



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
FÍSICA – LICENCIATURA

EMERSON SOARES DA SILVA

EXPERIMENTAÇÃO MEDIADA POR UM MICROCONTROLADOR: proposta de
sequência de ensino investigativa sobre circuitos elétricos

Caruaru
2023

EMERSON SOARES DA SILVA

EXPERIMENTAÇÃO MEDIADA POR UM MICROCONTROLADOR: proposta de
sequência de ensino investigativa sobre circuitos elétricos

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Física – Licenciatura do Campus Agreste
da Universidade Federal de Pernambuco –
UFPE, na modalidade de monografia,
como requisito parcial para a obtenção do
grau de licenciado em Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Ernesto Arcenio Valdés Rodriguez

Caruaru

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Emerson Soares da.

Experimentação mediada por um Microcontrolador: proposta de sequência de ensino investigativa sobre circuitos elétricos / Emerson Soares da Silva. - Caruaru, 2023.

89 p. : il., tab.

Orientador(a): Ernesto Arcenio Valdés Rodriguez

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Física - Licenciatura, 2023.

Inclui referências, apêndices, anexos.

1. Sequência de Ensino Investigativa. 2. Ensino por Investigação. 3. Momentos Didáticos Investigativos. 4. Circuitos Elétricos. 5. Experimentação Microcontrolada. I. Rodriguez, Ernesto Arcenio Valdés . (Orientação). II. Título.

530 CDD (22.ed.)

EMERSON SOARES DA SILVA

EXPERIMENTAÇÃO MEDIADA POR UM MICROCONTROLADOR: proposta de
sequência de ensino investigativa sobre circuitos elétricos

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Física – Licenciatura do Campus Agreste
da Universidade Federal de Pernambuco –
UFPE, na modalidade de monografia,
como requisito parcial para a obtenção do
grau de licenciado em Física.

Aprovado em: 20/10/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ernesto Arcenio Valdés Rodriguez (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Heydson Henrique Brito da Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho a minha família, em especial a minha mãe Veronice e a minha avó Luzinete, essas que desde pequeno me dão apoio e auxílio para eu ser uma pessoa melhor.

AGRADECIMENTOS

Inicio meus agradecimentos a Deus, que foi meu refúgio durante a graduação nos momentos de maior pressão. Sem ele não seria possível terminar a tão sonhada graduação, deu-me forças, paciência e inteligência para escrever este Trabalho de Conclusão de Curso.

Direciono meus agradecimentos para as duas mulheres mais importantes da minha vida: minha avó Luzinete e minha mãe Veronice. Sem seus apoios, seus conselhos, suas paciências eu não seria a pessoa que hoje estou me tornando. Obrigado por agregarem valores na minha vida. Também direciono meus agradecimentos aos meus irmãos Everson, Ellen e Stephanie e para todos os meus familiares que contribuíram em algum momento para minha trajetória acadêmica.

Não poderia deixar de mencionar meus grandes amigos e amigas de turma: Lucas da Silva, Vanessa Karla, Ádriel Farias, Ana Maria e Gustavo Georranys. Por meio da vivência com essas pessoas eu pude me desenvolver mais em questões intelectuais, sociais e até aprender sobre a vida. Compartilhamos momentos inesquecíveis, muitos risos, tristezas e alegrias que estarão para sempre na minha memória e no meu coração, obrigado por tudo! Cada um contribuiu, do seu jeito, para a superação dos desafios presentes durante a minha graduação, sem vocês tudo seria mais difícil e sem graça.

Agradeço ao grande professor e amigo que fiz na graduação: meu orientador, Ernesto Valdés. Obrigado por estar junto comigo desde sempre, por apoiar meus projetos, por ser meu orientador do programa de iniciação à docência, pelas suas aulas divertidas e pelos momentos de reflexão. Ainda bem que nosso curso tem o senhor como docente permanente. Obrigado pelas conversas de incentivo e apoio.

Agradeço, também, a minha banca avaliadora composta pelos professores Heydson e João Eduardo. Tive a oportunidade, na graduação, de aprender muito com os seus ensinamentos, assim como vários outros professores e professoras que não vou mencionar todos para não correr o risco de esquecer o nome de alguém. Obrigado, mestres!

Por fim, quero agradecer a todo mundo, seja amigos da van, de outros cursos ou amigos(as) fora da faculdade que contribuíram diretamente com conselhos e palavras de conforto para que eu chegasse até o final dessa longa, problemática, desafiadora e linda jornada acadêmica.

A felicidade por ter conseguido encerrar esse ciclo acadêmico dará impulso para continuar meus estudos. Agora, com mais experiências, vou poder caminhar a passos mais largos.

A todos, meu muito obrigado!

“O desejo profundo da humanidade pelo conhecimento é justificativa suficiente para nossa busca contínua. E nossa meta não é nada menos do que uma descrição completa do universo onde vivemos.” (Hawking, 2015, p. 25).

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre a temática Circuitos Elétricos, tendo um hardware como recurso tecnológico para a coleta de dados. Para tanto, discutimos, à luz dos pressupostos do Ensino por Investigação, quais os principais estudos da área ajudam na proposição de uma SEI. Nesse sentido, identificamos, por meio da análise de citação de autores, que Anna Maria Pessoa de Carvalho e Lúcia Helena Sasseron são as principais autoras brasileiras que pesquisam sobre essa abordagem didática. Utilizando o Ciclo Investigativo desenvolvido por Pedaste e seus colaboradores, a ferramenta de Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI), assim como as ideias dessas pesquisadoras, desenvolvemos uma ferramenta para auxiliar professores no planejamento de uma SEI. Como resultado, elaboramos uma SEI contendo três Momentos Didáticos Investigativos envolvendo conceitos da primeira lei de Ohm, para análise de componentes ôhmicos e não ôhmicos e análise de circuitos com resistores, *push buttons* e lâmpadas incandescentes. Essas atividades foram contextualizadas por meio de situações-problemas. O terceiro momento é reservado para a socialização dos resultados e a sistematização do conhecimento. Além disso, elaboramos um projeto de placa de circuito impresso, no qual utilizamos o microcontrolador presente no Arduino UNO. Apresentamos todas as informações técnicas para a fabricação dessa placa. Validamos esse projeto coletando dados de corrente e tensão elétrica e concluímos que esse dispositivo apresentou bons resultados, comparáveis às medidas feitas por um multímetro. Esperamos, com esse estudo, que os materiais produzidos sirvam para auxiliar professores da educação básica que desejam utilizar o Ensino por Investigação em suas aulas, assim como na implementação da Experimentação Microcontrolada.

Palavras-chave: Sequência de Ensino Investigativa; Ensino por Investigação; Momentos Didáticos Investigativos; Circuitos Elétricos; Experimentação Microcontrolada.

ABSTRACT

This work aims to develop an Investigative Teaching Sequence (SEI) on the topic of Electrical Circuits, using hardware as a technological resource for data collection. To this end, we discuss, in light of the assumptions of Investigative Teaching, which of the studies in the area help in proposing an SEI. In this sense, we identified, through author co-citation analysis, that Anna Maria Pessoa de Carvalho and Lúcia Helena Sasseron are the Brazilian authors who researched this didactic approach. Using the Inquiry Cycle developed by Pedaste and his collaborators, the Diagnosis of Inquiry-based Science Teaching Elements (DEEnCI) tool, as well the ideas of these researchers, we developed a tool to assist teachers in planning an SEI. As a result, we developed an SEI containing three Investigative Didactic Moments involving concepts from Ohm's first law, for the analysis of ohmic and non-ohmic components and the analysis of circuits with resistors, push buttons, and incandescent lamps. These activities were contextualized through problem situations. The third moment is reserved for the socialization of results and the systematization of knowledge. In addition, we created a printed circuit board project, in which we used the microcontroller present in the Arduino UNO. We present all the technical information for manufacturing this board. We validated this project by collecting electrical current and voltage data and concluded that this device presented good results, comparable to measurements made with a multimeter. We hope, with this study, that the materials produced will serve to assist education teachers who wish to use Investigative Teaching in their classes, as well as in the implementation of Microcontrolled Experimentation.

Keywords: Investigative Teaching Sequence; Investigative Teaching; Investigative Didactic Moments; Electrical Circuits; Microcontrolled Experimentation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Representação do Ciclo Investigativo.....	25
Figura 2 –	Grafo de cocitação de autores.....	30
Quadro 1 –	Avaliação de propostas de Sequências Investigativas.....	31
Figura 3 –	Layout do easyeda.....	34
Figura 4 –	Parte I esquemático do hardware.....	35
Figura 5 –	Parte II esquemático do hardware.....	35
Figura 6 –	Página de download do IDE.....	37
Figura 7 –	Confirmação para baixar o IDE.....	37
Figura 8 –	Ambiente de Desenvolvimento Integrado.....	38
Figura 9 –	Exemplo de código pisca LED.....	38
Figura 10 –	Vista frontal 2D da placa de circuito.....	41
Figura 11 –	Vista posterior 2 D da placa de circuito.....	42
Figura 12 –	Modelagem em 3D do MicroLabino.....	43
Figura 13 –	Características gerais do MicroLabino.....	44
Quadro 2 –	Esquematização da Sequência Investigativa.....	46
Figura 14 –	Visão geral do ArduinoDroid.....	50
Figura 15 –	Exemplo pisca-LED.....	51
Figura 16 –	Circuito simulando o controle de iluminação.....	59
Figura 17 –	Teste do circuito em uma matriz de contatos.....	62
Figura 18 –	Representação do processo de envio e recebimento de dados	63
Figura 19 –	Estratégia para determinar a corrente elétrica em um ramo.....	64
Gráfico 1 –	Curvas características de cinco resistores.....	66
Gráfico 2 –	Curvas características dos LEDs.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Resultado da análise dos autores(as) mais cocitados.....	30
Tabela 2 –	Componentes e preços para a montagem da placa de circuito....	39
Tabela 3 –	Dados para análise da curva característica de resistores.....	65
Tabela 4 –	Dados para a verificação da curva característica de LEDs.....	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1	PRESSUPOSTOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO...	18
2.2	PROPOSIÇÃO DE SEQUÊNCIAS INVESTIGATIVAS.....	21
2.2.1	O Ciclo Investigativo.....	24
2.2.2	Planejamento e Análise de Sequências Investigativas.....	26
3	METODOLOGIA.....	27
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	27
3.2	PLANEJANDO A SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA.....	28
3.3	INFORMAÇÕES SOBRE O PROJETO MICROLABINO.....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
4.1	A PROPOSTA DA SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA SOBRE CIRCUITOS ELÉTRICOS.....	46
4.1.1	Descrição das atividades.....	50
4.2	VALIDAÇÃO DA PROPOSTA.....	61
4.3	VALIDAÇÃO DO PROJETO DE HARDWARE.....	62
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
	REFERÊNCIAS.....	73
	ANEXO A – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ARDUINO.....	79
	APÊNDECE A – CÓDIGO PARA A COLETA DE CORRENTE E DDP..	80
	APÊNDECE B – CÓDIGO PARA MEDIR O POTENCIAL ELÉTRICO...	84
	APÊNDECE C – GUIA DE REFERÊNCIA DO MICROLABINO.....	88

1 INTRODUÇÃO

A discussão sobre o papel dos experimentos didáticos para o desenvolvimento dos saberes científicos não é recente. Em 1956, os Estados Unidos desenvolveram o *Physical Science Study Commitee* (PSSC), em resposta ao lançamento do primeiro satélite artificial da Terra pela extinta União Soviética — o *Sputnik I*. O PSSC tinha como objetivo a inovação curricular para a formação de futuros cientistas, tendo a experimentação como um dos pressupostos pedagógicos, porém, dando ênfase exagerada e irrealista ao seu papel na aprendizagem científica (Gaspar, 2004).

Os experimentos nas aulas de Física são fundamentais para que os estudantes possam vivenciar fenômenos e estabelecer uma associação entre a teoria e a prática. Todavia, é essencial que o professor defina claramente quais são os objetivos que ele quer alcançar com essa atividade prática, que podem estar relacionados à aprendizagem de conceitos e habilidades inerentes aos procedimentos experimentais.

Conforme o estudo realizado por Catelan e Rinaldi (2018), os professores tendem a utilizar os experimentos com a finalidade de comprovar uma teoria em detrimento da reflexão sobre os conceitos. Erroneamente, acabam contribuindo para que os estudantes desenvolvam uma concepção equivocada sobre a ciência.

O manuseio de um experimento e dos instrumentos de medidas é uma habilidade necessária para que o estudante compreenda os procedimentos relativos à experimentação. Entretanto, com a falta de materiais didáticos, essa habilidade fica em segundo plano. Uma possibilidade para que as atividades de laboratório não fiquem comprometidas é a utilização de dispositivos com bom custo-benefício que realizam a coleta de grandezas físicas por meio de um microcontrolador.

Quando pensamos em experimentação microcontrolada é comum, na Física, a utilização da plataforma Arduino. Ela é uma ferramenta de prototipagem eletrônica que possui como componente principal o microcontrolador ATMEGA328p. Diversas pesquisas foram desenvolvidas utilizando o Arduino, configurando sua utilização como uma tendência para diferentes conteúdos de Física e níveis de escolaridade (Admiral, 2020; Castilho; Oliveira; Dutra, 2020; Cardoso; Zannin, 2019; Corrallo; Junqueira; Schuler, 2018; Pereira *et al.*, 2021).

Para o desenvolvimento deste estudo, propomos uma placa de circuito impresso de baixo custo para a tomada dos dados experimentais denominada de MicroLabino. Pensamos nesse nome a partir da combinação das palavras

“Microcontrolador”, “Laboratório” e “Arduino”. O desenvolvimento desse hardware foi viabilizado porque a placa Arduino é de código aberto e o esquema eletrônico básico é de fácil acesso (ver Anexo A).

Moreira *et al.* (2018), realizaram uma revisão sistemática de publicações sobre o uso do Arduino direcionado ao ensino de Física. Foi constatado que os trabalhos desenvolvidos tiveram resultados satisfatórios em relação à inovação de laboratórios didáticos e a promoção de aulas mais atraentes e motivadoras. Entretanto, de acordo com essa pesquisa, há poucas informações referentes à contribuição do Arduino na aprendizagem de conceitos Físicos. Diante disso, é necessário que ocorram mais investigações.

De nada adianta desenvolver e utilizar o MicroLabino sem ter um objetivo didático claro. Diante disso, usamos o Ensino de Ciências por Investigação (ENCI) como abordagem didática para a utilização do MicroLabino no Ensino Médio. De acordo com Sasseron (2018), uma importante pesquisadora do ENCI, a investigação deve ser utilizada nas aulas para que, por meio da elaboração de uma situação-problema, os alunos possam desenvolver o raciocínio científico. Essa situação-problema pode ser planejada por meio de uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI), fundamentada por Carvalho (2013), Sasseron e Machado (2017).

Brito e Fireman (2018, p. 477) consideram ser um anacronismo, nos dias atuais, “[...] existir visões simplistas acerca do processo de ensino e aprendizagem”. Em vistas dessa consideração, acreditamos que a utilização de práticas investigativas em sala de aula seja capaz de – se planejadas de forma coerente com os pressupostos do ENCI – rechaçar essas visões, ao passo que tais práticas exigem uma postura do professor que vai além do domínio de conteúdos da grade curricular.

Diante do que foi exposto, este estudo foi norteado pelo seguinte questionamento: *como desenvolver uma sequência de ensino sobre a temática circuitos elétricos baseada nos pressupostos do Ensino de Ciências por Investigação, tendo um hardware como recurso tecnológico auxiliar?*

Para responder esse questionamento, temos como objetivo geral *elaborar uma sequência de ensino investigativa que versa sobre circuitos elétricos que seja articulada com um dispositivo tecnológico baseado na plataforma Arduino*. Para alcançar esse objetivo, tecemos os seguintes objetivos específicos: (1) *verificar na literatura quais autores(as) são mais influentes na abordagem do ensino por investigação*; (2) *validar a sequência de ensino investigativa produzida utilizando uma*

ferramenta de análise e (3) avaliar o projeto de hardware desenvolvido considerando os dados coletados a partir da montagem de um protótipo.

Um estudo de revisão de literatura conduzido por Leão e Goi (2021) constatou a potencialidade da experimentação investigativa como estratégia no ensino de Ciências para a formação de alunos críticos. Ainda segundo essas pesquisadoras, o pequeno número de artigos identificados evidencia que essa estratégia, do ponto de vista construtivista, ainda é pouco difundida nos cursos de licenciaturas. Bassoli (2014) já argumentava que essa ausência é uma das deficiências da educação científica básica, ao passo que uma proposição prática investigativa é tida como uma inovação didática.

Além dessa revisão, Carvalho, Miranda e De-Carvalho (2020) realizaram uma revisão da literatura do tipo sistemática sobre as contribuições do ENCI na educação básica. Verificaram que novos estudos precisam abordar as dificuldades relacionadas à aplicação do ENCI a longo prazo, na medida em que as pesquisas analisadas por esses estudiosos são provenientes de uma aplicação de sequência investigativa a curto prazo.

Pozo e Crespo (2009) elencam algumas ideias e dificuldades apresentadas por estudantes na aprendizagem de conceitos da eletricidade, a saber: corrente elétrica, eletricidade e voltagem são vistas como sinônimos; a corrente é tida como um fluido material; considerar a diferença de potencial como uma propriedade da corrente; não aceitar que um circuito elétrico é um sistema de interação em que qualquer mudança local tem impacto em todo o circuito e dificuldades em interpretar e desenhar representações dos circuitos. Dessa forma, é imperioso que os docentes (re)pensem suas práticas, assumindo uma postura capaz de propiciar condições necessárias para que essas e outras concepções alternativas sejam superadas.

Uma das possibilidades para que ocorra essas superações é o uso de atividades experimentais investigativas. Entretanto, o baixo número de laboratórios de ciências nas escolas brasileiras deixa a desejar. Em 2017, apenas 39,2% das escolas estaduais tinham laboratórios de ciência; no ano seguinte esse número foi reduzido para 37,5% e em 2019 apenas 40,9% das escolas possuíam laboratórios (Brasil, 2018a, 2019, 2020).

Diante dessas considerações, o nosso estudo é justificado pela necessidade de cada vez mais elaborarmos materiais didáticos para que os professores apliquem em sala de aula, cujo objetivo é proporcionar um trabalho docente mais efetivo no

sentido de promover, nos estudantes, engajamento, formação humana integral e minimização do desinteresse com a Física. Nesse sentido, o MicroLabino foi projetado a partir da necessidade identificada pelo autor deste trabalho durante as aulas de Física Experimental II, ministradas pelo professor Dr. Ernesto Arcenio (orientador deste trabalho), quando discutimos o uso do Arduino na educação.

No final do semestre suplementar 2020.3 (adotado pela Universidade Federal de Pernambuco devido à pandemia do coronavírus), contribuímos para a disciplina *Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação para o Ensino de Física* com um minicurso sobre programação e aplicação do Arduino na educação. Assim, a parceria entre orientador e orientado vem de alguns anos atrás.

Nessa disciplina, o docente já trazia alguns elementos de investigação, de modo que “O caráter investigativo e problematizador de atividades práticas pode viabilizar a relação entre aspectos teóricos e empíricos e facilitar, por exemplo, o domínio da linguagem científica [...]” (Pereira; Moreira, 2017, p. 274). Julgamos que os experimentos investigativos são importantes porque o foco passa a ser na exploração de um fenômeno e não na comprovação da teoria.

O ENCI surge como uma abordagem didática capaz de proporcionar aulas mais dinâmicas, em que aspectos da natureza da Ciência são tão importantes quanto os aspectos procedimentais e conceituais das atividades propostas (Zômpero; Laburú, 2011). Nesse sentido, é imprescindível que haja uma mudança na forma de ensinar Física sob uma abordagem prática investigativa devido à escassez de ferramentas de medida disponíveis para que todos os estudantes possam interagir com o experimento. Uma possível solução para isso está no desenvolvimento de um material didático capaz de suprir essa necessidade, como o MicroLabino, que realiza a coleta de dados, possibilitando, assim, uma redução no tempo destinado à experimentação.

Para fundamentar a elaboração da SEI sobre circuitos elétricos, buscamos na base de dados *Dimensions* artigos que discutem o ENCI. A partir disso, fizemos uma análise de citação de autores, a fim de verificarmos quais os principais estudiosos dessa abordagem de ensino. Além disso, propomos um projeto de hardware para a coleta de dados de tensão e corrente elétrica em circuitos de baixa potência. Portanto, validamos esse projeto analisando as curvas características de diferentes resistores e LEDs.

No próximo capítulo será abordado o referencial teórico deste estudo, que traz os pressupostos sobre o ENCI. Além disso, aborda como desenvolver uma SEI conforme os principais autores(as) da área. O capítulo 3 fornecerá a metodologia empregada para o desenvolvimento desse estudo, tanto as abordagens utilizadas para o planejamento da proposta de SEI quanto as informações para a produção do MicroLabino. O capítulo 4 tratará sobre os resultados e discussões. Os resultados começam com a proposição da sequência e finaliza com a validação do projeto de hardware, no qual apresentamos os dados coletados por meio de uma montagem não definitiva do MicroLabino. E, por fim, as considerações finais trazem as conclusões do nosso estudo, indicando se alcançamos o objetivo e como este trabalho contribui para a educação científica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Inicialmente, no presente estudo, objetivamos esclarecer os conceitos sobre a abordagem didática do ENCI. Para esse propósito, este capítulo foi dividido em duas seções. A primeira seção busca esclarecer os pressupostos do ENCI. Por fim, na segunda seção, tratará sobre como podemos aplicar a abordagem investigativa, trazendo concepções e etapas para o planejamento de uma SEI. Portanto, será possível construir um aporte teórico suficiente para subsidiar a elaboração da SEI sobre circuitos elétricos.

2.1 PRESSUPOSTOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

A Educação em Ciências, ao longo das décadas, é influenciada pelos contextos culturais, sociais, políticos e econômicos. Nesse contexto, o ENCI é uma abordagem de ensino pautada na apresentação dos elementos da cultura científica em sala de aula, assim como na promoção do papel ativo dos alunos na construção dos seus conhecimentos (Sasseron; Justi, 2018).

As primeiras ideias que remetem ao ENCI como uma alternativa didática tem origem nos Estados Unidos no século XIX, no qual os conceitos do filósofo e pedagogo John Dewey influenciaram a forma como a sociedade americana deveria encarar o ensino de ciências (Almeida; Malheiro, 2022).

Por meio de uma análise de artigos sobre os aspectos históricos do ENCI, que não é uma abordagem recente, Zômpero e Laburú (2011) desenvolveram uma linha de pensamento em que o ENCI passou por mudanças em decorrências das questões impostas pela sociedade por meio das necessidades econômicas, políticas e sociais. Essa perspectiva de ensino, de acordo com esse estudo, é mais evidente nos Estados Unidos.

Nas pesquisas, o ENCI, também conhecido como *inquiry* possui diferentes conceituações: aprendizagem baseada em projeto, resolução de problemas e ensino por descoberta (Zômpero; Laburú 2011). De acordo com esses pesquisadores, o ENCI possibilita que os alunos tenham uma compreensão melhor sobre a natureza científica. Diante dessas conceituações, diferentes autores trazem diferentes perspectivas sobre o ENCI: perspectiva de ensino (Oliveira; Obara, 2018), abordagem

didática (Franco; Munford, 2020; Sasseron, 2018; Solino; Ferraz; Sasseron, 2015; Silva; Gerolin; Trivelato, 2018) e postura pedagógica (Coelho; Ambrózio, 2019).

Na perspectiva de Sasseron (2018), Carvalho (2013) e Solino, Ferraz e Sasseron (2015), o ENCI não pode ser considerado como uma metodologia de ensino, uma vez que não há uma associação com uma estratégia de ensino específica, podendo, assim, o professor incorporar várias estratégias e ações, na condição de que essas estejam vinculados às práticas investigativas. Sasseron (2015) dispõe que o ENCI extravasa a utilização de uma metodologia de ensino específica para certos conteúdos curriculares, podendo ser empregado sob as mais diferentes abordagens de ensino, bem como para diferentes componentes curriculares. Além disso, Coelho e Ambrózio (2019, p. 496) vão além quando afirmam que

[...] ao concebermos o ensino por investigação como uma postura pedagógica e não como um método a ser aplicado, estamos destacando a importância da mediação balizada por uma situação-problema possibilitar a criação de um ambiente investigativo em sala de aula tornando-a um espaço no qual os estudantes podem compartilhar experiências, informações e saberes uns com os outros e com o professor (Coelho; Ambrózio, 2019, p. 496).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define as aprendizagens essenciais ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica (Brasil, 2018b). Ela define que as orientações pedagógicas devem considerar o desenvolvimento das competências em que

os alunos devem “saber” (considerando a constituição de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores) e, sobretudo, do que devem “saber fazer” (considerando a mobilização desses conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho) [...] (Brasil, 2018b, p. 13).

Esses conteúdos podem ser desenvolvidos sob os mais diversos tipos de metodologias de ensino ou de abordagens didáticas, desde que seja observada a utilização de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Desde o começo do século XXI, Duschl (2003) apontava que o aprendizado de Ciências deveria se concentrar nessas três perspectivas de conteúdos. Entretanto, ele denominou três domínios que são integrados, a saber: (1) domínio conceitual – refere-se às estruturas conceituais; (2) domínio epistêmico – está relacionado com os procedimentos da investigação e (3) domínio social – relacionado à comunicação e debate de ideias científicas.

Além dessas relações, a BNCC, em algumas de suas competências gerais, traz elementos que podemos relacioná-los com o ENCI:

Competência 2 – Exercitar a curiosidade intelectual e **recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções** (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas; Competência 5 – Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação **de forma crítica, significativa, reflexiva e ética** nas diversas práticas sociais [...] **resolver problemas** e exercer protagonismo [...]; Competência 7 – **Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões** [...] (Brasil, 2018b, p. 9, grifo nosso).

Diante do exposto, a competência 2 está relacionada com a natureza própria da Ciência, assim como características do fazer científico. Já as outras duas competências estão fortemente ligadas à concepção do ENCI, porque evidenciam elementos importantes nesse processo investigativo — argumentar com base nos fatos e dados, formular e defender ideias de forma crítica.

O docente, por sua vez, deve estabelecer um ambiente propício à investigação. Nesse contexto, Carvalho (2013), argumenta que é necessário que o professor propicie condições para que a investigação, partindo de uma situação-problema, seja efetivada. Seguindo essa direção, Sasseron e Duschl (2016) mencionam que as interações discursivas sobre temas das Ciências têm papel fundamental para o desenvolvimento de práticas epistêmicas entre professores e alunos, nos quais visam um ensino de Ciências pautado na investigação.

Para esses pesquisadores, o ensino de Ciências deve levar em consideração o desenvolvimento dessas práticas, visto que, para além dos aspectos relacionados aos conceitos, modelos e teorias, os procedimentos e atitudes devem ter a mesma ênfase. Assim, o entendimento de que o debate e a reflexão de ideias relativas à natureza científica devem fazer parte do planejamento didático do professor para que os estudantes tenham a percepção de que ensinar e aprender ciência vai além de ensinar apenas conceitos científicos.

Nesse íterim, a partir das visões estabelecidas por Brito e Fireman (2018, p. 463) “[...] realizar procedimentos e adotar atitudes capazes de dinamizar a aprendizagem, dentro de uma lógica que é própria das construções científicas, passaram a ser vistas, também, como conteúdo de ensino em Ciências”. Nesse viés, esses autores evidenciam a importância dos conteúdos conceituais, procedimentais e

atitudinais para o ensino de Ciências. Essa ideia está em consonância com o que afirmam Zômpero e Laburú (2011), pois o ENCI proporciona aprendizagens nesses diferentes conteúdos.

Conforme discutido por Grandy e Duschl (2007), a investigação em sala de aula deve proporcionar o uso de raciocínio para o desenvolvimento de ideias e modelos devendo, ainda, possibilitar a mudança de conceitos que não estejam em conformidade com as ideias científicas. Em relação a essa abordagem, vê-se que o papel do docente é orientar a investigação, pois deve coordenar as atividades e auxiliar os estudantes nas discussões sobre as etapas da investigação (Trivelato; Tonidandel, 2015). Ainda de acordo com esses autores, o ENCI pode auxiliar os alunos na Alfabetização Científica.

Para dialogar com essa ideia, Carvalho e Sasseron (2015) defendem que se o planejamento e aplicação de atividades de conhecimento Físico forem empregadas com base nos pressupostos do ENCI, temos a possibilidade de introduzir, nos estudantes, a enculturação científica — tida como sinônimo de Alfabetização Científica. De fato, ao concebermos uma mudança na postura do professor em relação ao ensino de Ciências que busca promover a autonomia e a postura crítica dos alunos, é necessário atribuir que o ENCI é uma abordagem que visa à promoção da Alfabetização Científica.

2.2 PROPOSIÇÃO DE SEQUÊNCIAS INVESTIGATIVAS

As sequências de ensino investigativas (SEIs) são sequências de atividades que o(a) professor(a) pode planejar para que a aula seja conduzida de acordo com uma perspectiva, embora simplificada, de natureza investigativa aos moldes de uma investigação científica. Essas SEIs devem ser logicamente estruturadas para propiciar aos estudantes que seus conhecimentos anteriores sejam valorizados, que suas ideias possam ser dialogadas com seus colegas e com o docente para que haja uma mudança do conhecimento não científico (alternativo) para o científico (Carvalho, 2013).

De modo semelhante a Carvalho (2013), Sasseron (2015, p. 59) ressalta que

[...] uma sequência de ensino investigativa é o encadeamento de atividades e aulas em que um tema é colocado em investigação e as relações entre esse tema, conceitos, práticas e relações com outras esferas sociais e de conhecimento possam ser trabalhados.

Essas duas perspectivas dessas autoras sobre a definição de uma SEI são complementares. Além disso, fortalece a ideia de que o ENCI é uma abordagem didática que tem o docente como o responsável por conduzir as atividades, independentemente do conteúdo ou forma de aplicação, desde que o caráter investigativo se faça presente.

O professor deve estar preparado para os imprevistos que possam aparecer diante da aplicação de uma SEI em sala de aula. Por conseguinte, deve-se valorizar o erro ou imprecisões manifestadas pelos alunos, na medida em que esses processos fazem parte do processo de formação, tanto para os alunos quanto para o professor (Carvalho, 2013; Sasseron; Machado, 2017; Sasseron, 2015).

Carvalho (2013) argumenta, com base nas ideias construtivistas de Piaget, que o planejamento didático do professor deve levar em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes. Sendo assim, é justificável conceber que a aquisição de novos conhecimentos na estrutura cognitiva dos alunos parte por meio de seus conhecimentos anteriores (prévios). Dessa forma, o ENCI é uma abordagem capaz de superar a lógica instrucionista no ensino das Ciências, ou seja, superar a perspectiva de um ensino por repetição, em que os conhecimentos prévios e a importância dos erros são valorizados.

Nessa lógica, Moreira (2021) é enfático ao discutir, em seu artigo, que: (1) para a aprendizagem de novos conceitos é imprescindível que os conhecimentos prévios dos estudantes sejam valorizados; (2) a experimentação é um recurso essencial para o desenvolvimento de competências científicas, embora seja vista como “perda de tempo” por não se enquadrar no ensino por testagem e (3) não ensinar teorias físicas como inacabadas. Assim, uma SEI tem todos os requisitos para ajudar na superação de alguns desafios no ensino.

O planejamento de SEI deve iniciar com uma ação manipulativa, em que o estudante, dado um problema de investigação, se envolve, por exemplo, no manuseio de um experimento. Além disso, em conformidade com a discussão empreendida por Carvalho (2013), é essencial que ocorra a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual (como explicar conceitos envolvidos na resolução do problema de pesquisa) para que ocorra a construção de novos conhecimentos. Por conseguinte, o professor tem uma tarefa difícil para conduzir uma atividade investigativa que fortaleça

nos alunos a tomada de consciência sobre a situação-problema apresentada por uma SEI.

De acordo com Zômpero e Laburú (2011), ao fazerem uma análise sobre trabalhos na perspectiva do ENCI, evidenciaram que, embora haja diferentes concepções ao longo da história sobre essa abordagem didática, há um ponto em comum: as atividades investigativas começam pela proposição de um problema. Nessa mesma perspectiva, Sasseron e Machado (2017) compreendem que é por meio da investigação que os cientistas resolvem um problema. É importante salientar que, para esses estudiosos, a investigação em sala de aula tem uma natureza simplificada dos processos adotados pelos cientistas.

Aplicação de uma SEI envolve alguns elementos importantes que devem ser contemplados, a saber: elaboração de hipóteses; coleta de dados e testes das hipóteses; interpretação desses dados; inferência sobre as evidências coletadas e comunicação dos resultados (Zômpero; Laburú, 2016). O professor deve agir como um mediador e facilitador durante esse processo de aplicação, de tal forma que o ambiente investigativo seja contemplado em sala de aula.

Nesse viés, Carvalho (2013) já trouxe, em seu livro, algumas etapas para a aplicação de uma SEI, são elas:

- Proposição de um problema experimental ou não;
- Sistematização do conhecimento;
- Contextualização dos conteúdos escolares;
- Avaliação da aprendizagem.

A etapa de proposição de um problema pode ser feita tanto pelo professor quanto pelos alunos, isso depende do grau de liberdade da investigação. A sistematização do conhecimento, preferencialmente, deve ocorrer por meio da leitura sobre a temática da investigação, para que haja a comparação entre os estudantes sobre o que diz a literatura e os achados durante a investigação.

A etapa da contextualização envolve perguntas do cotidiano nos quais visam a aproximação das vivências dos estudantes com os conteúdos científicos. Essa contextualização de conteúdos científicos deve ir além da exemplificação de situações do cotidiano, visto que é imprescindível uma abordagem problematizadora para que eles sejam desafiados (Aguiar Jr, 2018).

Por último, a avaliação exige uma mudança na postura do professor, uma vez que ela tem um peso importante dentro da abordagem do ENCI. Essa avaliação não pode ter caráter somativo, mas sim formativo em que o docente analisa todo o processo investigativo.

Para Carvalho (2018), Sasseron e Machado (2017), as atividades investigativas têm diferentes enfoques, a saber: laboratório aberto, demonstrações investigativas, problemas não experimentais, como leitura investigativa de textos e notícias, e problemas e questões abertas. A partir disso, ao utilizarmos uma SEI não necessariamente devemos utilizar problemas experimentais.

É válido destacar que a aplicação de uma SEI deve ser planejada com base nas pesquisas teóricas e empíricas para fomentar o ENCI. Entretanto, há dificuldades que precisam de destaques, como o tempo necessário para a realização das atividades, contemplando desde as orientações iniciais até a organização da sala de aula (Conceição; Fireman, 2021).

Nas duas seções terciárias que seguem, apresentamos duas alternativas (não excludentes) que facilitam o trabalho docente no planejamento de uma SEI.

2.2.1 O Ciclo Investigativo

Uma revisão da literatura foi produzida por Pedaste *et al.* (2015) em que objetivaram analisar aspectos do ENCI presentes nos artigos, uma vez que há etapas para proposição de SEI que convergem e divergem nas perspectivas desses estudos. Assim, propuseram um ciclo investigativo composto por fases e subfases de investigação. Essas fases são:

1. **Orientação:** nessa fase ocorre o estímulo à curiosidade e o interesse dos alunos. Aqui ocorre a introdução de um tópico que irá ser objeto de investigação, cabendo, para tanto, que o professor valorize as concepções prévias trazidas pelos estudantes;
2. **Conceitualização:** ocorre a formulação de um problema de pesquisa. Essa fase é subdividida em: (1) questão – elabora as questões de investigação e (2) Hipóteses – geração de suposições com base nas questões de pesquisa;
3. **Investigação:** ocorre o processo de planejamento para a coleta e análise de dados. É subdividida em: (1) exploração – a questão de investigação leva os

alunos na exploração dos dados disponíveis, podendo ser de natureza textual ou experimental; (2) Experimentação – ocorre o planejamento para a condução de um experimento didático com a finalidade de testar hipóteses e (3) interpretação de dados – nessa subfase há atribuição de significados aos dados, proporcionando que os estudantes utilizem conceitos para explicar os dados;

4. **Conclusão:** nessa fase os alunos são responsáveis pela elaboração de conclusões sobre a questão de pesquisa a partir das evidências coletadas;
5. **Discussão:** essa última fase ocorre a apresentação dos resultados por meio de debates e discussões. Essa fase está relacionada às outras, na medida em que durante todo o ciclo, a discussão e a comunicação devem estar presentes. Subdivide em: (1) comunicação – ocorre a apresentação do resultado da investigação para os colegas e para o professor e (2) reflexão – deve acontecer uma discussão crítica sobre todo o processo investigativo, podendo ser discutido o refinamento do problema de pesquisa.

Diante dessas considerações, elaboramos (Figura 1) a representação do ciclo investigativo, que foi adaptado de Pedaste *et al.* (2015).

Figura 1 – Representação do Ciclo Investigativo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023 (adaptado de Pedaste *et al.*, 2015).

Não podemos conceber que essas fases e subfases devam ser entendidas como uma receita, um passo a passo a ser replicado. Os referenciais teóricos apontam que uma das etapas mais importante é a da problematização; as etapas posteriores são uma tentativa de melhor conduzir o trabalho docente, desde o planejamento até a conclusão da SEI. Por isso, a utilização de sequências investigativas deve ser entendida como uma prática formativa (Rodes; Silva; Garcia, 2019) e o ciclo investigativo é uma das possibilidades que o professor dispõe para desenvolver e aplicar uma SEI.

2.2.2 Planejamento e Análise de Sequências Investigativas

Outra possibilidade para o planejamento de uma SEI é a utilização da ferramenta de Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI). Essa ferramenta foi proposta por Cardoso e Scarpa (2018) em uma pesquisa de mestrado. Essa ferramenta pode ser utilizada na avaliação de planos de aulas para identificar se as atividades propostas na sequência de ensino são investigativas.

A DEEnCI possui 26 categorias relacionadas a aspectos da estrutura do ENCI, nível de autonomia dos estudantes bem como as ações dos professores. Essas categorias estão presentes em cinco temas: (A) introdução à investigação; (B) apoio à investigação dos alunos; (C) guia as análises e conclusões; (D) incentivo à comunicação e ao trabalho em grupo e (E) estágios futuros à investigação. É possível notar que, um dos referenciais teóricos usados para a construção dessa ferramenta de análise é o ciclo investigativo de Pedaste *et al.* (2015).

Não é necessário adotarmos todos os 26 elementos, uma vez que só objetivamos elaborar uma SEI, é uma proposição, a aplicação será em outro contexto de investigação. Assim, com essa ferramenta simplificada e adaptada para o contexto do nosso estudo, podemos fazer uma autoavaliação para refletir se a nossa proposta de SEI sobre circuitos elétricos tem características investigativas.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho, objetivamos, neste capítulo, descrever os caminhos necessários para a resolução do problema de investigação. Assim, este capítulo foi dividido em três seções: (1) caracterização do estudo – apresentamos a fundamentação metodológica para justificar os procedimentos adotados no estudo; (2) planejando a sequência investigativa – fornecemos referenciais que subsidiam o planejamento de sequência de ensino, bem como apresentamos uma análise de citação para verificar quais autores(a) mais influentes no ENCI e (3) Informações sobre o projeto MicroLabino – detalhamos como se deu o planejamento do hardware.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo trata de uma proposição de Sequência de Ensino Investigativa (SEI) fundamentada na abordagem didática do EnCI. Assim, como o objeto do nosso trabalho é elaborar uma SEI sem a necessidade de aplicá-la em sala de aula, adotamos a pesquisa básica como natureza do nosso trabalho, nos moldes de Prodanov e Freitas (2013), em que o entendimento do objeto de estudo gera novos conhecimentos, sem pretensão de aplicação. Corroborando com esses autores, Gil (2017, local. 33) reafirma e acrescenta que as pesquisas básicas são “destinadas unicamente à ampliação do conhecimento [...] e [...] nada impede que pesquisas básicas sejam utilizadas com a finalidade de contribuir para a solução de problemas de ordem prática”.

Quanto à abordagem, este estudo se enquadra como qualitativa, uma vez que a atribuição de significados e interpretação dos fenômenos estudados são essenciais para a investigação. Nessa abordagem, não é o objetivo a utilização de métodos e técnicas estatísticas para a resolução do problema, embora possam ser utilizados gráficos ou dados numéricos para evidenciar ou reforçar uma argumentação. Os dados coletados são descritivos, cabendo ao pesquisador retratar ao máximo a realidade observada, visto que toda informação útil para entender o objeto de pesquisa deve ser descrita (Prodanov; Freitas, 2013).

Nessa perspectiva, a produção da SEI se enquadra nesse tipo de abordagem, visto que, para a resolução do nosso problema de investigação, objetivamos elaborar

um material didático. Esse material, dada as devidas modificações para a realidade local de quem for aplicar a SEI, deve engajar e encorajar os estudantes na construção dos conhecimentos básicos da eletricidade, tema tão presente no cotidiano de todos os estudantes.

Quanto aos objetivos, classificamos como pesquisa descritiva, no qual seu propósito é especificar as características de objetos ou qualquer outro fenômeno em que seja passível de análise crítica (Sampieri; Collado; Lucio, 2013). Dessa forma, como elaboramos e descrevemos como deve ser conduzida a SEI, nos termos de planejamento didático, recursos, conteúdos e objetivos educacionais, a caracterização em estudo descritivo se encaixa no que os autores anteriores citados fundamentam.

3.2 PLANEJANDO A SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA

Para o presente estudo, elaboramos uma sequência de ensino baseada nos pressupostos do ENCI no qual pretendemos aplicá-la em trabalhos futuros. Além disso, incorporamos nessa proposta o uso de experimentos automatizados. Para esse propósito, criamos um projeto de placa de circuito impresso que deverá servir como recurso tecnológico auxiliar para as aulas experimentais. Denominamos essa placa de MicroLabino, cujo principal componente é o microcontrolador Atmega328p que está presente na linha Arduino UNO.

Pesquisas sobre proposição de sequências investigativas ou didáticas com diferentes enfoques curriculares são produzidas para dar um norte aos docentes sobre novas abordagens de ensino, evidenciando uma tendência na área educacional (Domingues; Carvalho; Philippsen, 2021; Paiva; Siqueira, 2020; Silva; Carvalho; Philippsen, 2022; Sousa; Sachs; Silva, 2023). Assim, embora não tenhamos aplicado nossa proposta de SEI em sala de aula, ela tem como base teórica o ENCI.

Para fundamentar a SEI sobre circuitos elétricos, fez-se necessário buscar na literatura quais pesquisadores são mais influentes na abordagem do ENCI. Para isso, embora não seja objetivo deste trabalho fazer uma análise bibliométrica, utilizamos o software *VOSviewer* (gratuito) para fazer análise de cocitação. Conforme Grácio e Oliveira (2014) a cocitação acontece quando dois autores são citados simultaneamente em uma pesquisa. Por exemplo, dados três autores, cada um representando um artigo, fictícios A, B e C em que nas suas listas de referências citam

dois os autores D e E, temos, portanto, uma rede de cocitação ligando esses dois pesquisadores.

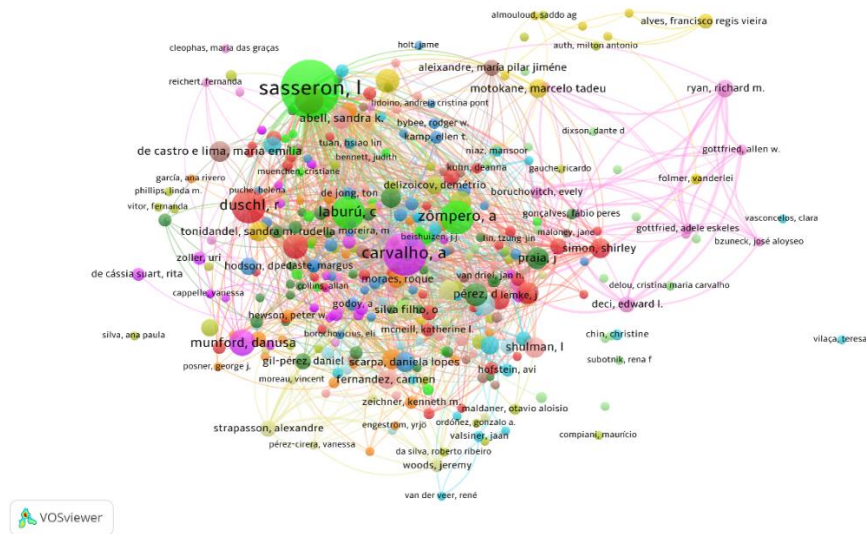
A frequência de cocitação entre autores determina o quão próximos eles estão e essa similaridade pode ser por causa do compartilhamento de referencial teórico. Nesse viés, a análise de cocitação nos dá um indicativo do quão importante são esses estudiosos para uma dada área de pesquisa (Grácio, 2016).

Utilizamos a base de dados *Dimensions* para fazer a análise de cocitação. Para isso, em setembro de 2023 pesquisamos por “Ensino por Investigação” OR “Sequências de Ensino Investigativas”. Não utilizamos filtro temporal. Seleccionamos apenas artigos científicos e, na opção campos de pesquisa escolhemos os seguintes filtros: *Education*, *Curriculum and Pedagogy*, *Education Systems* e *Specialist Studies in Education*. Essa estratégia de busca resultou em 321 artigos.

Para a construção do grafo de cocitação, é necessário importar no *VOSviewer* a base de dados que foi baixada na *Dimensions*. Foi necessário utilizarmos um arquivo denominado de tesauro, que é um arquivo txt em que padronizamos alguns pesquisadores em que apareciam com referências bibliográficas em estilos diferentes. Tanto esse arquivo quanto a planilha de dados baixada na *Dimensions* estão no drive¹ do projeto MicroLabino. A seguir, (Figura 2) fornece o resultado via grafo das redes de cocitações, em que é dado destaques para Sasseron, Carvalho, Duschl, Laburú e Zômpero.

¹ Acesse os dados dos arquivos em:
<https://drive.google.com/drive/folders/1348OgFhfgYy3tdHcxGefhoimoCw9znwZ>.

Figura 2 – Grafo de cocitação de autores



Fonte: Autor (2023).

Cabe mencionar os parâmetros utilizados para a construção desse grafo:

1. Utilizamos a análise da cocitação de autores;
2. Mínimo de citação que o autor(a) deveria ter: 2;
3. Resultado foi de 377 autores relacionados.;
4. A normalização escolhida foi pelo método da associação.

Nesse método de associação, modificamos para 0.005 o parâmetro denominado *step size reduction* (Redução do tamanho do passo) por meio do botão *advanced parameters* (parâmetros avançados). Esses passos garantem a reprodutibilidade da nossa figura de grafos, e essas determinações foram necessárias para evidenciar os autores mais cocitados, visto que como há muitas ligações e relações entre os autores os parâmetros iniciais do VOSviewer não deixam isso explícito. Na Tabela 1, há detalhes dos cinco autores(as) mais cocitados.

Tabela 1 – Resultado da análise dos autores(as) mais cocitados

Autores(as)	Nº Citações	Força Total dos Links
Sasseron	74	599
Carvalho	41	463
Duschl	26	459
Zompero	25	176
Laburú	24	174

Fonte: Autor (2023).

Podemos inferir que, com base nessa análise de cocitação, as autoras Sasseron e Carvalho são essenciais para que possamos fundamentar a nossa proposta de SEI. Uma sequência de ensino investigativa deve ter uma intencionalidade pedagógica, no nosso caso é por meio do ENCI, para que o professor não seja um reprodutor de ideias e conceitos, mas sim um agente mediador e facilitador de aprendizagens. Entretanto, para que essa intencionalidade seja bem direcionada, é necessário pensarmos em como planejar as sequências de ensino.

Com base no Ciclo Investigativo de Pedaste *et al.* (2015), Carvalho (2013), Duschl (2003) e a ferramenta DEEnCI de Cardoso e Scarpa (2018), elaboramos (Quadro 1) uma ferramenta para a avaliação do planejamento de sequências de ensino que tenha como base teórica o ENCI.

Quadro 1 – Avaliação de propostas de Sequências Investigativas

(continua)

Etapas	Elementos	Comentários
A – Definição da situação a ser investigada	A.1 A questão da investigação está explícita?	A questão ou situação-problema é o ponto de partida de uma sequência investigativa. A proposta didática deve conter a(s) pergunta(s) Objetiva(s).
	A.2 Há estímulo à curiosidade?	Por meio de uma conversa, notícia ou vídeo, o professor deve estimular a curiosidade dos alunos para que fiquem engajados nas atividades propostas.
	A.3 Há estímulo para identificação dos conceitos prévios?	Essa identificação pode ocorrer por meio de um questionário diagnóstico, atividade de revisão e discussão em sala.
	A.4 Prevê o envolvimento dos estudantes na elaboração das hipóteses?	A elaboração de hipóteses é uma habilidade do pensamento crítico e criativo. Na sequência de ensino, o professor deve indicar alguns momentos para questionar os alunos com perguntas do tipo: “o que vocês esperam que aconteça se ...?”

B – Quanto aos procedimentos de investigação	B.1 São definidos os procedimentos e materiais essenciais para a investigação?	A proposta de SEI deve indicar os materiais que os alunos devem utilizar para responder à pergunta de investigação. Em procedimentos experimentais, quando necessário, o professor deve indicar fatores operacionais que devem ser seguidos para o sucesso da coleta de dados.
	B.2 Há experimentos e/ou atividades de exploração?	O planejamento deve indicar se os experimentos serão manuseados pelos estudantes ou pelo professor (experimentação demonstrativa). Atividades de exploração envolvem leitura investigativa de textos como notícias, jornais, artigos, entre outros.
C – Quanto à análise de dados	C.1 Há previsão da organização e estímulo ao registro dos dados?	Envolve a organização do espaço da investigação, definição de grupos em termos de quantidade de alunos e o tempo disponível para a investigação. O professor deve estimular que os alunos utilizem gráficos, tabelas e outras formas de organização dos dados.
	C.2 Há previsão de incentivo aos alunos na identificação de padrões e na análise dos dados?	A SEI deve indicar que umas das ações do professor é auxiliar os estudantes na identificação de padrões e como analisar os dados (experimentais ou não). Isso tem que ocorrer de forma a não fornecer as respostas para as perguntas de investigação.
	C.3 Prevê o incentivo ao desenvolvimento das conclusões tomando como base os dados coletados (experimentais ou não)?	Cabe ao professor fazer perguntas para que os alunos justifiquem seus resultados à luz dos conceitos científicos envolvidos na temática da investigação.
D – Incentivo ao trabalho colaborativo	D.1 A proposta traz no seu planejamento o incentivo ao trabalho em grupo?	Esse elemento ficará evidente quando a proposta de SEI indicar que todos os alunos dos grupos devem participar da investigação, trabalhando em conjunto para a solução das perguntas.
	D.2 Há previsão para a discussão oral das conclusões da investigação?	Assim como em uma pesquisa científica, a SEI deve indicar que no final das atividades propostas os alunos deverão comunicar seus resultados por meio da comunicação oral.

Quadro 1 – Ferramenta para análise de propostas de Sequências Investigativas
(conclusão)

Etapas	Elementos	Comentários
E – Avaliação da aprendizagem	E.1 O planejamento indica estratégias e critérios claros quanto ao que será avaliado?	Na SEI, o docente deve explicitar quais estratégias irá utilizar para avaliar seus alunos.
	E.2 A avaliação contempla os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais?	Para respeitar os pressupostos do Ensino por Investigação, é necessário que a avaliação da aprendizagem seja do tipo formativa, em que desde o início da aplicação o professor precisa observar aspectos para além dos conteúdos conceituais. Por exemplo, deve ser levado em consideração o respeito aos colegas do grupo, ao professor e aos materiais disponíveis por ele para a investigação, assim como os procedimentos utilizados para a resolução das perguntas.

Fonte: autor (2023) com base em Pedaste *et al.* (2015), Carvalho (2013), Duschl (2003), Cardoso e Scarpa (2018).

Esse quadro reúne conceitos e etapas que devem ser levadas em consideração para a elaboração de sequências investigativas. Levamos em consideração essa ferramenta para desenvolver uma sequência investigativa envolvendo a temática circuitos elétricos.

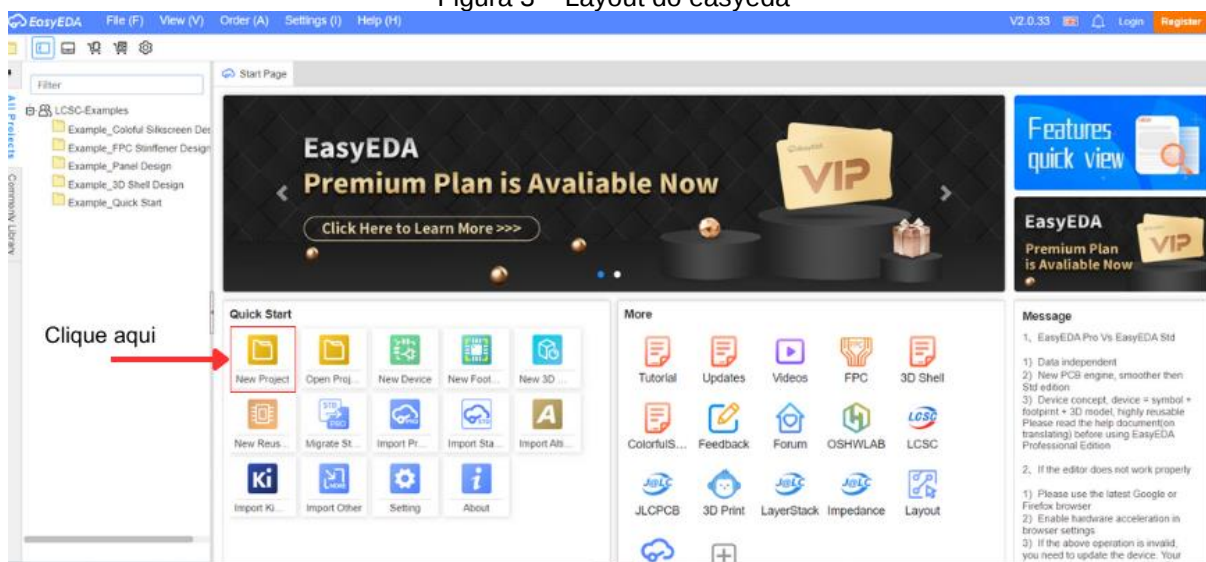
Ao desenvolvermos a SEI sobre circuitos elétricos tendo como dispositivo auxiliar um hardware com um microcontrolador para coletar os dados, pensamos nessa proposta para ser aplicada no 3º ano do Ensino Médio, na modalidade presencial. Entretanto, é possível adaptações para outras etapas da Educação básica ou até mesmo para o Ensino Superior, como nas aulas de Física Experimental.

3.3 INFORMAÇÕES SOBRE O PROJETO MICROLABINO

Pensamos em elaborar um projeto de placa de circuito impresso denominado MicroLabino, que consiste em um hardware capaz de sintetizar, em uma única placa, circuitos e sensores auxiliares com a finalidade de coletar dados. Nesse sentido, podemos automatizar diversos experimentos de Física, sendo necessário, para tal, um código de programação. Toda a concepção desse projeto foi esquematizada por meio de um software online e gratuito denominado *easyeda*².

A Figura 3 mostra a tela inicial do *easyeda* em que é necessário clicar em *New Project* para habilitar a área de montagem do esquemático elétrico.

Figura 3 – Layout do *easyeda*

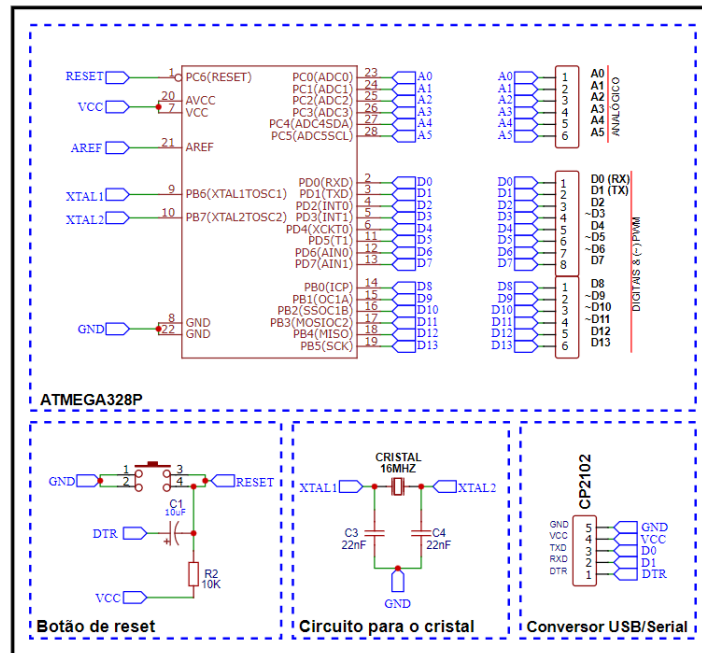


Fonte: Autor (2023).

Para criar um novo projeto é necessário fazer um login, depois disso o software ficará habilitado para edição e montagem de circuitos elétricos. A Figura 4 representa uma das partes do esquemático do MicroLabino.

² Acesso em: <https://pro.easyeda.com/editor>.

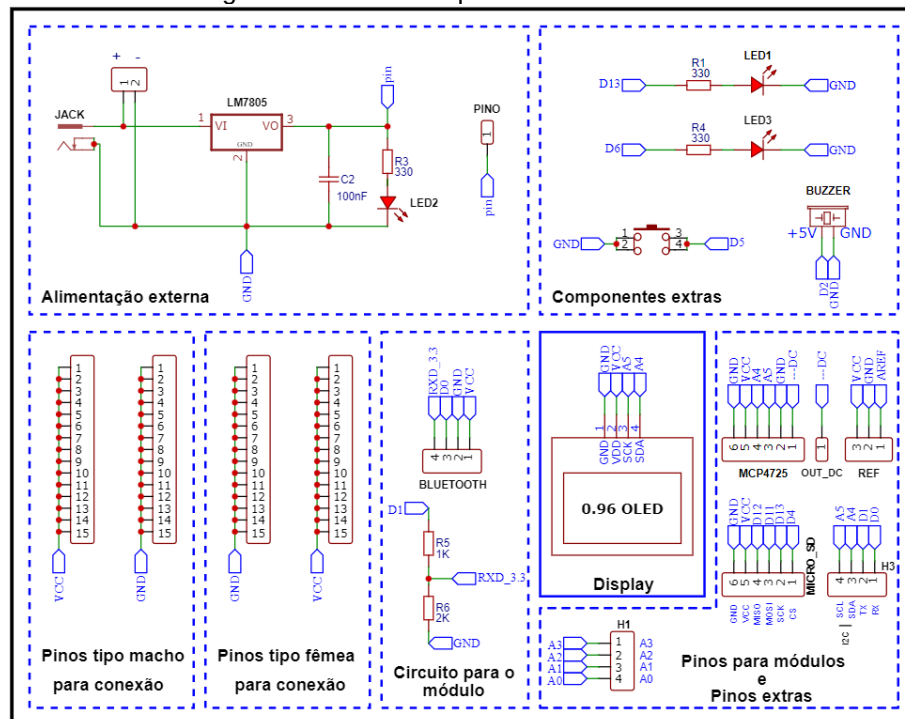
Figura 4 – Parte I esquemático do hardware



Fonte: Autor (2023).

O diagrama esquemático, Figura 4, representa todos os componentes e ligações elétricas necessárias para a fabricação da placa de circuito. A seguir, (Figura 5) está a segunda e última parte do diagrama elétrico.

Figura 5 – Parte II esquemático do hardware



Fonte: Autor (2023).

Organizamos esses diagramas de modo a facilitar a leitura e a montagem. Com isso, optamos por não utilizar linhas para fazer as ligações elétricas, uma vez que essa estratégia prejudicaria a interpretação. Assim, usamos *labels* (rótulos) por representarem as conexões elétricas, essas, por sua vez, estão com letras e/ou números para ajudar na identificação. É importante salientar que todos os componentes devem possuir coerência na denominação dos labels, caso contrário o software mostrará um erro.

No Anexo A encontra-se o circuito do Arduino UNO R3, no qual interpretamos as ligações e utilizamos poucos componentes para fazer com que o microcontrolador Atmega328p seja funcional. Boa parte do nosso esquemático (Figuras 4 e 5) foi pensada exclusivamente para este trabalho de TCC, contendo sensores e módulos essenciais para a coleta de dados em circuitos elétricos de baixa potência. A empresa Arduino disponibiliza o esquemático para os desenvolvedores que almejam produzir suas próprias placas, todavia, essa empresa proíbe o uso da marca Arduino.

O Arduino é um hardware *open source* (código aberto) em que, na versão UNO R3, possui o microcontrolador Atmega328p como componente principal. Com base no que dispõe McRoberts (2015), o Arduino é um dispositivo parecido com um pequeno computador no qual podemos programá-lo para processar entradas e saídas (digitais e analógicas) entre ele e componentes externos.

Ainda de acordo com esse autor, o Arduino pode ser programado por meio da linguagem C/C++. Para a gravação do código, é necessário utilizarmos o IDE³ (*Integrated Development Environment*) que significa Ambiente de Desenvolvimento Integrado, um software gratuito que pode ser facilmente instalado no computador. A Figura 6 mostra como iniciar o processo de instalação desse ambiente de desenvolvimento.

³ Para instalar o IDE acesse o seguinte link: <https://www.arduino.cc/en/software>.

Figura 6 – Página de download do IDE

Downloads

Clique na opção desejada



Arduino IDE 2.2.1

The new major release of the Arduino IDE is faster and even more powerful! In addition to a more modern editor and a more responsive interface it features autocompletion, code navigation, and even a live debugger.

For more details, please refer to the [Arduino IDE 2.0 documentation](#).

Nightly builds with the latest bugfixes are available through the section below.

SOURCE CODE

The Arduino IDE 2.0 is open source and its source code is hosted on [GitHub](#).

DOWNLOAD OPTIONS

- Windows** Win 10 and newer, 64 bits
- Windows** MSI installer
- Windows** ZIP file
- Linux** AppImage 64 bits (X86-64)
- Linux** ZIP file 64 bits (X86-64)
- macOS** Intel, 10.14: "Mojave" or newer, 64 bits
- macOS** Apple Silicon, 11: "Big Sur" or newer, 64 bits

[Release Notes](#)

Fonte: Autor (2023).

Para instalar o IDE, é necessário escolher o sistema operacional do computador, podendo ser Windows, Linux e macOS. Na Figura 5 escolhemos a primeira opção para demonstrar um exemplo. Depois de selecionar essa opção, abrirá uma nova janela (Figura 7) que irá perguntar se queremos contribuir com o projeto, caso não queira, é possível baixar o IDE de graça clicando na opção indicada na figura abaixo.

Figura 7 – Confirmação para baixar o IDE



Support the Arduino IDE

Since the release 1.x release in March 2015, the Arduino IDE has been downloaded **76.730.878** times — Impressive! Help its development with a donation.

\$3 \$5 \$10 \$25 \$50 Other

JUST DOWNLOAD **CONTRIBUTE & DOWNLOAD**

Clique aqui

Fonte: Autor (2023).

Depois disso, será iniciado o download. Para instalar esse software, é necessário clicar com o botão direito do mouse sobre o arquivo baixado e executá-lo como administrador. Além disso, é preciso seguir o passo a passo da instalação e esse processo é simples. Quando executamos o IDE temos um ambiente em que há duas funções nativas: *void setup* e *void loop*, como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Ambiente de Desenvolvimento Integrado



Fonte: Autor (2023).

A função *void setup* executa os comandos que estão entre chaves apenas uma única vez quando o código é compilado. É o local para definirmos as condições iniciais, como habilitar a comunicação serial, definir se as portas serão entradas ou saídas, entre outros. Já na função *void loop* é o local em que todo o código entre as chaves será executado indefinidamente, respeitando as condições de repetições. A Figura 9 traz um exemplo que é bastante comum para os iniciantes em programação de microcontroladores: o pisca LED.

Figura 9 – Exemplo de código pisca LED



Fonte: Autor (2023).

Esse código possui algumas instruções básicas, como `pinMode` (linha 3 da Figura 9) que define o pino e qual é o seu modo (saída é OUTPUT, entrada é INPUT); `digitalWrite` define se o pino irá enviar para o circuito externo 5 V (HIGH) ou 0 V (LOW); `delay (1000)` representa o tempo em milissegundos em que o microcontrolador irá aguardar para continuar executando as outras linhas de comandos. Portanto, esse código irá fazer com que o LED acenda e apague indefinidamente durante o intervalo de 1 segundo.

Para a montagem da placa de circuito responsável pela coleta de dados automatizados, é necessário termos os componentes elétricos listados na Tabela 2. Esses componentes estão com uma precificação média. Consultamos esses valores em sites para importação da China, no qual desconsideramos o valor do frete, visto que é uma variável que depende da localidade do envio. É possível comprar em lojas físicas, mas o custo aumentará consideravelmente. Nesse sentido, o preço desses componentes ficou orçado em R\$ 40,49, o que representa um baixo custo.

Tabela 2 – Componentes e preços para a montagem da placa de circuito

(continua)

Referência	Componente	Preço Médio
JACK	Conector de alimentação do tipo Jack	R\$ 0,50
LM7805	Regulador de tensão (5 V)	R\$ 1,00
CRIST-16MHZ	Oscilador cristal de quartzo	R\$ 0,45
KF301	Conector de alimentação externa com duas entradas	R\$ 0,50
BUZZER	Buzzer ativo	R\$ 1,50
OLED 0.96	Display OLED 128x64	R\$ 8,08
BUTTON; RESET	2 Botões de pressão	R\$ 0,48
MICRO_SD; BLUETOOTH; ANALOG; I2C; PIN; BP-F; PINOS DIGITAIS & PWM; PINOS ANALOGICOS	São pinos head do tipo fêmea de 2,54 mm	R\$ 3,00

Tabela 2 – Componentes e preços para a montagem da placa de circuito

(conclusão)

Referência	Componente	Preço Médio
OUT_DC; VCC_FONTE; BP-M	São pinos head do tipo macho de 2,54 mm	R\$ 1,00
CP2102	Módulo conversor USB- UART	R\$ 4,97
MCP4725	conversor digital-analógico de 12 bit	R\$ 5,02
MINIPROTOBOARD	Mini matriz de contato de 170 furos	R\$ 5,19
ATMEGA328P	Microcontrolador	R\$ 5,00
R1; R3; R4	3 Resistores de 330R ¼ W	R\$ 0,60
R2	Resistor de 10K ¼ W	R\$ 0,20
R5	Resistor de 1K ¼ W	R\$ 0,20
R6	Resistor de 2K ¼ W	R\$ 0,20
LED1; LED2; LED3	3 Leds (5mm)	R\$ 1,50
C1	Capacitor eletrolítico 10 uF x 25 V	R\$ 0,50
C2	Capacitor cerâmico de 100 nF	R\$ 0,20
C3; C4	2 Capacitores cerâmicos de 22 nF	R\$ 0,40
Total		R\$ 40,49

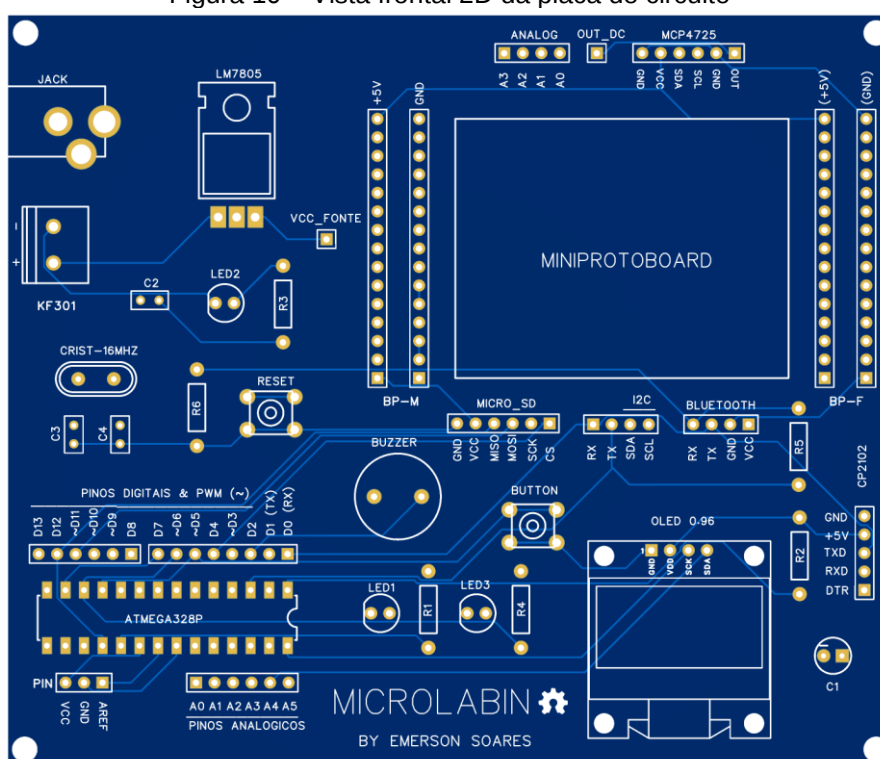
Fonte: Autor (2023).

Além disso, o custo para a fabricação da placa de circuito dependerá da empresa escolhida. Sugerimos a JLCPCB, empresa chinesa que tem baixo custo de produção. Fizemos uma simulação em setembro de 2023 no qual adicionamos o

arquivo Gerber⁴. Com isso, para 10 placas, o custo de produção foi de \$14,92. O valor com a opção de frete mais barato (considerando o envio para a cidade de Caruaru/PE) ficou em \$29,13 que equivale a R\$ 146,60 – considerando a cotação do Dólar americano em R\$ 5,03. Assim, o preço por placa ficou em R\$ 14,66.

Considerando o preço médio total dos componentes (R\$ 40,49) e o valor por placa, o gasto para a sua fabricação e montagem é de R\$ 55,15. A Figura 10 mostra a parte frontal da placa de circuito em formato 2D, montada por meio do software *easyeda*.

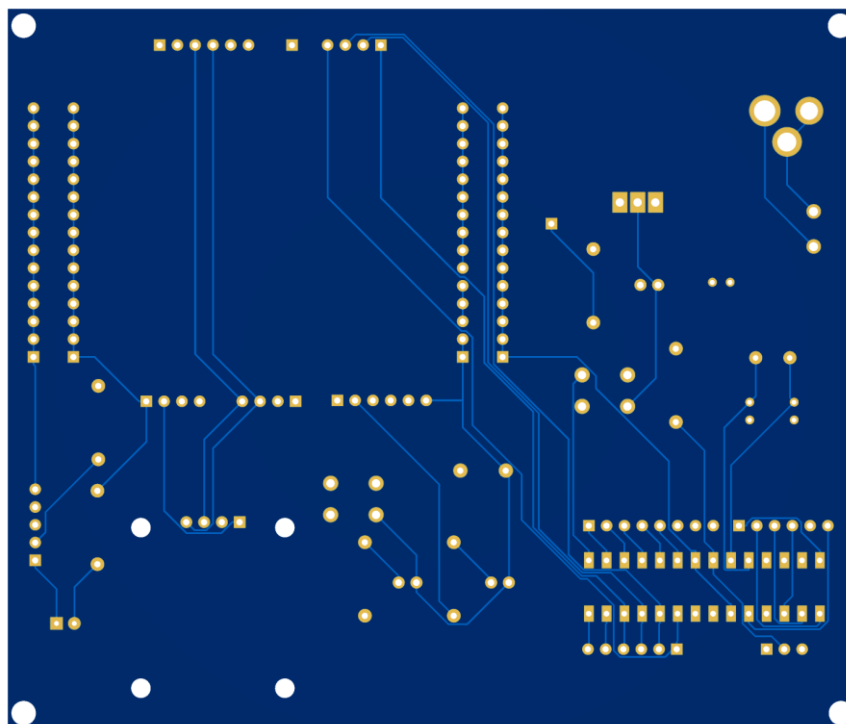
Figura 10 – Vista frontal 2D da placa de circuito



Fonte: Autor (2023).

⁴ O arquivo Gerber é um ZIP que contém todas as informações técnicas para que uma empresa produza a placa de circuito. É importante salientar que esse projeto é de livre acesso, porém, apenas para fins educacionais, **sendo proibido qualquer prática comercial sem a nossa autorização**. Acesso aos arquivos do projeto: <https://drive.google.com/drive/folders/1348OgFhfgYy3tdHcxGefhoimoCw9znwZ>. Para mais informações e dúvidas envie uma mensagem para microlabino@gmail.com.

Figura 11 – Vista posterior 2 D da placa de circuito



Fonte: Autor (2023).

Nas Figuras 10 e 11 é possível perceber todos os detalhes quanto a identificação das posições dos componentes elétricos, assim como na parte superior e inferior das trilhas elétricas que conectam esses dispositivos. O *easyeda* possui uma funcionalidade que é a representação em 3D da placa, a partir da 2D. Entretanto, esse modo de exibição precisa ser ajustado quanto ao tamanho e posição dos dispositivos, que são, na maior parte, fornecidos pela própria biblioteca presente no *easyeda*. Caso não tenha o 3D do componente, é necessário desenhar em um software de edição gráfica. A Figura 12 mostra o resultado final em 3D do projeto MicroLabino.

ANALOG OUT DC MCP4725

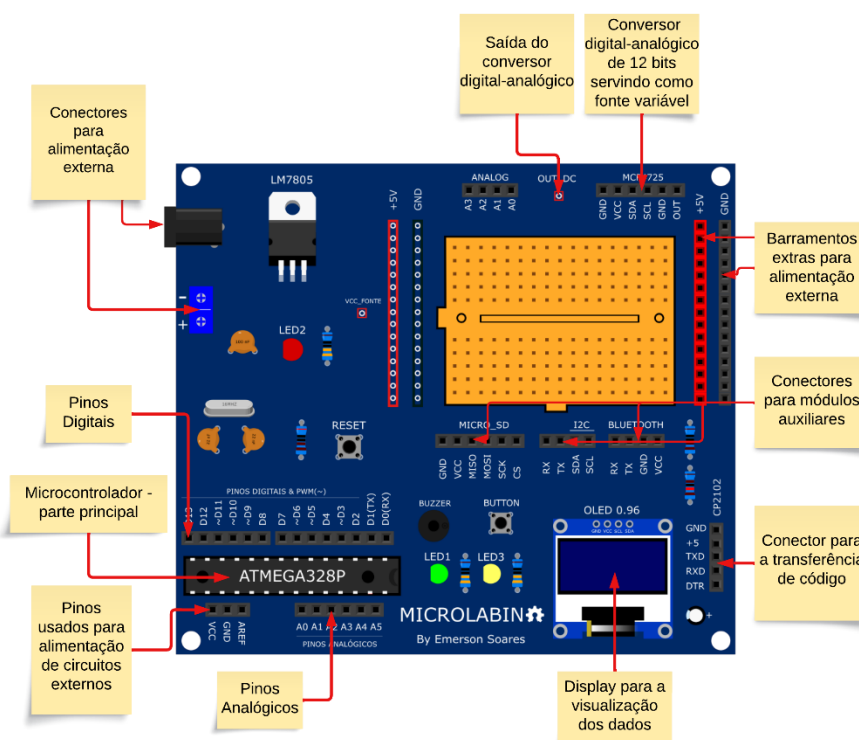
Com o auxílio de um computador ou um celular, define-se uma tensão na faixa de 0 V a 5 V e coletamos os valores do potencial elétrico (e não diferença de potencial) em cada ponto do circuito por meio de umas das portas analógicas previamente configuradas para tal. Esse potencial é exibido no display da placa. Circuitos resistivos mais desafiadores, como os que possuem propriedades simétricas, podem ser objetos de investigação. Um exemplo desse tipo de circuito é a ponte de *Wheatstone*, em que dado 3 resistores conhecidos podemos calcular o valor de outro desconhecido. Algumas características do MicroLabino:

Com o auxílio de um computador ou um celular, define-se uma tensão na faixa de 0 V a 5 V e coletamos os valores do potencial elétrico (e não diferença de potencial) em cada ponto do circuito por meio de umas das portas analógicas previamente configuradas para tal. Esse potencial é exibido no display da placa. Circuitos resistivos mais desafiadores, como os que possuem propriedades simétricas, podem ser objetos de investigação. Um exemplo desse tipo de circuito é a ponte de *Wheatstone*, em que dado 3 resistores conhecidos podemos calcular o valor de outro desconhecido. Algumas características do MicroLabino:

- Contém barramento para comunicação *bluetooth* e para cartão de memória, para salvar os dados coletados se assim for necessário;
- Possui barramentos de alimentação extra do tipo macho e fêmea (5V e 0V), que são fundamentais para evitar, em projetos maiores, o mal contato entre as ligações;
- Tem uma mini *protoboard* incluída para facilitar nas ligações dos circuitos que estão sob análise;
- Contém um display *Oled* para a visualização dos dados além de LEDs e um Buzzer que podem ser usados para incrementar algum projeto ou até mesmo para estudar programação;
- O Arduino possui apenas o conversor analógico-digital. Já o MicroLabino, além do conversor analógico-digital contém o digital-analógico que é responsável por variar uma tensão entre 0 e 5V definida automaticamente a partir do código de programação.

A seguir, Figura 13, apresentamos um desenho do MicroLabino em que adicionamos mais informações sobre essa placa por meio de indicações por setas e caixas de textos.

Figura 13 – Características gerais do MicroLabino



Fonte: Autor (2023).

Pensamos nesse projeto para facilitar o docente na proposição de sequências investigativas. Por meio da experimentação microcontrolada, o professor pode reduzir consideravelmente o tempo para a coleta de dados, uma vez que outros aspectos relacionados à investigação podem ganhar destaque, como elaborar hipóteses, coletar e interpretar os dados e refletir sobre eles à luz das evidências.

No próximo capítulo propomos a SEI sobre circuitos elétricos e apresentamos a validação do projeto de hardware.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, apresentamos três seções. A primeira trata sobre a construção da sequência de ensino. Na segunda tratamos da análise dessa sequência por meio de uma ferramenta elaborada pelos autores do referencial teórico. Por fim, na última seção, indicamos a validação do projeto MicroLabino, indicando que os dados coletados são coerentes com a teoria.

4.1 A PROPOSTA DA SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA SOBRE CIRCUITOS ELÉTRICOS

A seguir, Quadro 2, destacamos a organização da sequência investigativa.

Quadro 2 – Esquematização da Sequência Investigativa

(continua)

Sequência de Ensino Investigativa sobre Circuitos elétricos	
Área do conhecimento: Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Componente Curricular: Física
Série: 3º ano Ensino Médio	Professor: Emerson Soares
Competências Gerais da BNCC: Competência 2 – Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas; Competência 7 – Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões [...].	
Competência específica da área Competência 3 – Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).	

Quadro 2 – Esquematização da Sequência Investigativa

(continua)

Habilidades da Área			
(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. (EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.			
Recursos necessários:			
MicroLabino; Notebook ou celular; cabo OTG (caso utilize o celular); resistores $\frac{1}{4}$ W com resistências variadas; LEDs com cores variadas; lâmpadas incandescentes de 6 V; <i>push buttons</i> (botão de pressão); matriz de contatos, baterias de 9 V e conectores elétricos (jumpers). Outros recursos comumente utilizados são: papel, caneta, lápis de quadro e projetor de slide.			
Momento Didático Investigativo (MDI)	Objetivos	Atividades	Duração
Primeiro contato com o MicroLabino	Explicar o funcionamento do MicroLabino	Antes de iniciar de fato a investigação, é necessário que o professor reserve 1 aula a fim de explicar para que serve e como utilizar o MicroLabino. O manuseio cauteloso desse hardware precisa ser evidenciado pelo professor. Use o exemplo do pisca-LED (Apêndice C).	50 min

Quadro 2 – Esquematização da Sequência Investigativa

(continua)

Momento Didático Investigativo (MDI)	Objetivos	Atividades	Duração
1º MDI	Apresentar a proposta investigativa aos alunos; Compreender a primeira lei de Ohm como uma das mais importantes da eletricidade; Analisar as curvas características de resistores e LEDs.	Nesse momento, o professor deve apresentar aos alunos a proposta de sequência investigativa sobre circuitos elétricos. É necessário, também, que ele utilize meios para conhecer os conhecimentos prévios. Perguntas como: o que você compreende quando ouve a palavra resistor? Você sabe o que é tensão e corrente elétrica? Além disso, a partir desse 1º Momento Didático Investigativo, o professor deve iniciar a aula utilizando problemas ou uma situação-problema para motivar os estudantes e criar um ambiente investigativo em sala de aula. É nesse momento que os alunos vão utilizar o MicroLabino para coletar dados em circuitos montados por eles.	Duas aulas de 50 min (ideal que sejam seguidas)

Quadro 2 – Esquematização da Sequência Investigativa

(conclusão)

Momento Didático Investigativo (MDI)	Objetivos	Atividades	Duração
2º MDI	Analisar circuitos elétricos com resistores associados de maneiras distintas; Analisar circuitos elétricos com resistores, lâmpadas e <i>push buttons</i>; Compreender o papel da corrente elétrica no brilho das lâmpadas incandescentes.	O segundo Momento Didático Investigativo envolve o entendimento do que é um circuito elétrico; como podemos associar os resistores e quais as suas vantagens e desvantagens; como montar circuitos mais complexos utilizando resistores, lâmpadas e <i>push buttons</i>; análise do brilho de lâmpadas incandescentes associadas em série, paralelo e mistas. Cabe ao professor elaborar perguntas para que ocorra a passagem das ações manipulativas (experimentos) para as ações intelectuais (aprendizagens).	Duas aulas de 50 min
3º MDI	Socializar as conclusões das atividades propostas nos Momentos Didáticos Investigativos; Sintetizar o conhecimento produzido.	O último Momento Investigativo será dedicado à socialização dos resultados dos outros dois momentos. Além disso, é o momento responsável por sistematizar todos os conceitos mobilizados nas atividades.	50 min

Essa proposta de SEI foi estruturada para melhor atender as nossas expectativas diante da abordagem do Ensino de Ciências por Investigação. Entretanto, cabe salientar que a aplicação dessa sequência dependerá do contexto em que a escola, o professor e os alunos estão inseridos. Portanto, desde que o caráter investigativo seja respeitado, é possível e necessário a adaptação desses Momentos Didáticos Investigativos diante dos diferentes contextos educacionais.

Fonte: Autor (2023).

4.1.1 Descrição das atividades

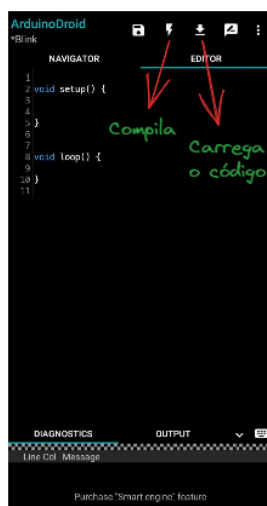
➤ Primeiro contato com o MicroLabino

Para a realização das atividades propostas nos Momentos Didáticos Investigativos (MDI), será necessário a apresentação do MicroLabino aos alunos. Com esse dispositivo, os estudantes terão a oportunidade de fazer medidas de potencial elétrico (é possível calcular a diferença de potencial entre os terminais do LED e do resistor) e de corrente elétrica de maneira indireta, sabendo o valor da resistência de um resistor e a diferença de potencial entre seus terminais.

Deve ser reservada uma hora aula (50 minutos) para que os alunos se familiarizem com essa nova ferramenta, visto que pode ser a primeira vez no qual eles terão contato mais profundo com uma tecnologia microcontrolada. Essa orientação servirá para aplicações futuras, porque com o MicroLabino podemos, fazendo as adaptações, abordar vários conteúdos curriculares da Física.

Cabe destacar que o ideal seria que os grupos de alunos tivessem um computador ou notebook disponível para utilizá-lo nas atividades. Felizmente, há aplicativos disponíveis na *Play Store* em que é possível utilizar o celular com o MicroLabino. Nessa perspectiva, o docente deve indicar o nome do aplicativo escolhido. O nome de um dos aplicativos possíveis é *ArduinoDroid*, disponível gratuitamente na *Play Store* (para celular Android). Apresentamos, na Figura 14, o *layout* desse aplicativo.

Figura 14 – Visão geral do ArduinoDroid

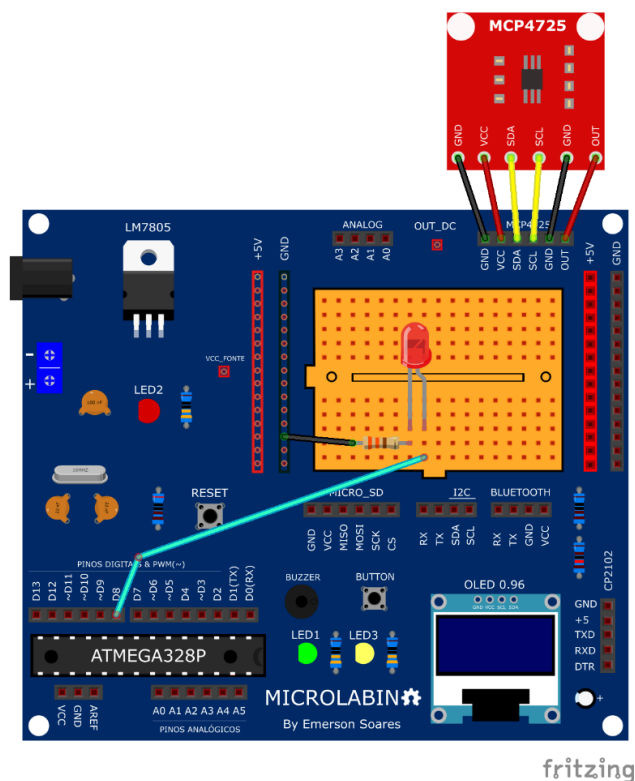


Fonte: Autor (2023).

Para conectar o celular com o MicroLabino, é necessário utilizar um cabo OTG (*On The Go*, adaptador de celular para entrada USB) em que de um lado tem o conector parecido com o do carregador do celular e do outro tem o conector para a entrada USB). Além disso, é ideal utilizar uma fonte externa (pode ser uma bateria de 9 V) conectada ao MicroLabino, haja vista que a corrente que o celular fornece é baixa. Essa fonte tem que estar entre 7 V e 12 V, passando desse limite o microcontrolador irá queimar.

Diante dessas informações, é preferível que o exemplo utilizado na aula seja o pisca-LED, por ter um código simples. Nesse momento, cabe ao professor explicar a lógica do programa apresentado no Apêndice C, tomando o cuidado para não fornecer informações técnicas da programação, porque isso não é o foco da nossa SEI; os estudantes irão copiar os códigos dos Apêndices A e B, que já contém toda a programação necessária para medir a tensão, corrente e, no caso do Apêndice B, exibir o potencial elétrico medido pelas portas analógicas A0 e A1. A Figura 15 representa as ligações que os estudantes devem fazer.

Figura 15 – Exemplo pisca-LED



Fonte: Autor (2023).

Nesse esquema, é possível perceber que o LED está conectado na porta digital 8. Ela vai fornecer 5 V ao circuito, por isso, é necessário utilizar um resistor de pelo menos $150\ \Omega$ para limitar a corrente elétrica que atravessa esse componente, que não pode exceder 20 mA. Não cabe ao professor entrar em muitos detalhes da Física envolvida nesse exemplo, porque isso está previsto nos Momentos Didáticos Investigativos. Ao carregar o código, presente no Apêndice C, os alunos vão controlar a frequência com que o LED ficará acendendo e apagando, mudando o valor do *delay*. Portanto, com essas informações e esse exemplo, os estudantes terão os requisitos mínimos para utilizar o MicroLabino como recurso auxiliar na tomada dos dados.

➤ 1º Momento Didático Investigativo (1º MDI)

Para o primeiro MDI, o professor deve comunicar aos alunos que irá iniciar uma sequência de aulas em que adotará a abordagem didática investigativa. Comente que eles deverão utilizar o MicroLabino como instrumento de medida que será essencial para responderem às perguntas da investigação. É importante, também, explicar como irá acontecer as avaliações. A seguir, sugerimos um caminho possível que serve para todos os Momentos didáticos:

- (1) A avaliação deverá acontecer já no início da apresentação da situação problema, no qual o professor deve observar e, se possível, registrar se os estudantes estão engajados na atividade;
- (2) Durante a investigação também cabe ao professor analisar aspectos relacionados aos conteúdos procedimentais. Por exemplo, os alunos estão manuseando o MicroLabino corretamente? Estão conseguindo medir as tensões e correntes em um circuito resistivo? Estão registrando os dados e os passos que estão dando para a resolução da situação de investigação?
- (3) Para a avaliação dos conteúdos atitudinais, é necessário que o professor: analise se os alunos estão cooperando entre si durante a investigação; analise se há respeito entre os alunos e aos materiais disponíveis para a investigação e, por meio de uma autoavaliação, identificar, na perspectiva do aluno, o desempenho individual e coletivo;
- (4) A avaliação dos conteúdos conceituais é a mais evidente, uma vez que para a resolução dos problemas os alunos terão que mobilizar conceitos. Sugerimos,

assim, que além do professor avaliar as explicações durante a etapa da socialização do conhecimento, também peça para que seja entregue um relatório com todos os registros e informações que foram úteis para elaborar as conclusões.

Ainda sem adentrar na situação problema do 1º MDI, sugerimos, também outras orientações para a aplicação da nossa SEI, a saber:

- (I) Para que a investigação seja conduzida de forma colaborativa, é essencial que o professor crie uma dinâmica em grupo, nos termos de organização didática;
- (II) Considerando uma turma média de 40 estudantes, sugerimos dividi-los em oito grupos de cinco pessoas, com as seguintes denominações: Grupo I, Grupo II, Grupo III, Grupo IV e Grupo V. Cada grupo elege um representante para apresentar, oralmente, as conclusões das atividades propostas nos Momentos Didáticos Investigativos. Isso serve para não tumultuar as discussões, porém, vale salientar que os colegas do grupo poderão dar suporte ao representante. Em um grupo com mais de cinco pessoas fica difícil o gerenciamento das atividades, tendo em vista que há poucas aulas de Física por semana;
- (III) A cooperação entre os integrantes do grupo, bem como o comprometimento dos estudantes em relação às atividades, são fundamentais para que a SEI tenha êxito;
- (IV) Durante todo o processo de investigação, o professor deve ficar atento aos acontecimentos, registrando situações em que o ajudará nas avaliações procedimentais e atitudinais;
- (V) Cabe ao professor auxiliar os estudantes que podem ter alguma dificuldade na condução da investigação, desde que essa interação não indique as respostas das perguntas. Nesse sentido, o professor pode envolver os estudantes na elaboração de hipóteses, fazendo perguntas objetivas para que eles consigam dar sentido à investigação.

A seguir, indicamos como é possível envolver os alunos em uma atividade investigativa sobre a primeira lei de Ohm.

Estudando a linearidade dos componentes elétricos: resistor, LED e lâmpada incandescente

Nessa atividade, os estudantes terão a oportunidade de estudar as curvas características (curva resultante do gráfico $V \times i$), uma vez que ela nos permite analisar o comportamento de um componente elétrico quando está submetido a uma variação da diferença de potencial (tensão elétrica).

Materiais necessários: MicroLabino, computador ou celular, LEDs, lâmpadas incandescentes, fios e resistores variados.

➤ Contextualização

Josué é um jovem estudante de escola pública e está no 3º ano do ensino médio. Ele é um curioso que desde criança queria saber como as coisas em sua volta funcionavam. Um dia após o professor de Física dar aula sobre corrente elétrica ele montou, em sua casa, um circuito simples contendo um resistor retirado de uma placa de circuito. Com o auxílio de uma fonte de alimentação variável e um instrumento que mede tensão e corrente elétrica, ele ajustou, inicialmente, a fonte de tensão para 3 V e mediu uma corrente de 9,1 mA. Josué aumentou a tensão para 5 V e percebeu que a corrente foi para 15, 2 mA. Curioso, ele decidiu fazer várias medidas de corrente elétrica, variando a tensão e anotando esses resultados em seu caderno. Ele repetiu esse mesmo processo com o LED e também registrou os dados. Com esses dados organizados, ele construiu gráficos para analisar o comportamento da tensão e corrente elétrica desses componentes. Diante disso, Josué queria saber para que serve um resistor, qual seu comportamento diante da mudança de tensão e a sua importância para a vida moderna, já que ele é utilizado em quase todos os circuitos que compõem os aparelhos eletrônicos como celulares e computadores, assim como os eletrodomésticos.

Tomando para si essa curiosidade de Josué, responda:

- (1) Qual o comportamento dos resistores, LEDs e da lâmpada quando são submetidos a uma variação da tensão? Elabore uma proposta experimental utilizando o MicroLabino para demonstrar esses comportamentos, deixando explícito as suas hipóteses;

- (2) A partir dos dados obtidos, elabore gráficos e identifique se existe alguma constante de proporcionalidade, se sim, qual seu valor e porque foi possível determiná-la, caso contrário justifique do mesmo jeito;
- (3) É possível, por meio do entendimento dos comportamentos desses componentes elétricos, fazer alguma generalização? Justifique.

Com essa contextualização, o docente pode estimular a curiosidade dos estudantes, além de identificar seus conhecimentos prévios por meio de perguntas como: o que vocês acham que Josué concluiu? O comportamento observado no LED é igual ao observado no resistor? Essa ação do professor deverá ocorrer antes da apresentação dessas três perguntas.

Espera-se, com isso, que os alunos consigam identificar que há diferença no comportamento dos resistores e LEDs. Na seção 4.3, indicamos por meio de gráficos como são esses comportamentos. Para o resistor, o gráfico é uma reta e a sua inclinação determina uma grandeza denominada de resistência elétrica. Nesse caso, podemos dizer que o resistor obedece a primeira lei de Ohm, que qualitativamente diz que a corrente que atravessa um condutor é diretamente proporcional a tensão aplicada sobre ele, tendo a resistência elétrica como uma constante de proporcionalidade, desde que esse condutor tenha a sua temperatura constante. Quantitativamente isso quer dizer que:

$$R = \frac{U}{i}$$

R é a resistência cuja unidade é Ω

U é a tensão medida em V

i é a corrente elétrica medida em A.

Já para o LED, essa linearidade não é observada, sendo classificado como não ôhmico. Assim, a primeira lei de Ohm não é uma lei fundamental, apenas classifica os materiais em ôhmicos e não ôhmicos. Essa equação da resistência é válida para qualquer condutor; para os ôhmicos, a resistência não muda quando variamos a tensão (situação ideal, já que na realidade há pequenas variações) e para os não ôhmicos a resistência é diferente em cada variação de tensão.

➤ 2º Momento Didático Investigativo (2º MDI)

As orientações explicitadas no 1º MDI servem para este segundo momento. As atividades que sugerimos neste momento estão relacionadas aos conceitos de elementos de circuito, associação de resistores e diferença no brilho das lâmpadas. A seguir, indicamos a primeira atividade.

Entendendo as diferentes formas de associação de resistores

Materiais necessários: MicroLabino, computador ou celular, lâmpadas incandescentes, fios e resistores variados.

➤ Contextualização

Fátima e seu pai, Antônio, estavam animados montando uma árvore de Natal. Ao ligá-la, Fátima percebeu que as lâmpadas verdes do pisca-pisca não estavam acendendo e falou para o seu pai.

Fátima: pai, por qual motivo as lâmpadas verdes não estão funcionando?

Seu pai respondeu:

Antônio: deve ter ocorrido algum curto-circuito e todas as lâmpadas queimaram, porém, estranhamente as outras continuam acesas.

Fátima analisa o pisca-pisca e observa que apenas uma lâmpada está queimada.

- (1) Como você representaria essa situação em um circuito simples contendo as lâmpadas incandescentes? Elabore as hipóteses e os esquemas nos quais essas lâmpadas podem ser associadas;
- (2) Por que as outras lâmpadas verdes não acendem? Justifique usando o circuito;

- (3) Colete dados de tensão elétrica e corrente e argumente, à luz dos conceitos, como Fátima e Antônio podem solucionar esse problema sem ter que comprar outro pisca-pisca.

Nessa atividade fica evidente que o circuito em questão é uma associação em série. Se uma lâmpada deixar de funcionar, por exemplo, quando está queimada, o circuito ficará aberto e não haverá corrente elétrica, fazendo com que as lâmpadas fiquem apagadas.

Aqui, uma ação que o professor pode promover é que, quando os grupos montarem esse sistema, peça para que substituam as lâmpadas pela mesma quantidade de resistores. Devem utilizar o código do Apêndice A para coletar tensões e correntes. Utilizando o gráfico, é possível determinar a resistência equivalente dessa associação. Feito isso, o professor deve questionar se é possível determinar a resistência dessa associação apenas conhecendo os valores individuais das resistências.

Essa ação visa fazer com que os estudantes entendam que em uma associação em série a resistência equivalente é definida pela soma das resistências individuais. Além disso, deve ficar evidente que em circuitos residenciais esse tipo de associação tem a desvantagem de que se um dispositivo conectado na rede elétrica deixar de funcionar, todos os outros também não funcionarão. Além disso, o custo energético seria alto, no sentido de que ao ligar um eletrodoméstico, todos os outros iriam ligar. Assim, sugira que os alunos utilizem uma associação em paralelo e peça para que investiguem as suas características, da mesma forma como foi realizado na associação em série. A seguir, indicamos uma atividade no qual é possível utilizar *push buttons* para controlar partes de um circuito.

Analisando o brilho das lâmpadas em um circuito contendo *push buttons*

Materiais necessários: MicroLabino, computador ou celular, lâmpadas incandescentes, fios e *push buttons*.

➤ Contextualização

Roberta é dona de uma granja. Ela tem dois botões e três lâmpadas incandescentes iguais que devem iluminar três compartimentos diferentes. A lâmpada I está associada ao compartimento I, a lâmpada II está associada ao compartimento II e assim por diante. Roberta tem uma distribuição diferente de frangos de acordo com o compartimento, de modo que o compartimento I e II possui frangos em fase de crescimento, necessitando de mais alimentação pela madrugada. Já no compartimento III, os frangos estão prontos para o abate, necessitando de pouca alimentação na madrugada. Ela deseja criar um circuito em que ao clicar no botão I apenas as lâmpadas dos compartimentos I e II fiquem ligadas e com o mesmo brilho e a lâmpada III fique desligada. Ao clicar no botão II, todas as lâmpadas irão ser ligadas, mas a lâmpada do compartimento III terá um brilho maior, enquanto que as lâmpadas dos outros compartimentos ficam com o mesmo brilho, porém menor. As galinhas vão se alimentar mais ou menos de acordo com o brilho dessas lâmpadas.

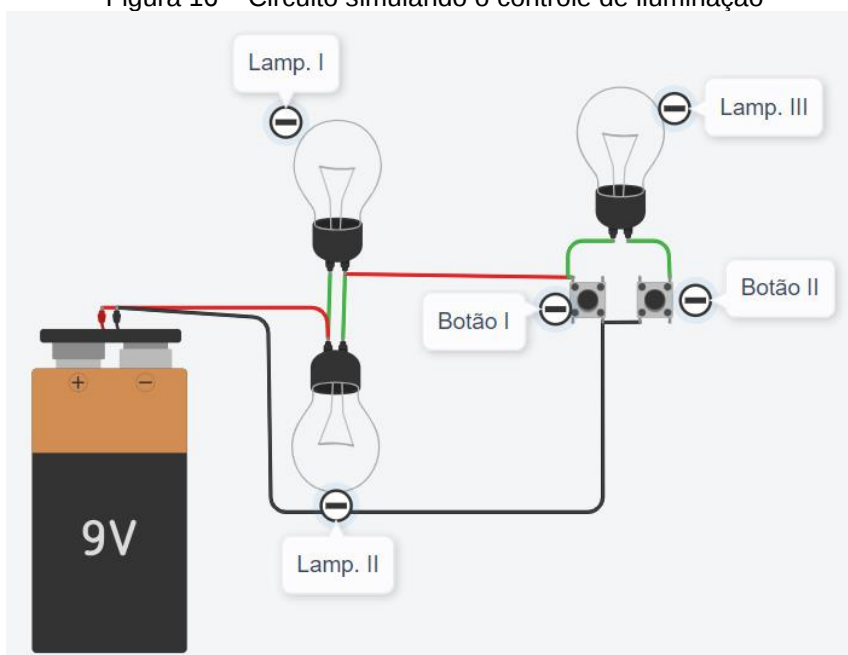
Diante dessa situação, mobilize seus conceitos sobre circuitos elétricos e monte um circuito que possui essas características descritas por Roberta.

Responda também:

Há relação entre o brilho das lâmpadas e as correntes que as atravessam? Justifique a sua resposta à luz dos conceitos científicos, utilizando argumentos teóricos e dados experimentais.

Nesta atividade, procuramos contextualizar com mais um exemplo prático de como os conhecimentos sobre circuitos elétricos e os componentes que os constituem são fundamentais para solucionar problemas modernos envolvendo a eletricidade. A seguir, na Figura 16, indicamos um circuito que simula essa situação. Lembrando que, no lugar da bateria, o estudante deve utilizar o MicroLabino como fonte.

Figura 16 – Circuito simulando o controle de iluminação



Fonte: Autor (2023).

A justificativa para a resolução dessa situação-problema envolve os conceitos de associação mista, controle de partes do circuito utilizando botões e análise do brilho. Para fins práticos, suponha que as lâmpadas são resistores iguais. É possível perceber que ao clicarmos no botão I o circuito que contém as lâmpadas I e II irá fechar, ficando com o mesmo brilho porque serão percorridos pela mesma corrente, já que admitimos que são resistores iguais. Ao clicarmos no botão II o circuito que irá se fechar contém todas as três lâmpadas, porém, como temos a lâmpada III conectada em série com as outras duas a corrente que a atravessa será maior. Essa mesma corrente será dividida pela metade, por isso o brilho das lâmpadas I e II continua o mesmo, porém com intensidade menor.

Nessa atividade, o professor deve estimular os alunos na utilização dos conhecimentos adquiridos anteriormente nas outras atividades. Além disso, estimule esses estudantes para que escrevam os passos dos procedimentos utilizados para a resolução da situação-problema. Isso será importante para a última etapa da sequência investigativa.

➤ 3º Momento Didático Investigativo (3º MDI)

Para encerrar a sequência investigativa, propomos que o terceiro momento didático seja utilizado para a sistematização dos conhecimentos adquiridos. Como isso pode ocorrer? Por meio das discussões dos grupos no momento da divulgação dos resultados das atividades, nos quais vão mobilizar vários conceitos para justificar os seus resultados. Além disso, o professor pode utilizar o livro didático ou até mesmo reservar alguns minutos para reforçar os conceitos.

Ainda sobre a sistematização, forneça por meio do projetor de slide o vídeo intitulado de Grandes Momentos da Ciência e Tecnologias – Georg Simon Ohm e a resistência elétrica⁵, do canal do YouTube *Pra Sempre Documentários*. É um vídeo curto, menos de 15 minutos que traz a persistência de Ohm para ser reconhecido como cientista. Se não houver tempo, inicie a próxima aula passando esse vídeo e lance a seguinte pergunta para seus alunos: *a fundamentação feita por Ohm descreve a verdade sobre o comportamento dos condutores quando eles são submetidos à uma diferença de potencial? O que você entende como verdade científica?*

Sugerimos a utilização de um simples questionário que deve ser respondido por cada aluno sobre a aplicação da sequência e qual a percepção deles quanto ao trabalho colaborativo. A seguir, destacamos algumas perguntas.

- (1) O uso do MicroLabino facilitou na sua compreensão sobre circuitos elétricos? Justifique sua resposta.
- (2) Você gostaria de aprender outros conceitos da Física utilizando o MicroLabino? Argumente a favor ou contra a sua utilização em sala de aula.
- (3) Cite vantagens e desvantagens (se houver) sobre a abordagem do Ensino de Ciências por Investigação? Você gostaria de mais atividades como as realizadas?
- (4) Como foi o trabalho em grupo durante toda a investigação? Comente se todos os colegas do seu grupo contribuíram para a resolução dos problemas. De 0 a

⁵ Acesse esse vídeo em: <https://youtu.be/elSVhJBRkxY?si=xDKrxLtsPs3R322b>.

5, qual nota você atribui para você? De 0 a 5, qual nota você dá para o trabalho colaborativo do seu grupo? Lembre-se de justificar essas notas.

(5) Você acredita que o momento de discussão e compartilhamento das conclusões favoreceu a sua aprendizagem sobre circuitos elétricos? Justifique.

A seguir, faremos alguns comentários sobre a ferramenta de validação da nossa proposta de sequência investigativa.

4.2 VALIDAÇÃO DA PROPOSTA

A ferramenta que elaboramos, com base na literatura, para analisar uma proposta de sequência investigativa está descrita no Quadro 1, presente na metodologia deste trabalho. Ela contém elementos que devem aparecer no planejamento dessas sequências.

Com base nela, observamos que todos os três Momentos Didáticos Investigativos contemplam uma questão de investigação para que os alunos sejam mobilizados na construção dos seus conhecimentos. Na descrição, sugerimos que o professor deve estimular a curiosidade, por esse motivo, contextualizamos as situações por meio de um pequeno texto elaborado por nós.

Ao longo da descrição, uma das ações do professor é dar espaço para que os estudantes elaborem suas hipóteses. Para os testes dessas hipóteses, foram definidos os materiais e alguns procedimentos para que os alunos iniciem a investigação. Palavras como “registre” e “justifique à luz dos conceitos” estão também presentes na SEI, evidenciando a etapa da análise de dados.

O incentivo ao trabalho colaborativo iniciou antes mesmo da investigação propriamente dita quando definimos algumas orientações gerais para a organização didática. Ademais, o 3º momento indica uma previsão para a discussão oral das conclusões, no qual o grupo elege um representante para a comunicação dos resultados.

Por fim, quanto à etapa da avaliação da aprendizagem, a nossa proposta deixa claro que as ações do professor devem ser voltadas para a avaliação dos conteúdos para além dos conhecimentos conceituais. As avaliações atitudinais, procedimentais e conceituais serão realizadas mediante registros do professor; comunicação oral dos

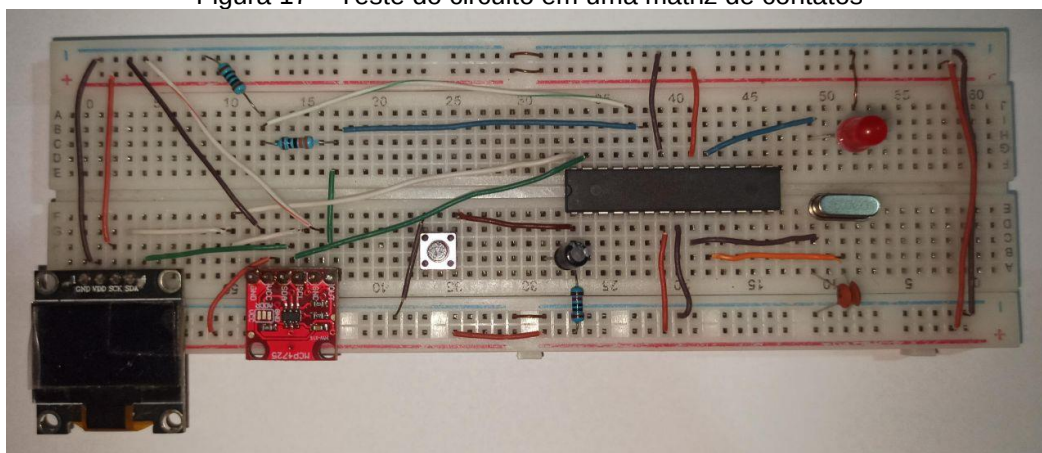
resultados; com perguntas para autoavaliação sobre a aplicação da SEI e registro escrito elaborado por cada grupo.

Dessa forma, a nossa proposta de SEI atende aos critérios estabelecidos pela ferramenta presente no Quadro 1, indicando que há elementos essenciais para o planejamento de sequências investigativas. Com essa ferramenta, é possível desenvolvermos sequências de ensino que sejam fundamentadas nos pressupostos do Ensino de Ciências por Investigação.

4.3 VALIDAÇÃO DO PROJETO DE HARDWARE

Mesmo sendo um projeto no qual, inicialmente, não objetivamos a fabricação da placa de circuito, montamos em uma matriz de contatos o MicroLabino para verificarmos se a proposição desse hardware seria coerente em termos de coleta de dados e analisar sua viabilidade por meio do nível de precisão. A Figura 17 apresenta o MicroLabino, em uma versão simplificada, em uma montagem provisória, visto que a confecção dessa placa ficará para trabalhos futuros.

Figura 17 – Teste do circuito em uma matriz de contatos

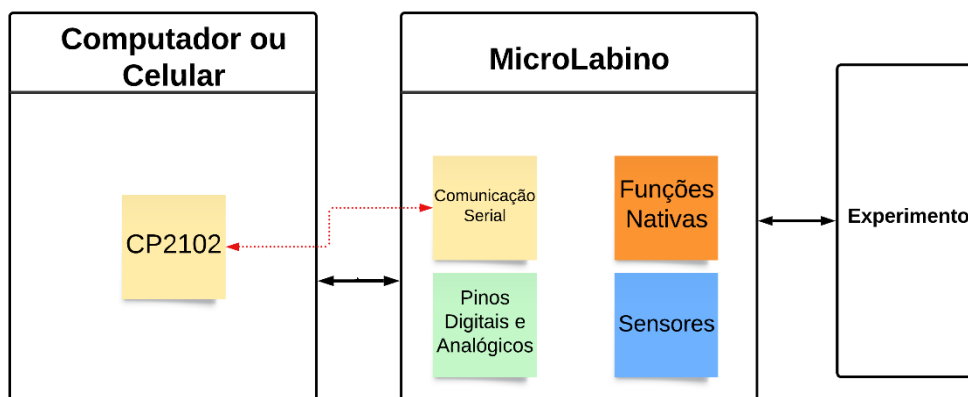


Fonte: Autor (2023).

Esse circuito possui o microcontrolador Atmega328p e outros componentes básicos para o seu funcionamento. Para gravar um código nele é preciso utilizar o módulo conversor cp2102 em que seu terminal DTR deve estar conectado ao terminal negativo do capacitor eletrolítico. Além disso, contém um display para exibir dados lidos pelas portas analógicas e um conversor digital-analógico MCP4725 com resolução de 12 bits.

A Figura 18 representa uma simplificação dos processos envolvidos na automatização experimental. Para a coleta de dados, é necessário um dispositivo (computador ou celular); o MicroLabino e o experimento que será objeto de estudo. A comunicação do tipo Serial entre a placa de circuito e o computador se dá por meio do módulo CP2102, em que podemos enviar dados de sensores para o computador ou enviar comandos do computador para a placa. Esse recebimento ou envio acontece por meio dos pinos digitais ou analógicos, que são controlados a partir das funções nativas contidas no IDE do Arduino (software para envio de código). Consequente, é por meio das portas analógicas que os dados de correntes e tensões em um circuito são enviados para o computador ou celular.

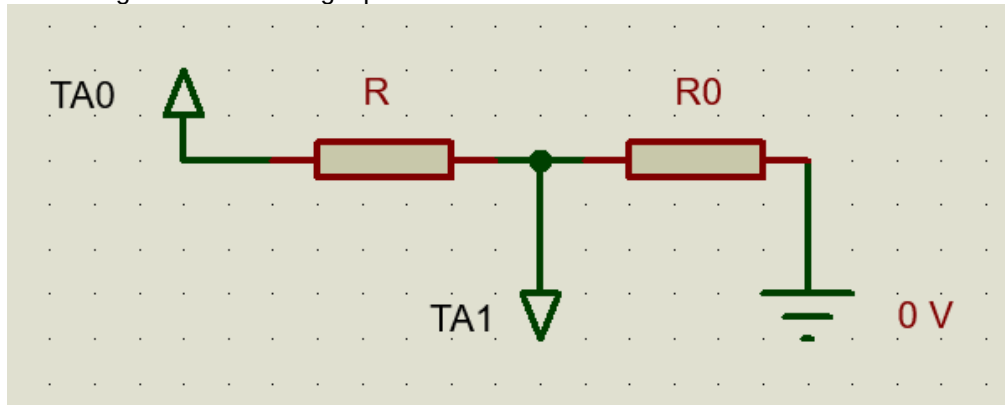
Figura 18 – Representação do processo de envio e recebimento de dados



Fonte: Autor (2023).

Como a porta analógica, dada a devida transformação (consultar Apêndices A e B), coleta o potencial elétrico em um ponto do circuito – lembrando que esse valor não pode ultrapassar os 5 V, pois é uma limitação do hardware – então seria necessário o uso de algum módulo auxiliar para medir a corrente em um determinado ramo do circuito. Felizmente, utilizamos a seguinte estratégia: usar um resistor com valor de resistência conhecido e conectar um dos seus terminais na referência (0 V) e utilizar apenas duas portas analógicas para medir o potencial elétrico em dois pontos do circuito em série, como representado pela Figura 19.

Figura 19 – Estratégia para determinar a corrente elétrica em um ramo



Fonte: Autor (2023).

Essa estratégia é conhecida como divisor de tensão, em que temos um resistor R de resistência desconhecida conectado em série com um resistor R_0 de resistência conhecida, também denominado de resistência de referência, TA_0 e TA_1 são as tensões lidas pelas portas analógicas A_0 e A_1 , respectivamente. Logo, usando a primeira lei de Ohm, teremos:

$$\begin{aligned} T_{A0} - T_{A1} &= R \cdot i \\ R &= \frac{T_{A0} - T_{A1}}{i}. \end{aligned} \quad (4.1)$$

Para determinarmos a corrente elétrica é necessário, também, aplicarmos a primeira lei de Ohm, já que o resistor de referência é ôhmico:

$$i = \frac{T_{A1}}{R_0}. \quad (4.2)$$

Como essa corrente i é a mesma que atravessa o resistor R , substituindo a equação (4.2) na equação (4.1) ficaremos com a seguinte expressão:

$$R = \frac{(T_{A0} - T_{A1}) \cdot R_0}{T_{A1}}. \quad (4.3)$$

Nessa equação (4.3) não há medida direta da corrente elétrica para a determinação da resistência desconhecida. No entanto, como podemos observar na Tabela 3, optamos por coletar dados da diferença de potencial, utilizando a diferença dos potenciais das portas analógicas A_0 e A_1 do MicroLabino, e os dados das correntes elétricas. O conversor digital-analógico MCP4725 varia a tensão elétrica,

com isso, pegamos a saída desse dispositivo e conectamos no ponto em que a porta analógica A0 estava fixada no circuito.

Por esse motivo, para o experimento da determinação de componentes ôhmicos e não- ôhmicos por meio da curva característica, não escolhemos determinar apenas a resistência por meio da equação (4.3) do divisor de tensão. Ilustramos a lógica por traz dos dados coletados na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados para análise da curva característica de resistores

(continua)

R1		R2		R3		R4		R5	
i (A)	U (V)	i (A)	U (V)	i (A)	U (V)	i (A)	U (V)	i (A)	U (V)
5E-4	0,06	3,5E-4	0,07	2,2E-4	0,09	1,4E-4	0,09	9E-5	0,1
0,0011	0,13	8,6E-4	0,15	5,4E-4	0,18	4,5E-4	0,19	2,9E-4	0,21
0,00175	0,18	0,00135	0,22	8,7E-4	0,27	7,3E-4	0,28	5E-4	0,31
0,00235	0,24	0,00185	0,29	0,00121	0,36	0,001	0,38	6,8E-4	0,41
0,00298	0,3	0,00232	0,37	0,00155	0,45	0,00129	0,47	8,9E-4	0,51
0,00362	0,37	0,00285	0,44	0,00189	0,54	0,00159	0,57	0,0011	0,61
0,00426	0,43	0,00335	0,52	0,00222	0,63	0,00188	0,66	0,00131	0,72
0,00487	0,49	0,00383	0,59	0,00255	0,72	0,00215	0,76	0,0015	0,82
0,00547	0,55	0,00432	0,66	0,00289	0,81	0,00244	0,85	0,00171	0,92
0,00611	0,61	0,00483	0,74	0,00323	0,9	0,00273	0,95	0,00193	1,03
0,00676	0,68	0,00534	0,82	0,00357	0,99	0,00303	1,04	0,00214	1,13
0,00737	0,74	0,00583	0,89	0,00391	1,08	0,00331	1,14	0,00234	1,23
0,00797	0,8	0,00631	0,96	0,00423	1,17	0,00358	1,23	0,00254	1,34
0,00861	0,86	0,00682	1,03	0,00456	1,26	0,00387	1,33	0,00274	1,44
0,00924	0,92	0,00731	1,11	0,00492	1,35	0,00416	1,42	0,00296	1,54
0,00988	0,98	0,00783	1,19	0,00527	1,44	0,00446	1,52	0,00316	1,65
0,01049	1,04	0,00828	1,26	0,00557	1,53	0,00472	1,61	0,00335	1,75
0,01109	1,1	0,00877	1,33	0,00591	1,62	0,00501	1,7	0,00356	1,85
0,01173	1,16	0,00927	1,41	0,00624	1,71	0,00531	1,8	0,00377	1,95
0,01236	1,23	0,00978	1,48	0,00658	1,8	0,00559	1,9	0,00397	2,06
0,01299	1,29	0,01029	1,56	0,00692	1,89	0,00588	1,99	0,00418	2,16
0,01359	1,35	0,01077	1,63	0,00725	1,98	0,00616	2,09	0,00439	2,26
0,0142	1,41	0,01125	1,7	0,00758	2,07	0,00644	2,18	0,0046	2,36
0,01454	1,44	0,01176	1,78	0,00792	2,16	0,00672	2,28	0,00481	2,46

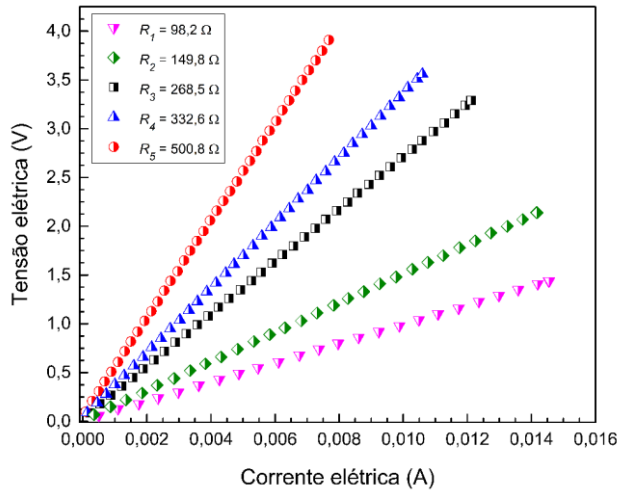
Tabela 3 – Dados para análise da curva característica de resistores (conclusão)

R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
i (A)	U (V)	i (A)	U (V)	i (A)	U (V)	i (A)	U (V)	i (A)	U (V)
0,01456	1,44	0,01225	1,85	0,00827	2,25	0,00702	2,37	0,00501	2,57
...	...	0,01274	1,93	0,00858	2,34	0,00728	2,47	0,00522	2,67
...	...	0,01325	2	0,00893	2,43	0,00758	2,56	0,00542	2,77
...	...	0,01373	2,07	0,00926	2,52	0,00786	2,66	0,00561	2,88
...	...	0,01416	2,14	0,00959	2,61	0,00815	2,75	0,00583	2,98
...	...	0,01418	2,14	0,00994	2,7	0,00842	2,85	0,00604	3,08
...	...	...	...	0,01028	2,79	0,00872	2,94	0,00623	3,19
...	...	...	...	0,01059	2,88	0,009	3,03	0,00644	3,29
...	...	...	...	0,01094	2,97	0,00929	3,13	0,00663	3,39
...	...	...	...	0,01129	3,06	0,00958	3,23	0,00685	3,5
...	...	...	...	0,01161	3,15	0,00987	3,32	0,00706	3,6
...	...	...	...	0,01194	3,24	0,01014	3,42	0,00727	3,7
...	...	...	...	0,01211	3,29	0,01044	3,51	0,00747	3,8
...	...	...	...	0,01212	3,29	0,0106	3,56	0,00768	3,91

Fonte: Autor (2023).

Escolhemos cinco resistores com resistências desconhecidas montados conforme o circuito em série da Figura 19, tendo como referência nominal um resistor de 100 Ω. O Gráfico 1 agrupa todos os dados da Tabela 3.

Gráfico 1 – Curvas características de cinco resistores



Fonte: Autor (2023).

Podemos inferir, por meio desse gráfico, que todos os cinco resistores obedecem a primeira lei de Ohm, porque representam retas, embora não estejam passando pela origem dos eixos, em que as resistências são praticamente constantes. A seguir, tem-se os resultados dos ajustes lineares obtidas por meio do software *Origin Pro* 2016, assim como os comparativos entre os valores das resistências medidas pelo multímetro (modelo ZT-102, com resolução de 0,1 Ω).

Para o resistor R1:

- Valor nominal: $R_1 = (100 \pm 5\%) \Omega$ (resistores com precisão de 5%);
- Valor medido pelo multímetro: $R_1 = (98,5 \pm 0,1) \Omega$;
- Regressão linear: $U_1 = (98,2 \pm 0,2)i + (1,2 \pm 0,1) \cdot 10^{-2}$
- Valor medido pelo MicroLabino, a partir da regressão: $R_1 = (98,2 \pm 0,2) \Omega$

Para o resistor R2:

- Valor nominal: $R_2 = (150 \pm 5\%) \Omega$
- Valor medido pelo multímetro: $R_2 = (149,9 \pm 0,1) \Omega$;
- Regressão linear: $U_2 = (149,8 \pm 0,1)i + (1,7 \pm 0,1) \cdot 10^{-2}$
- Valor medido pelo MicroLabino, a partir da regressão: $R_2 = (149,8 \pm 0,1) \Omega$

Para o resistor R3:

- Valor nominal: $R_3 = (270 \pm 5\%) \Omega$
- Valor medido pelo multímetro: $R_3 = (269 \pm 0,1) \Omega$;
- Regressão linear: $U_3 = (268,5 \pm 0,1)i + (33,1 \pm 0,9) \cdot 10^{-3}$
- Valor medido pelo MicroLabino, a partir da regressão: $R_3 = (268,5 \pm 0,1) \Omega$

Para o resistor R4:

- Valor nominal: $R_4 = (330 \pm 5\%) \Omega$
- Valor medido pelo multímetro: $R_4 = (333,2 \pm 0,1) \Omega$;
- Regressão linear: $U_4 = (332,6 \pm 0,2)i + (4,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-2}$

- Valor medido pelo MicroLabino, a partir da regressão: $R_4 = (332,6 \pm 0,2) \Omega$

Para o resistor R5:

- Valor nominal: $R_5 = (510 \pm 5\%) \Omega$
- Valor medido pelo multímetro: $R_5 = (501,9 \pm 0,1) \Omega$;
- Regressão linear: $U_5 = (500,8 \pm 0,4)i + (6,3 \pm 0,2) \cdot 10^{-2}$
- Valor medido pelo MicroLabino, a partir da regressão: $R_5 = (500,8 \pm 0,4) \Omega$

Observamos que esses resultados estão dentro da margem aceitável, tendo o MicroLabino uma precisão parecida com a medida pelo multímetro. Evidentemente que há erros associados às portas analógicas, bem como erros do conversor MCP4725⁶. Um exemplo desse erro é o *erro de offset* — no qual ao aplicarmos uma entrada digital 0, via código, a saída analógica correspondente não vai ser 0 V porque ocorre um deslocamento positivo. Neste trabalho não analisamos esses erros, já que obtivemos bons resultados. Entretanto, para um melhor aprimoramento na precisão do MicroLabino, cabe, em estudos futuros, fazer uma análise crítica e propor alternativas via código ou via hardware para atenuar os efeitos desses erros. É importante salientar que um conversor digital-analógico ideal não existe. A Tabela 4 traz os dados coletados sobre quatro LEDs.

Tabela 4 – Dados para a verificação da curva característica de LEDs (continua)

LED Azul		LED Vermelho		LED Amarelo		LED Verde	
Tensão Elétrica (V)	Corrente Elétrica (mA)	Tensão Elétrica (V)	Corrente Elétrica (mA)	Tensão Elétrica (V)	Corrente Elétrica (mA)	Tensão Elétrica (V)	Corrente Elétrica (mA)
0,11	0	0,11	0	0,11	0	0,11	0
0,23	0	0,23	0	0,23	0	0,23	0
0,35	0	0,35	0	0,35	0	0,35	0
0,48	0	0,48	0	0,48	0	0,48	0
0,6	0	0,6	0	0,6	0	0,6	0
0,72	0	0,72	0	0,72	0	0,72	0

⁶ As informações técnicas do conversor MCP4725 podem ser consultadas em: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/22039d.pdf>.

Tabela 4 – Dados para a verificação da curva característica de LEDs
(conclusão)

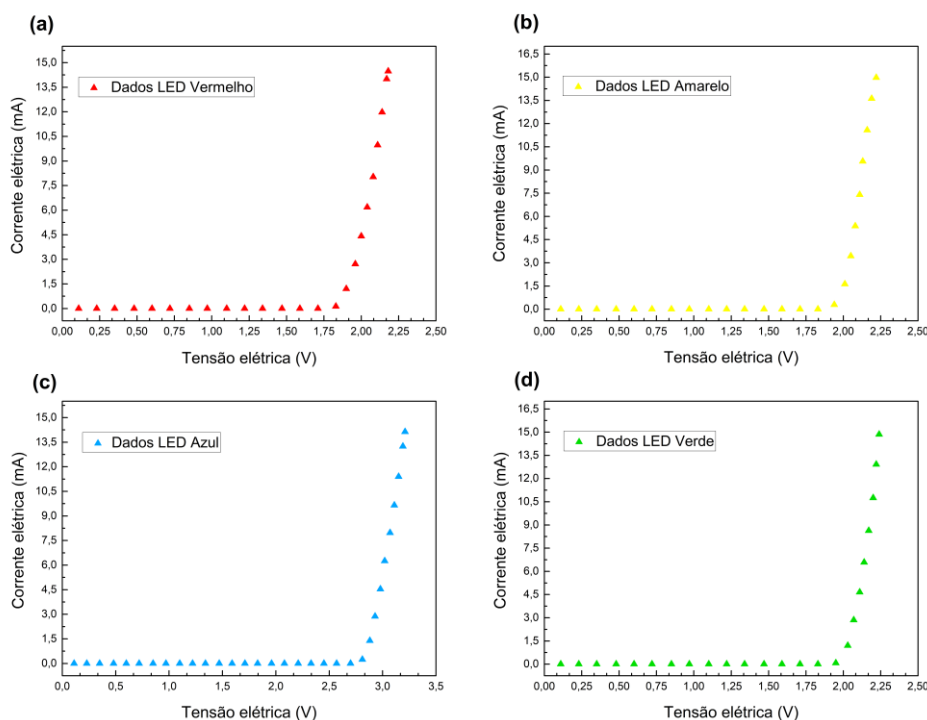
LED Azul		LED Vermelho		LED Amarelo		LED Verde	
Tensão Elétrica (V)	Corrente Elétrica (mA)	Tensão Elétrica (V)	Corrente Elétrica (mA)	Tensão Elétrica (V)	Corrente Elétrica (mA)	Tensão Elétrica (V)	Corrente Elétrica (mA)
0,85	0	0,85	0	0,85	0	0,85	0
0,97	0	0,97	0	0,97	0	0,97	0
1,1	0	1,1	0	1,1	0	1,1	0
1,22	0	1,22	0	1,22	0	1,22	0
1,34	0	1,34	0	1,34	0	1,34	0
1,47	0	1,47	0	1,47	0	1,47	0
1,59	0	1,59	0	1,59	0	1,59	0
1,71	0	1,71	0	1,71	0	1,71	0
1,83	0	1,83	0,13	1,83	0	1,83	0
1,96	0	1,9	1,2	1,94	0,29	1,95	0,07
2,08	0	1,96	2,71	2,01	1,62	2,03	1,2
2,21	0	2	4,41	2,05	3,44	2,07	2,85
2,33	0	2,04	6,18	2,08	5,37	2,11	4,65
2,45	0	2,08	8,03	2,11	7,4	2,14	6,58
2,57	0	2,11	9,97	2,13	9,56	2,17	8,63
2,7	0	2,14	11,98	2,16	11,58	2,2	10,75
2,81	0,24	2,17	14	2,19	13,62	2,22	12,91
2,88	1,39	2,18	14,48	2,22	14,97	2,24	14,85
2,93	2,87	...	...	...	...	...	...
2,98	4,53	...	...	...	...	...	...
3,02	6,25	...	...	...	...	...	...
3,07	7,97	...	...	...	...	...	...
3,11	9,65	...	...	...	...	...	...
3,15	11,4	...	...	...	...	...	...
3,19	13,25	...	...	...	...	...	...
3,21	14,13	...	...	...	...	...	...

Fonte: Autor (2023).

Para análise do LED, que é um diodo emissor de luz, é perceptível que para cada uma das cores há momentos diferentes (tensões de cortes) no qual conduzem corrente elétrica. Neste trabalho não abordaremos essas análises mais detalhadas

por não fazer parte do nosso escopo de investigação. Para uma análise visual, elaboramos o Gráfico 2.

Gráfico 2 – Curvas características dos LEDs



Fonte: Autor (2023).

É perceptível como a coleta de dados por meio do projeto de hardware proporcionou resultados satisfatórios. Nesse Gráfico 2, vemos curvas em que a primeira lei de Ohm não é satisfeita, assim, o LED é classificado como elemento de circuito não-ôhmico, por não possuir uma resistência constante (gráfico deveria ser linear). Portanto, inferimos que nosso projeto está validado para prosseguir para a etapa de fabricação da placa de circuito impresso, haja vista que obtivemos dados coerentes e com boa precisão.

Nesse sentido, estudos futuros devem investigar se há mudança na precisão dos dados quando a coleta é feita por meio da placa de circuito com os componentes soldados, porque nossa análise se deu por meio de uma montagem em uma matriz de contatos. Durante a coleta de dados, percebemos que o circuito fica suscetível aos erros por causa de mal contatos entre os componentes e essa matriz.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o desenvolvimento deste estudo, objetivamos elaborar uma sequência de ensino investigativa (SEI) que versa sobre circuitos elétricos e que seja articulada com um *hardware* para a coleta de dados. Diante disso, conseguimos atingir esse objetivo, porque identificamos na literatura os principais estudos para auxiliar na fundamentação teórica da nossa proposta. Além disso, foi possível sintetizar algumas informações desses estudos em um quadro que indica elementos essenciais que uma proposição de sequência deve ter para ser considerada investigativa. Também validamos o projeto denominado de MicroLabino, utilizando seus principais componentes montados em uma matriz de contatos. Obtivemos bons resultados, indicando que esse dispositivo pode ser utilizado em aulas experimentais.

Por meio dos resultados, acreditamos que os materiais desenvolvidos neste trabalho trazem uma contribuição científica no que tange o desenvolvimento de sequências investigativas. Outra contribuição é a prática, uma vez que nosso estudo proporciona que novos professores utilizem um dispositivo tecnológico que sintetiza, em uma única placa de circuito, vários sensores e componentes que podem ser utilizados para diversas aplicações, não ficando limitado na temática de circuitos.

Ademais, durante todo o estudo, nos preocupamos em saber qual a materialidade que o MicroLabino teria para propiciar aprendizagens de conceitos, procedimentos e atitudes, para desvincular uma ideia de senso comum que diz que a aprendizagem de conceitos garante a aprendizagem científica. Para que essa ideia de senso comum não aconteça, as ações do(a) professor(a) tomam um olhar especial. Ele deve pensar nas estratégias que adotará para que a aplicação de atividades experimentais promova, de fato, aprendizagens significativas para a vida pessoal e intelectual dos seus alunos.

Quanto às pesquisas futuras, é necessário pensarmos na melhoria do MicroLabino em termos de capacidade para coletar os dados. Na nossa proposta, só é possível fazer medidas de até 5 V por ser uma limitação do *hardware* do microcontrolador ATmega328p. Assim, cabe pensar em possibilidades para medir pelo menos até 10 V, para expandir os tipos de circuitos em que podemos analisar. Ainda sobre essa limitação, temos o problema da baixa corrente que o MicroLabino fornece para o circuito, o que reduz a quantidade de lâmpadas incandescentes associadas, não podendo utilizar mais de quatro. Circuitos com mais elementos

demandam uma maior capacidade desse dispositivo para fornecer a corrente necessária.

Sugerimos, também, a criação de um *software* ou aplicativo em que seja possível a coleta e a análise dos dados em tempo real. Nesse sentido, podemos automatizar cada vez mais a coleta dos dados. Cabe salientar que o nível do quão automatizado deve ser um experimento vai depender da intencionalidade didática do professor.

Espera-se, portanto, que a utilização do MicroLabino — como um dispositivo didático para a experimentação microcontrolada — em conjunto com a SEI desenvolvida se apresente como uma possibilidade didática para a aprendizagem. Além disso, esse dispositivo tem potencial para ser adaptado para a realização de experimentos de diferentes áreas da Física, no qual pode ser uma ferramenta complementar nas aulas de práticas experimentais. Com a experimentação microcontrolada, outras habilidades poderão ser desenvolvidas em relação à formação das pessoas, necessárias para se viver em um mundo de constantes transformações científicas e tecnológicas.

Julgamos ser um equívoco a utilização indiscriminada da abordagem didática do Ensino de Ciências por Investigação nas aulas de Física. Cada metodologia de ensino e abordagem didática tem a sua importância, desde que o professor tenha consciência crítica sobre o que está propondo, uma vez que em uma sala de aula há conflitos de interesses sobre quais são as melhores abordagens de ensino, porque cada estudante tem uma forma preferível para aprender. Por esse motivo, destacamos que a nossa SEI pode e deve ser modificada para uma boa adequação do contexto no qual o professor e os alunos estão inseridos.

REFERÊNCIAS

- ADMIRAL, T. D. Experimento de difração luminosa utilizando coleta de dados totalmente automatizada por Arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 42, p. e20200139, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2020-0139>. Acesso em: 09 mar. 2023.
- AGUIAR JR, O. Sequências de Ensino de Física orientadas pela pesquisa educacional: princípios orientadores e ação docente comprometida com mudanças. In: AGUIAR JR, O. (org.). **Sequências de ensino de Física orientadas pela pesquisa: experiências do PIBID e Pró-Mestre-UFMG**. Belo Horizonte: Fapemig, 2018. p. 13-31. Disponível em: https://livrosabertos.fae.ufmg.br/wp-content/uploads/2022/03/Sequencias_de_Ensino_de_Fisica_AGUIAR_2018.pdf. Acesso em: 09 jun. 2023.
- ALMEIDA, W. N. C.; MALHEIRO, J. M. da. S. Pressupostos teóricos e diferentes abordagens do ensino de ciências por investigação. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Santo Ângelo, v. 12, n. 2, p. 71-83, 2022. Disponível em: <https://san.uri.br/revistas/index.php/encitec/article/view/803>. Acesso em: 24 ago. 2023.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Censo Escolar 2017**: notas estatísticas. Brasília, DF: Inep, 2018a.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Resumo Técnico**: censo da educação básica 2018. Brasília, DF: Inep, 2019.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Censo da Educação Básica 2019**: notas estatísticas. Brasília, DF: Inep, 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018b. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 20 jun. 2023.
- BRITO, L. O.; FIREMAN, E. C. Ensino de ciências por investigação: uma proposta didática “para além” de conteúdos conceituais. **Experiências em Ensino de Ciências**, Mato Grosso, v. 13, n. 5, p. 462-479, 2018. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/116>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- CARDOSO, J. M.; ZANNIN, M. Proposta experimental para análise das variáveis de estado dos gases com Arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 41, n. 4, p. e20190028, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2019-0028>. Acesso em: 04 abr. 2023.
- CARDOSO, M. J. C.; SCARPA, D. L. Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma Ferramenta de Análise de Propostas de Ensino Investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**,

[S. l.], v. 18, n. 3, p. 1025–1059, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4788>. Acesso em: 23 abr. 2023.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852>. Acesso em: 28 jun. 2023.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. de. (org.). **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1-20.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Ensino de Física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino investigativas. **Ensino Em Re-Vista**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 249-266, 2015. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/view/34452/18275>. Acesso em: 22 ago. 2023.

CARVALHO, R. S. C.; MIRANDA, S. do C.; DE-CARVALHO, P. S. O ensino de Ciências por Investigação e suas contribuições na Educação Básica: uma revisão sistemática da literatura. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 11, p. 1-26, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10564/9363>. Acesso em: 22 ago. 2023.

CASTILHO, W. S.; OLIVEIRA, D. L.; DUTRA, M. V. G. O ensino de Física e a Aprendizagem Significativa: um kit experimental com Arduino para o ensino de queda livre. **Experiências em Ensino de Ciências**, Mato Grosso, v. 15, n. 3, p. 247-262, 2020. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID779/v15_n3_a2020.pdf. Acesso em: 01 abr. 2023.

CATELAN, S. S.; RINALDI, C. A Atividade Experimental no ensino de Ciências Naturais: contribuições e contrapontos. **Experiências em Ensino de Ciências**, Mato Grosso, v. 13, n. 1, p. 306-320, 2018. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID474/v13_n1_a2018.pdf. Acesso em: 07 abr. 2023.

COELHO, G. R.; AMBRÓZIO, R. M. O ensino por investigação na formação inicial de professores de Física: uma experiência da Residência Pedagógica de uma Universidade Pública Federal. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 36, n. 2, p. 490-513, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2019v36n2p490>. Acesso em: 29 mar. 2023.

CONCEIÇÃO, A. R.; FIREMAN, E. C. O ensino de botânica: proposta de ensino investigativo para o 2º ano do ensino fundamental. **Revista Insignare Scientia**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 168-188, 2021. Disponível em:

<https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12099/7792>. Acesso em: 08 set. 2023.

CORRALLO, M. V.; JUNQUEIRA, A. C.; SCHULER, T. E. Ciclo de Modelagem associado à automatização de experimentos com o Arduino: uma proposta para formação continuada de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 35, n. 2, p. 634-659, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n2p634>. Acesso em: 03 abr. 2023.

DOMINGUES, G. H. C.; CARVALHO, H. A. P.; PHILIPPSEN, G. S. Ensino de circuitos elétricos por meio de tecnologias digitais: uma proposta didática baseada na Aprendizagem Significativa e nos Três Momentos Pedagógicos. **Revista Insignare Scientia**, [S. l.], v. 4, n. 6, p. 597-613, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12152/8230>. Acesso em: 15 ago. 2023.

DUSCHL, R. A. Assessment of inquiry. In: ATKIN, J. M.; COFFEY, J. E. (ed.). **Everyday assessment in the science classroom**. Washington, DC: National Science Teachers Association Press, 2003. p. 41-59.

FRANCO, L. G.; MUNFORD, D. O ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 20, p. 687-719, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/19262>. Acesso em: 16 maio 2023.

GASPAR, A. Cinquenta Anos de Ensino de Física: Muitos Equívocos, Alguns Acertos e a Necessidade de Recolocar o Professor no Centro do Processo Educacional. **Revista Estudos da Educação**, Ano 13, n. 21, p. 71-91, 2004. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/enas/Gaspar.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GRÁCIO, M. C. C. Acoplamento bibliográfico e análise de cocitação: revisão teórico-conceitual. **Encontros Bibli: Revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, Florianópolis, v. 21, n. 47, p. 82-99, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2016v21n47p82>. Acesso em: 01 ago. 2023.

GRÁCIO, M. C. C.; OLIVEIRA, E. F. T. Estudos de análise de cocitação de autores: uma abordagem teórico-metodológica para a compreensão de um domínio. **Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 1-22, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/114829/ISSN19835116-2014-07-01-01-22a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 ago. 2023.

GRANDY, R.; DUSCHL, R. A. Reconsidering the Character and role of inquiry in school Science: analysis of a Conference. **Science and Education**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 141-166, 2007.

HAWKING, S. W. **Uma breve história do tempo**. 1. ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.

LEÃO, A. F. C.; GOI, M. E. J. Revisão de Literatura sobre a Experimentação Investigativa no ensino de Ciências. **Comunicações**, Piracicaba, v. 28, n. 1, p. 315-345, 2021. Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas/revistas-unimep/index.php/comunicacoes/article/view/4612/2536>. Acesso em: 19 maio 2023.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S. l.], v. 43, suppl. 1, p. 1-8, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhqLy/#>. Acesso em: 29 jul. 2023.

MOREIRA, M. M. P. C. *et al.* Contribuições do Arduino no Ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 35, n. 3, p. 721-745, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p721>. Acesso em: 22 mar. 2023.

OLIVEIRA, A. L.; OBARA, A. T. O ensino de ciências por investigação: vivências e práticas reflexivas de professores em formação inicial e continuada. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 65-87, 2018. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/874>. Acesso em: 12 jun. 2023.

PAIVA, T. S.; SIQUEIRA, M. Proposta de uma sequência de ensino investigativa para a abordagem sobre espectroscopia. **Vitruvian Cogitationes**, Maringá, v. 1, n. 1, p. 36-49, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/revisvitruscogitationes/article/view/63581/751375154185>. Acesso em: 14 ago. 2023.

PEDASTE, M. *et al.* Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, [S. l.], v.14, p. 47-61, 2015. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3030801/mod_resource/content/1/2015_Pedaste_et-al_Phases%20of%20inquiry-based%20learning.pdf. Acesso em: 28 mar. 2023.

PEREIRA, C. B. *et al.* Construção de um luxímetro digital utilizando plataforma Arduino para uso em laboratórios didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, p. e20200502, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2020-0502>. Acesso em: 05 abr. 2023.

PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. A. Atividades prático-experimentais no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 34, n. 1, p. 265-277, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n1p265>. Acesso em: 09 abr. 2023.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RODES, G. P.; SILVA, M. do. A. J.; GARCIA, J. F. M. A implementação de uma sequência de ensino investigativa e o repensar da prática docente. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 14, n. 1, p. 353-364, 2019. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID582/v14_n1_a2019.pdf. Acesso em: 02 jun. 2023.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. del. P. B. **Metodologia de pesquisa**. Tradução: MORAES, D. V. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. (especial), p. 49-67, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/abstract/?lang=pt#>. Acesso em 28 ago. 2023.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: uma mirada para a base nacional comum curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, p. 1061-1085, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec20181831061>. Acesso em: 02 mar. 2023.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/844768/mod_resource/content/1/SASSERON_CARVALHO_AC_uma_revisão_bibliográfica.pdf. Acesso em: 26 abr. 2023.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. Ensino de ciências e práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/19/189>. Acesso em: 22 jul. 2023.

SASSERON, L. H.; JUSTI, R. Editorial – Apresentando o Número Temático sobre Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 761-764, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4969>. Acesso em: 14 jun. 2023.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. **Alfabetização Científica na Prática: inovando a forma de ensinar física**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

SILVA, A. S. G.; CARVALHO, H. A. P.; PHILIPPSEN, G. S. Ensino de Física Moderna no Ensino Médio: uma proposta didática para o estudo da evolução do

modelo atômico. **Revista Insignare Scientia**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 392-408, 2022. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12823/8551>. Acesso em: 16 ago. 2023.

SILVA, B. M.; GEROLIN, E. C.; TRIVELATO, S. L. F. A importância da autonomia dos estudantes para a ocorrência de práticas epistêmicas no ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 905-933, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4817>. Acesso em: 21 jul. 2023.

SOLINO, A. P.; FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Ensino por Investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas escolares. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Maresias, 2015. **Anais do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2015. Disponível em: <https://www.cecimig.fae.ufmg.br/images/SolinoFerrazeSasseron2015.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

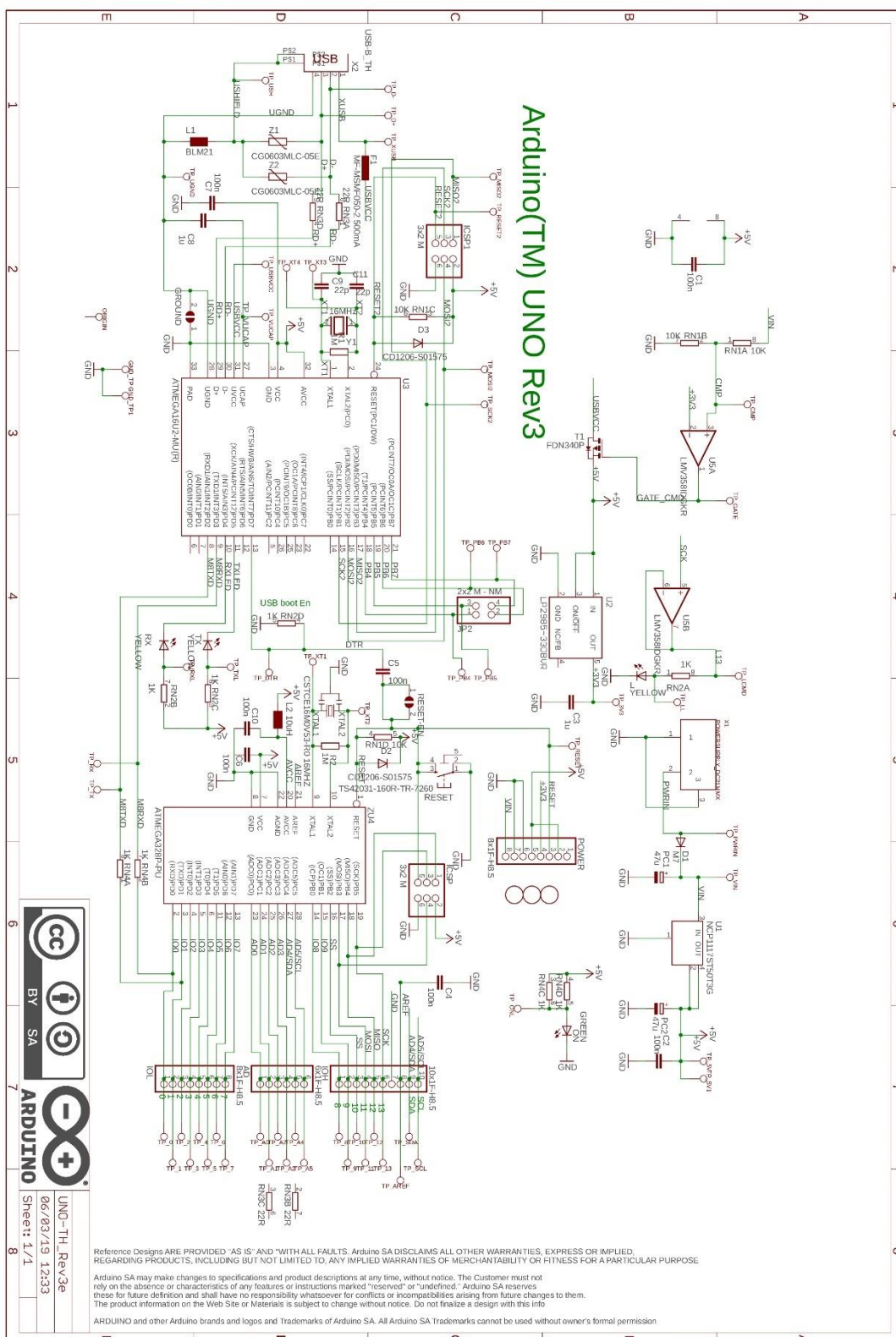
SOUSA, A. C. S.; SACHS, J. P. D.; SILVA, R. A. R. Conhecendo os quelônios da Amazônia: uma proposta de sequência didática para o ensino contextualizado de Ciências. **Revista Insignare Scientia**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 502-518, 2023. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12875/8821>. Acesso em: 18 ago. 2023.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por Investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de Biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 97-114, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/VcyLdKDWhT4t6WdWJ8kV9Px/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 jun. 2023.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/LQnxWqSrmzNsrRzHh3KJYbQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 abr. 2023.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades Investigativas para aulas de Ciências**: um diálogo com a teoria da Aprendizagem Significativa. Appris, 1ª ed. 2016.

ANEXO A – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ARDUINO



Para saber mais detalhes consulte <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?selectedStore=us>.

APÊNDECE A – CÓDIGO PARA A COLETA DE CORRENTE E DDP

```

/* =====
Autor: Emerson Soares da Silva
Ano: 2023

Código desenvolvido para a coleta de dados de ddp e corrente elétrica de
componentes que serão estudados, como, por exemplo: resistores, diodos
e LED's de diferentes cores. Além disso, com esse código, é possível medir a
resistência equivalente de circuitos resistivos.

Obs: A função TENSAO foi elaborada a partir do código presente no canal QSP
Tecnologia do YouTube, disponível em:
https://www.youtube.com/watch?v=DrnawpPf13A.

===== */

// --- Declaração de Biblioteca ---

#include <Wire.h>

// --- Definições ---

#define BUZZER 2
#define Button 5
#define MCP4725 0x60

// --- Variáveis Globais ---

int j;
int k;
int E_Button;    // Variável que lê o estado do botão
float U0;
float U1;
float I;

```

```

float ddp;
char pino_leitura0 = A0;
char pino_leitura1 = A1;

// --- Configurações Iniciais ---

void setup () {

    Wire.begin();                // Inicialização da Comunicação I2C
    Serial.begin(9600);          // Inicialização da Comunicação Serial
    pinMode (BUZZER, OUTPUT);
    pinMode (Button, INPUT_PULLUP);
}

void loop () {

    noTone (BUZZER);
    E_Button = HIGH;

    while (E_Button == HIGH) {

        E_Button = digitalRead (Button);

    }

    tone (BUZZER, 500);
    while (j<4095) {

        j = j + 100;
        TENSAO (j); /* Define uma tensão de saída no MCP4725 de acordo
                       com o valor de j */

        delay (500);
        for (k=0; k<100; k++) {

            U0 += analogRead (pino_leitura0);

```

```

}

U0 /= 100;

for (k=0; k<100; k++) {

    U1 += analogRead (pino_leitura1);

}

U1 /= 100;

ddp = (5.0*(U0-U1) /1023); // Armazena a diferença de potencial elétrico

I  = (5000*U1/1023) /97.8; /* O resistor de referência utilizado foi R = 97.8R.
                             Caso você queira utilizar outro resistor, basta
                             modificar esse valor para o novo valor de
                             referência */

Serial.print (I,2);
Serial.print (" ");
Serial.println (ddp,2);
delay (20);
}

j = 0; // Inicia a tensão em 0V e habilita o Microlabino para uma nova coleta

}

void TENSAO (unsigned int Dac) {

    unsigned char I2C_DATA [3];           // Três bytes para dados

    I2C_DATA [0] = 0b01000000;           // Byte de controle
    I2C_DATA [1] = Dac >> 4;              // Prepara 2ª byte (Parte alta) - 8 bits
    I2C_DATA [2] = Dac << 4;              // Prepara 1ª byte (Parte baixa) - 4 bits

```

```
Wire.beginTransaction (MCP4725); // Endereço do MCP4725 (Ver data sheet)
Wire.write (I2C_DATA [0]);      // Ponteiro
Wire.write (I2C_DATA [1]);      // 8 MSB
Wire.write (I2C_DATA [2]);      // 4 LSB
Wire.endTransmission ();        // Finaliza a comunicação
}
```

APÊNDECE B – CÓDIGO PARA MEDIR O POTENCIAL ELÉTRICO

```

/* =====
Autor: Emerson Soares da Silva
Ano: 2023

Código desenvolvido para a coleta de dados de potencial elétrico em circuitos
resistivos, resistivos simétricos e resistivos com LED. Os valores dos potenciais serão
mostrados no display oled.

Obs: A função TENSAO foi elaborada a partir do código presente no canal QSP
Tecnologia do YouTube, disponível em:
https://www.youtube.com/watch?v=DrnawpPf13A.
===== */

// --- Declaração de Biblioteca ---

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <gfxfont.h>
#include <Fonts/FreeSerif12pt7b.h> // muda a fonte do display

// --- Definições ---

#define SCREEN_WIDTH 128 // largura da tela OLED, em pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64 // altura da tela OLED, em pixels
#define MCP4725 0x60

// Declaração para a biblioteca Adafruit_SSD1306 funcionar
Adafruit_SSD1306 display (SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, & Wire, -1);

// --- Variáveis Globais ---

```

```

char pino_leitura0 = A0;
char pino_leitura1 = A1;
int leitura0      = 0;
int leitura1      = 0;
float i           = 0;
float Vx          = 0.0;
float V           = 0.0;
float U           = 0.0;

// --- Configurações Iniciais ---

void setup () {

    Wire.begin();                // Inicialização da Comunicação I2C
    Serial.begin(9600);          // Inicialização da Comunicação Serial
    pinMode (pino_leitura0, INPUT); // Pino A0 definido como entrada
    pinMode (pino_leitura1, INPUT); // Pino A1 definido como entrada

    /* O primeiro parâmetro da função abaixo liga o circuito interno do oled; o segundo
    refere-se ao endereço (fixo) I2C desse display. A comunicação I2C é muito utilizada
    em projetos envolvendo displays. */

    display.begin (SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
    display.clearDisplay ( );      // faz a limpeza da memória do display oled
}

void loop () {

    if (Serial.available ( ) > 0) {

        U = (Serial.parseFloat ( ));
        display.clearDisplay ( );

        i=(4095*U)/5;

```

```

TENSAO (i);
for (int j = 0; j< 10; j++) {

    leitura0 += analogRead (pino_leitura0);
    delay (10);
}
leitura0 /= 10;
for (int j = 0; j< 10; j++) {

    leitura1 += analogRead (pino_leitura1);
    delay (10);
}
leitura1 /= 10;

```

/* As variáveis Vx e V convertem o valor lido das variáveis leitura0 e leitura1 em volts. Observe que o valor **4.97** refere-se a leitura do pino VCC do Microlabino, que depende da tensão fornecida pela porta USB do notebook utilizado. Isso melhora a precisão nas leituras dos potenciais elétricos. */

```

Vx = (4.97*leitura0)/1023.0;
V = (4.97*leitura1)/1023.0;

display.clearDisplay ( );
display.setTextSize (1);
display.setTextColor (WHITE);
display.setCursor (1,0);
display.print ("O valor de A0 eh ...");
display.setTextSize(2);
display.setCursor (30,17);
display.print (Vx);
display.print (" V");
display.drawLine (0, 35, 127, 35, WHITE);
display.setTextSize (1);
display.setCursor (1,38);

```

```

    display.print ("O valor de A1 eh ...");
    display.setTextSize (2);
    display.setCursor (30,51);
    display.print (V);
    display.print (" V");
    delay (500);
    display.display ();
}
}

void TENSAO (unsigned int Dac) {

    unsigned char I2C_DATA [3];           // Três bytes para dados

    I2C_DATA [0] = 0b01000000;           // Byte de controle
    I2C_DATA [1] = Dac >> 4;             // Prepara 2ª byte (Parte alta) - 8 bits
    I2C_DATA [2] = Dac << 4;             // Prepara 1ª byte (Parte baixa) - 4 bits

    Wire.beginTransmission (MCP4725); // Endereço do MCP4725 (Ver data sheet)
    Wire.write (I2C_DATA [0]);          // Ponteiro
    Wire.write (I2C_DATA [1]);          // 8 MSB
    Wire.write (I2C_DATA [2]);          // 4 LSB
    Wire.endTransmission ();            // Finaliza a comunicação
}

```

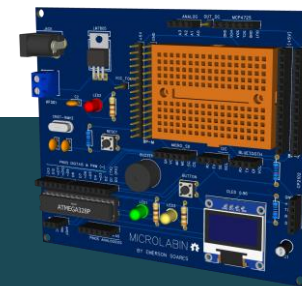
APÊNDECE C – GUIA DE REFERÊNCIA DO MICROLABINO

Na página seguinte, por motivos de dimensionamento, contém um guia para que o professor utilize nos seus estudos iniciais sobre a programação. Contém também o link de acesso aos materiais do projeto MicroLabino.

GUIA DE REFERÊNCIA

89

Comandos essenciais para programar o MicroLabino



Tipos de variáveis

Uma variável é uma posição na memória do microcontrolador que guarda uma informação que pode ser numérica ou um texto. Algumas variáveis estão exemplificadas abaixo:

int: armazena um número inteiro;

float: armazena um número flutuante, isto é, com casas decimais. Ex.: 5.8

long: armazena números inteiros longos;

char: armazena um caractere. Ex.: 'A'

string: armazena um texto. Ex.: "Olá Mundo!".

Como declarar uma variável?

```
int numero = 10;
float tensão = 5.8;
string texto = "Olá Mundo";
```

Funções Nativas

O Ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino (IDE) – do inglês Integrated Development Environment – é o software que utilizamos para programar o MicroLabino. Ao iniciar o IDE, vê-se duas funções nativas: void setup () e void loop ().

void setup () {

Dentro dessas chaves colocamos comandos que serão executados apenas uma única vez quando fazemos o upload do código no MicroLabino. Basicamente temos que colocar instruções gerais, como a definição dos modos dos pinos e iniciar a comunicação serial.

```
}
```

void loop () {

Aqui colocamos a parte principal do programa, em que o microcontrolador irá executá-lo continuamente até que ocorra alguma interrupção externa do MicroLabino.

```
}
```

Exemplo de Código

Projeto pisca LED

```
int led = 8;
void setup () {
  pinMode (led, OUTPUT);
}
void loop () {
  digitalWrite (led, HIGH);
  delay (500);
  digitalWrite (led, LOW);
  delay (500);
}
```

Na primeira linha do código acima atribuímos na variável led o valor 8 que representa uma das portas digitais no MicroLabino. Na função setup () temos uma instrução denominada pinMode em que OUTPUT significa saída. Na função loop () temos a instrução digitalWrite que tem como parâmetros a variável que está relacionada a porta digital; HIGH (envia 5 V para o pino 8) ou LOW (pino ficará em 0 V). Já o delay representa o tempo em milissegundos em que o Led ficará ligado ou desligado.

Acesso, por meio do QR Code, aos arquivos para a construção do MicroLabino



ou pelo link do drive
<https://drive.google.com/drive/folders/1348OgFhfgYy3tdHcxGefhoimoCw9znwZ>