboratório virtual envolveu o processo mostrado na Figura 12, utilizando a ferramenta de formulário conhecida como caixa de combinação. Essa ferramenta é caracterizada por apresentar uma lista de opções definida pelo usuário, onde é possível selecionar um item para realizar uma determinada ação.

Figura 12 – Caminho para criação de menu no Excel®



Fonte: Compilação do autor (2023).

Ao perceber a importância de proporcionar uma experiência mais realista, foi constatado que manter as medidas obtidas em um estado estático não é adequado, pois isso não ocorre no

laboratório físico. A aleatoriedade, dentro de um espectro de possibilidades reais, é um elemento essencial no processo de realização de uma medida precisa.

Seguindo a lei de Ohm, mantendo-se constantes os valores da ddp da fonte de alimentação e da resistência de referência, o valor da corrente também se mantém constante. Para incorporar a aleatoriedade ao processo de medição, utilizou-se a quarta cor do resistor e incluiu-se um número aleatório em cada interação que pudesse estar relacionado ao erro de cada medida de resistência de referência, dentro do valor esperado pela quarta cor. Para essa tarefa, foi utilizada a função ALEATÓRIO do Excel, que não requer nenhum argumento para sua execução e retorna um número aleatório no intervalo de 0 a 1 a cada interação na planilha. Dessa forma, diversas variações podem ser exploradas em conjunto com a experimentação, e essa alteração é adicionada ao valor de resistência de referência.

A modificação realizada, embora não tenha grande impacto nas medidas obtidas, garante que cada experimentador terá uma medida única. Além disso, essa alteração não interfere no valor da resistência de referência, que é exibido na Figura 11(a).

Elementos extras e configurações adicionais do laboratório virtual

O ambiente de trabalho do laboratório virtual apresentado na Figura 2 concentra-se na seleção do valor da resistência do resistor, na conexão das pontas de prova, na escolha dos fundos de escala dos multímetros e no ajuste da ddp da fonte de alimentação. Além disso, foram adicionados botões extras para aprimorar o controle e melhorar o ambiente de aprendizagem. Esses botões são: Salvar Medida, Ir Para o Gráfico e Reiniciar Laboratório, que podem ser vistos em detalhes na Figura 13, cada um com uma função específica que complementa as ações realizadas no laboratório virtual.

Figura 13 – Botões adicionais do laboratório virtual no Excel®



Fonte: Autor (2023).

O botão Reiniciar Laboratório tem a função de reiniciar o ambiente de simulação, oferecendo ao usuário uma forma de recomeçar a atividade caso necessário, por exemplo, quando o caminho escolhido não conduz aos resultados esperados. Já os botões Salvar Medida e Ir Para o Gráfico estão interligados: o primeiro, captura as medidas de ddp e corrente do resistor, que são atualizadas durante o uso do laboratório virtual. Para isso, é utilizada uma macro de referência relativa, expressa no código abaixo “ImportarDados”. Essa função permite que as medidas sejam salvas e que uma nova medida seja realizada em sequência.

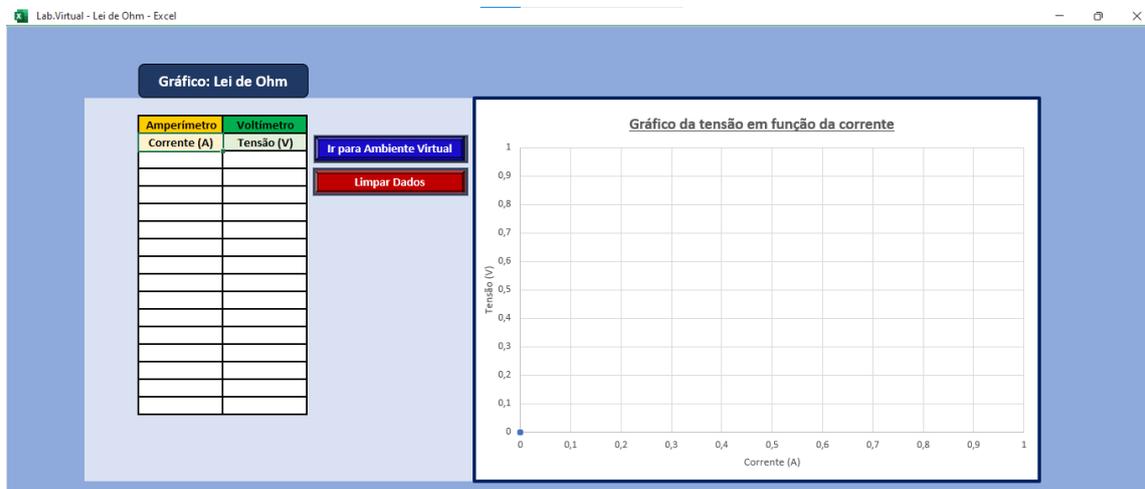
```
Sub ImportarDados()  
Application.ScreenUpdating = False  
    Sheets("COD_P 1.1").Select  
    Range("V226").Select  
    Range("V232").Select  
    Application.CutCopyMode = False  
    Selection.Copy  
        Sheets("DAD_P 1.1").Select  
    Range("C3").Select  
    Selection.End(xlDown).Select  
    ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select  
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,  
Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
        :=False, Transpose:=False  
    ActiveCell.Offset(-1, 0).Range("A1").Select  
        Sheets("Ambiente Virtual").Select  
    Range("h15").Select  
Application.ScreenUpdating = True  
  
End Sub
```

Para inserir uma macro de referência em um documento do Excel, é necessário posicionar o cursor no local desejado, acessar a guia Referências na faixa de opções, clicar em Inserir Índice, selecionar a opção “Macro” na lista suspensa “Tipo” e colar a macro “ImportarDados” em seguida, clicar em Depurar (F5).

O ambiente virtual tem um limite máximo de 15 medidas que podem ser salvas. A qualquer momento, o usuário pode clicar em Ir Para o Gráfico para abrir um novo ambiente, mostrado na Figura 14 composto por uma tabela com as medidas de ddp e corrente sobre o resistor que foram salvas, além do gráfico gerado automaticamente com base nesses valores. O ambiente

gráfico foi criado em uma aba exclusiva do Excel e inclui um ajuste do tipo linear, já que a Lei de Ohm prevê esse comportamento. Esse ajuste indica o valor esperado da resistência e pode ser comparado com o valor da resistência de referência.

Figura 14 – Ambiente gráfico do Laboratório Virtual – Lei de Ohm



Fonte: Autor (2023).

As interfaces gráficas do laboratório virtual apresentado nas Figura 2 e Figura 14 não possuem as mesmas características das planilhas presentes na área de trabalho comum, mostrada na Figura 1, e suas células são bloqueadas para os usuários.

A fim de tornar o ambiente do laboratório virtual mais visualmente diferenciado da identidade do software, é necessário remover as áreas desnecessárias ao uso do laboratório, tais como a faixa de opções, guias e barras de rolagem vertical e horizontal. Para isso, é executado um comando em VBA, que funciona como uma macro executada dentro do módulo do VBA. A macro “TelaMenu” explicita a ação para a qual se refere.

```

Sub TelaMenu ()
    With Application
        .ScreenUpdating = False
        .EnableEvents = False
        .ExecuteExcel4Macro "SHOW.TOOLBAR(""Ribbon"",
False) "
        .DisplayFormulaBar = False
        .DisplayStatusBar = False
    End With
    With ActiveWindow

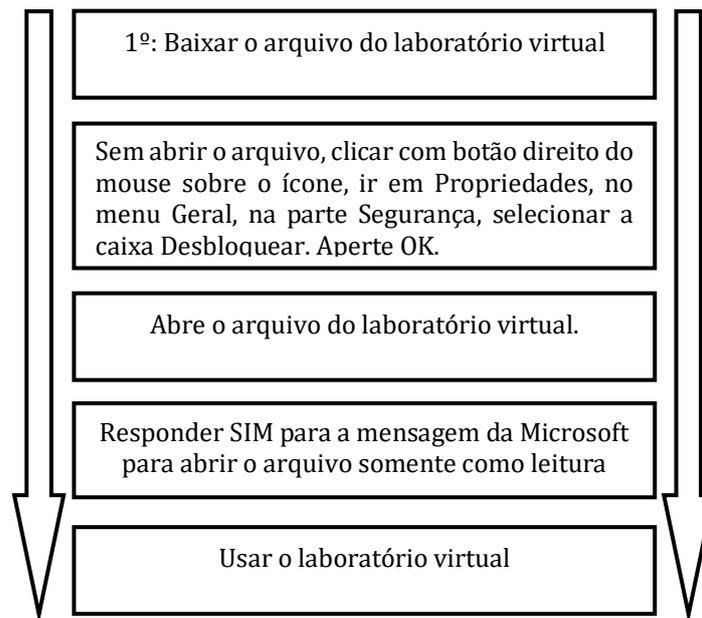
```

```
.DisplayHorizontalScrollBar = False  
.DisplayVerticalScrollBar = False  
.DisplayHeadings = False  
.DisplayWorkbookTabs = False  
End With  
End Sub
```

A adição desses elementos extras e a melhoria da estética visual do ambiente virtual, tornando-o mais dinâmico e atraente, possibilita uma maior aceitação por parte do usuário e aumenta o reconhecimento do ambiente como um espaço de aprendizagem, ao mesmo tempo em que desvincula o uso do Excel® como um ambiente de trabalho baseado em cálculos matemáticos e planilhas.

COMO USAR O LABORATÓRIO VIRTUAL NO EXCEL®?

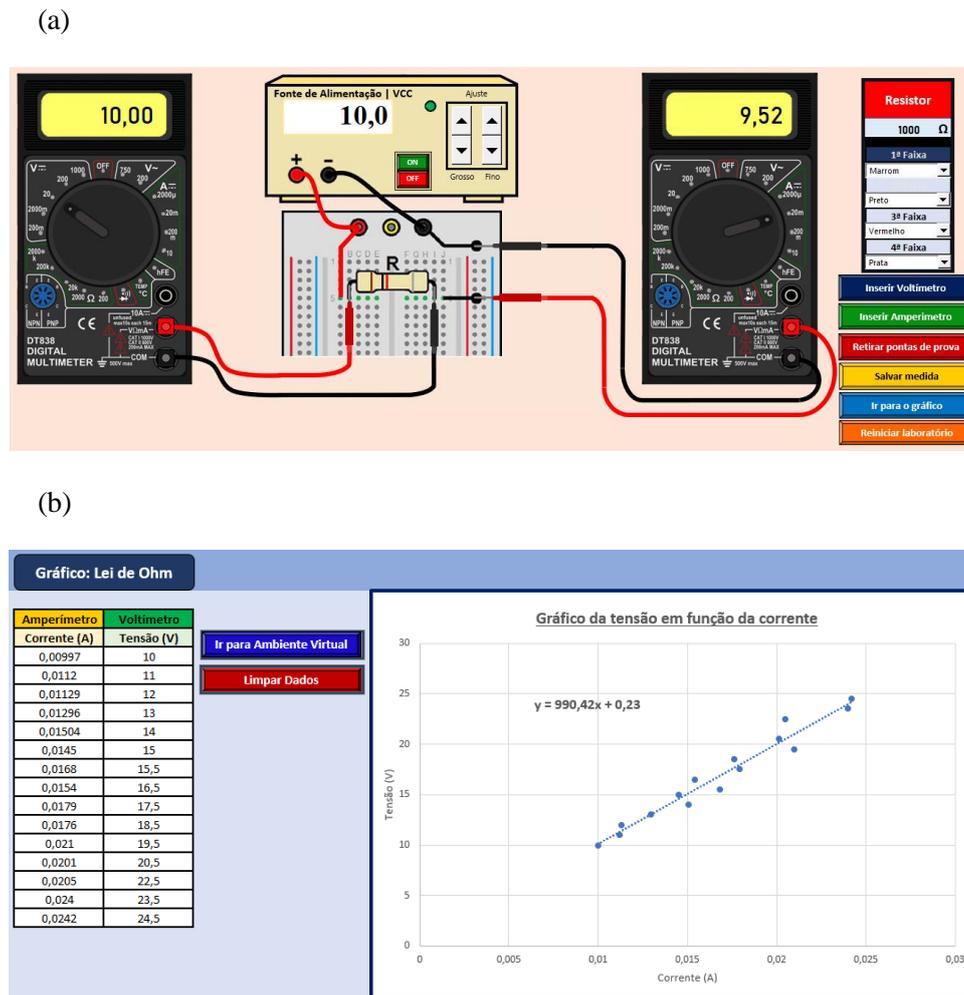
O Laboratório Virtual - Lei de Ohm foi desenvolvido para usuários que desejam aprimorar suas habilidades no uso do multímetro, no cálculo do valor da resistência, no entendimento do comportamento ôhmico, na análise de gráficos e nos conceitos de precisão e acurácia. Para utilizar o laboratório, é necessário que o computador ou notebook do usuário possua a versão adequada do Excel® e que sejam seguidos todos os passos descritos na Figura 15. Cada etapa é fundamental para o correto funcionamento do ambiente virtual e a não realização de alguma delas pode inviabilizar o uso do laboratório.

Figura 15 – Caminho para usar o laboratório virtual no Excel®

Fonte: Autor (2023).

A Figura 16 apresenta um exemplo de uso do Laboratório Virtual – Lei de Ohm. Foi escolhido um valor de resistência de $1k\Omega$, com uma variação de $\pm 10\%$. Foram selecionadas as cores dos resistores correspondentes a essa resistência, conforme mostrado na Figura 16(a). A fonte de alimentação variou a ddp entre 10 e 25V. As pontas de prova foram inseridas no circuito e, a cada variação de 1V, foram salvas as medidas de ddp e corrente elétrica. Os fundos de escala foram escolhidos para maximizar a precisão das medidas. Ao final da última medida, o usuário pode acessar o ambiente gráfico para analisar o resultado obtido, conforme mostrado na Figura 16(b).

Figura 16 – Exemplo de uso do Laboratório Virtual – Lei de Ohm: (a) ambiente virtual; (b) ambiente gráfico



Fonte: Compilação do autor (2023).

O ajuste linear da Figura 16(b) representa o comportamento ôhmico, com uma resistência de $990,42\Omega$. Esse valor pode ser comparado com o valor esperado obtido a partir do valor de referência, e eventuais discrepâncias podem ser discutidas com o usuário-experimentador, que também pode optar por refazer as medidas clicando em Limpar Dados. Para retornar ao ambiente virtual, basta clicar em Ir Para o Ambiente Virtual. O valor de tensão $0,23V$, ou seja, o coeficiente em que a projeção da reta toca o eixo das abscissas, pode ser objeto de discussão.

É importante que o professor que utiliza este recurso didático monte uma sequência didática que integre essas habilidades aos objetivos propostos, e que possa ser trabalhada dentro ou fora do ambiente escolar. Vale ressaltar que não é necessário conexão com a internet para utilizar o laboratório virtual.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentada a criação de um laboratório virtual no Excel®, um instrumento de baixo custo completamente viável para apoio à ação docente, permitindo trabalhar habilidades do meio experimental através de testes virtuais. O exemplo apresentado foi chamado de Laboratório Virtual – Lei de Ohm, mas pode ser estendido a outras práticas educativas. Foi criado por uma linguagem de programação de fácil acesso e pelas ferramentas do próprio software, atribuindo assim a importância do Excel® não somente para tarefas do dia a dia, mas como ferramenta para o ensino, possibilitando com seu uso, alternativas didáticas voltadas para o ensino de Física por laboratórios virtuais que podem ser criados pelos próprios professores, melhorando o grau de aprendizado de seus estudantes, com objetivos focados diretamente nas propostas educacionais que maximizem a aprendizagem.

Como sugestão de criação de novos ambientes virtuais, sugere-se temas que aproveitem as informações apresentadas neste trabalho, ainda em apontamentos de circuitos elétricos, tais como associação de resistores, resistência interna de uma pilha, carga e descarga de capacitores, dentre outros. Para fazer download do Laboratório Virtual – Lei de Ohm, basta acessar o link https://drive.google.com/drive/folders/1eQAlkvuusfpV4nMqsEOT_hgOPncZ1FwW?usp=share_link. É importante ressaltar que o uso do laboratório virtual não requer conexão com a internet.

Agradecimento à UFERSA, pelo apoio à pesquisa e ao desenvolvimento científico.

REFERÊNCIAS

AMARAL É. M. H., ÁVILA B., ZEDNIK H, TAROUCO L. Novas Tecnologias na Educação V. 9, n 2, dezembro (2011).

BARBOSA, R. B., FARIAS, F. H. G. e SOUZA, L. P. Ambientes virtuais de aprendizagem: conceitos, características e perspectivas. Educação em Perspectiva, Belo Horizonte, v.10, n.1, p.1-22, jan./mar. 2019.

CARDOSO D. C., TAKAHASHI E. K, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências v. 11, n. 7, 185 (2011).

CHIU, J. L., DEJAEGHER, C. J., CHAO, J., Computers & Education V. 85, 59 (2015).

FARIAS, F. H. G.; BARBOSA, R. B. O papel do professor no uso de tecnologias educacionais: possibilidades e desafios. Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas, v. 10, n. 1, p. 38-51, 2020.

GARCIA, M. O.; SILVA, M. R. A. O uso de simulações virtuais na aprendizagem de física: uma análise do software PHeT. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 1, e1304, 2014.

MOTTA, M. S.; PRADO, S. S.; RIBEIRO, A. R. A utilização de um laboratório virtual na construção de conceitos de Física Moderna. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 1, e1303, 2015.

OLIVEIRA, K. T.; OLIVEIRA, J. A.; BARRETO, R. S. Laboratórios virtuais: uma revisão de literatura. Roteiro, v. 45, n. 2, p. 1-19, 2020.

RODRIGUES, J. Utilização do Excel no ensino de estatística: uma revisão sistemática da literatura. In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO, 2., 2022, Recife. Anais... Recife: CINTEC, 2022. p. 1-7.