



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
BACHARELADO EM TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

SEBASTIÃO COSTA MAIA NETO

**PLATAFORMA DE PROTOTIPAGEM ARDUINO NO ENSINO DA FÍSICA: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

PAU DOS FERROS

2020

SEBASTIÃO COSTA MAIA NETO

**PLATAFORMA DE PROTOTIPAGEM ARDUINO NO ENSINO DA FÍSICA: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Tecnologia da Informação.

Orientador: Prof. Dra. Verônica Maria Lima
Silva

PAU DOS FERROS

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

N469p Neto, Sebastião Costa Maia.
 PLATAFORMA DE PROTOTIPAGEM ARDUINO NO ENSINO
 DA FÍSICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
 / Sebastião Costa Maia Neto. - 2020.
 54 f. : il.

 Orientadora: Verônica Maria Lima Silva.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de --Selecione um
 Curso ou Programa--, 2020.

 1. Revisão Sistemática da Literatura. 2.
 Arduino. 3. Ensino da Física. I. Silva, Verônica
 Maria Lima, orient. II. Título.

SEBASTIÃO COSTA MAIA NETO

**PLATAFORMA DE PROTOTIPAGEM ARDUINO NO ENSINO DA FÍSICA: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Tecnologia da Informação.

Defendida em: 11 /12 / 2020.

BANCA EXAMINADORA

VERONICA MARIA LIMA
SILVA:02558212397

Assinado de forma digital por
VERONICA MARIA LIMA
SILVA:02558212397
Dados: 2020.12.11 18:06:35 -03'00'

Verônica Maria Lima Silva, Prof. Dra. (UFERSA)
Presidente

José Wagner Cavalcanti Silva, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador

Reudismam Rolim de Sousa, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico este trabalho aos meus pais, Edileuda e Antônio, ao meu irmão Samuel. Também dedico a todos os meus amigos que contribuem em minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a minha família, em particular, minha mãe Edileuda Costa por ser um exemplo de paciência e dedicação, ao meu pai Antônio Gilmar, que me incentiva continuamente, a meu irmão Samuel Alves que tirou minha paciência por grande parte da minha vida e que hoje é um grande companheiro.

A todos os meus familiares que me apoiaram, e que sempre ficavam perguntando se precisava de algo; a família maravilhosa da qual faço parte: Tomaz, Soares e Oiôr.

Agradeço aos meus amigos, que além de me acompanharem nessa jornada, se tornaram presentes em minha vida, a citar: Edvar Junior, Pedro David, Josimara Silva, Jeferson Luan, Fabíola Maia, Alex Potter, Ivamara Millena, João Paulo, Amanda Cristina, Leandro Silva, Luan Dantas, Vitória Ellen, Giselly Soares, Elis Marília e em especial aos meus melhores amigos que a UFERSA me deu Brígido Conrado, Fabia Maia e Cayo Ravel, com quem divido minhas alegrias, dúvidas e crises existenciais.

Meu muito obrigado agora é para minha orientadora Verônica Maria que me permitiu finalizar esse trabalho, oferecendo toda a sua inteligência e dedicação a mim, se tornando uma grande fonte de inspiração.

Dedico a todos esses citados, mas também dedico aqueles que contribuíram para minha jornada acadêmica.

“Convencido eu mesmo,
não procuro convencer os demais.”

Edgar Allan Poe

RESUMO

O processo de ensino-aprendizagem da Física é objeto de estudo de muitos trabalhos acadêmicos por ser considerada uma componente curricular complexa, a qual exige certa capacidade de abstração de fórmulas e conceitos. Com o intuito de facilitar este processo, a aplicação da plataforma de prototipagem Arduino vem sendo implantada como uma ferramenta de ensino. Devido ao grande número de abordagens metodológicas existentes, o mapeamento de metodologias de aplicação dessa tecnologia em sala de aula como também a seleção de quais áreas da Física está aplicação é pertinente se tornam atividades demoradas. Dada essa problemática, neste trabalho é apresentada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), visando um levantamento bibliográfico que determine estudos semelhantes, avaliando e definindo uma análise da aplicação da plataforma Arduino no ensino da Física do nível básico ao superior. Dessa forma, foi definido um protocolo de pesquisa com as etapas necessárias para a aplicação da extração de dados dos estudos levantados e com a classificação de categorias para os trabalhos analisados. Como resultado da RSL, a metodologia de análise qualitativa e a validação do tipo comparativa foram mais abordados, ou seja, os trabalhos utilizaram a abordagem de desenvolvimento e reprodução do aparato experimental em sala de aula. Desta forma, os resultados obtidos ao final deste estudo sugerem que a utilização da Plataforma Arduino é adequada como uma forma de facilitar as etapas de ensino-aprendizagem no ensino da Física.

Palavras-chave: Revisão Sistemática da Literatura. Arduino. Ensino da Física.

ABSTRACT

The teaching-learning process of Physics is the object of study for many academic works because it is considered a complex curricular component, which requires a certain ability to abstract formulas and concepts. In order to facilitate this process, the application of the Arduino prototyping platform has been implemented as a teaching tool. Due to the large number of existing methodological approaches, the mapping of methods of applying this technology in the classroom as well as the selection of which areas of Physics this application is pertinent to become time-consuming activities. Given this problem, this work presents a Systematic Literature Review (RSL), aiming at a bibliographic survey that determines similar studies, evaluating and defining an analysis of the application of the Arduino platform in Physics Education. Thus, a research protocol was defined with the necessary steps for the application of data extraction from the studies surveyed and with the classification of categories for the analyzed works. As a result of RSL, the qualitative research method and the comparative type validation were more addressed, that is, the works used the approach of development and reproduction of the experimental apparatus in the classroom. However, the use of several teaching methodologies, presented by the validation of Analysis and/or Experimental, was still noticed, even reduced. In this way, the results obtained at the end of this study suggest that the use of the Arduino Platform is adequate as a way to facilitate the teaching-learning stages in the teaching of Physics.

KEYWORDS: Systematic Literature Review. Arduino. Physics teaching.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Palavras-Chave Utilizadas nos Motores de Busca.....	22
Tabela 2. Resultado das Pesquisas	26
Tabela 3. Conteúdos mais abordados nos Estudos Levantados.....	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Quantificação dos Artigos	27
Gráfico 2. Frequência de Publicações	28
Gráfico 3. Quantificação de Tipo de Pesquisa	29
Gráfico 4. Quantificação de Tipo de Metodologia	29
Gráfico 5. Quantificação de Validação da Pesquisa	30
Gráfico 6. Quantificação de Abordagem por Área.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
RSL	Revisão Sistemática da Literatura.
QP	Questão da Pesquisa.
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais.
PICR	População, Intervenção, Comparação e Resultados.
CI	Critério de Inclusão.
CE	Critério de Exclusão.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2 PROBLEMÁTICA	14
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 OBJETIVOS	16
1.4.1 Objetivo Geral.....	16
1.4.2 Objetivos Específicos.....	16
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 REVISÃO SISTEMÁTICA NA LITERATURA.....	17
2.2 O ARDUINO NO ENSINO DA FÍSICA.....	18
2.3 TRABALHOS RELACIONADOS	19
3 METODOLOGIA.....	20
3.1 CONDUÇÃO DA PESQUISA.....	20
3.1.1 Questão da Pesquisa	20
3.1.2 Estratégia da Pesquisa.....	21
3.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO E QUALIDADE	22
3.2.1 Critérios de Inclusão	23
3.2.2 Critérios de Exclusão.....	23
3.3 EXTRAÇÃO DE DADOS	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
4.1 VISÃO GERAL DOS RESULTADOS.....	26
4.1.1 Frequência de Publicação	28
4.2. RESULTADOS A PARTIR DAS METODOLOGIAS UTILIZADAS.....	28
4.3 SOLUÇÕES A QUESTÃO DA PESQUISA	32
4.3.1 Técnicas Computacionais (ou Plataforma de Prototipagem) são Comumente Utilizadas para o Ensino da Física?	32
4.3.2 Quais Áreas do Ensino da Física Geralmente Utilizam a Plataforma de Prototipagem Arduino?	33
4.3.3 Como são Avaliados os Experimentos nos quais o Arduino é Utilizado no Ensino da Física?	33
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS.....	35
REFERÊNCIAS.....	37

APÊNDICE A – Identificação dos Estudos Seleccionados	40
APÊNDICE B – Características das Pesquisas dos Estudos	51

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma visão geral deste trabalho e está organizado da seguinte forma: a Seção 1.1 apresenta uma contextualização; a Seção 1.2 apresenta a problematização; a Seção 1.3 explicita os argumentos que justificam o desenvolvimento deste trabalho; a Seção 1.4 apresenta os objetivos; e, por fim, a Seção 1.5 apresenta a organização deste trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

No ensino das ciências, singularmente no ensino da Física, a teoria e a prática devem estar atreladas, uma vez que as atividades práticas são o momento pedagógico de exploração e de sedimentação dos modelos apresentados aos alunos nas atividades teóricas (CASTRO, 2016).

De tal forma, Cavalcante, Tavolaro e Molisani (2011) afirmam que o processo introdutório de métodos experimentais para obtenção de dados auxiliados por computadores representa uma real possibilidade de análise e técnicas de dados em discussões de fenômenos físicos. Em Santos (2014), é evidenciada a relação entre os computadores conectados a sensores, que por sua vez, proporciona várias maneiras de coleta de informações quase imediata, permitindo a realização de diversos experimentos físicos. Isto é, os computadores e plataformas de prototipagem podem ser utilizados como uma ferramenta de ensino, proporcionando métodos de exploração de conteúdo.

Nesse contexto, Martinazzo et al. (2014) ressaltam a utilização da plataforma Arduino com o propósito do desenvolvimento de práticas de ensino que permitam de forma significativa, uma abordagem didática e um processo de aprendizagem mais simplificados.

Dessa forma, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Brasil, 2010) orientam dinâmicas que busquem o desenvolvimento de habilidades e competências por intermédio da aplicação de abordagens de ensino que promovam um contexto que aflore o interesse do aluno, por meio da inserção de tecnologias no ensino da Física.

Considerando esse contexto, o processo de automatização de atividades práticas voltadas ao ensino da Física, proporciona alguns pontos relevantes, tais como: (i) facilita o acesso à informação; (ii) otimiza o tempo; (iii) possibilita o mapeamento de fenômenos físicos; (iv) reduzem ocorrência de erro de paralaxe, como precisão na leitura de sensores; e (v) possibilita aos estudantes constante avaliação e aperfeiçoamento da aprendizagem.

Apesar dos benefícios apresentados na aplicação de plataformas computacionais e de prototipagem no ensino da Física, torna-se dificultoso determinar quais metodologias, abordagens ou técnicas são mais adequadas. Desta forma, neste trabalho é realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para investigar a aplicação da plataforma Arduino no ensino da Física. A plataforma Arduino foi escolhida pelo fato de possuir uma ampla aplicabilidade. Além disso, essa ferramenta didática pedagógico de baixo custo explora a informática por resoluções e discussões de problemas, uma vez que aborda o processo de desenvolvimento de projetos ou execuções de aparatos experimentais como forma de estudo prático, ou seja, engloba o aluno na formação dos conceitos físicos (MOREIRA et al., 2016).

Neste contexto, na RSL desenvolvida verifica-se as aplicações de técnicas metodológicas que visam a utilização da plataforma de prototipagem Arduino no ensino da Física do básico ao superior, conseguindo definir tipos de abordagens metodológicas, de validação e da população do estudo, possibilitando uma análise do escopo atual em relação a utilização da plataforma de prototipagem escolhida.

1.2 PROBLEMÁTICA

O processo de ensino-aprendizagem de Física é considerado por vezes difícil. Isso ocorre, pela utilização cansativa do livro didático como o principal recurso pedagógico, visto que os alunos se sentem presos em memorizar fórmulas matemáticas, proporcionando muitas vezes o desinteresse pela disciplina, que conseqüentemente, causa altos índices de reprovação (AMORIM; SILVA, 2016).

Com isso, Oliveira, Araujo e Veit (2017) constataam que esses empecilhos podem ser minimizados se existirem métodos para instruir os alunos a um processo de desenvolvimento de passos essenciais na compreensão de problemas e soluções. Isto é, para os autores, ao se introduzir abordagens práticas e lúdicas, possibilita maior facilidade no aprendizado dos alunos

e, assim, proporcionando uma transição do ensino tradicional para a visualização de experimentos concretos.

Devido ao grande número de abordagens metodológicas existentes utilizando plataformas de prototipação no ensino da Física, torna-se uma atividade complicada mapear os trabalhos os quais a utilização do Arduino é aplicado no ensino da Física. Sendo assim, a aplicação de um levantamento bibliográfico de maneira tradicional pode não ser suficiente. Portanto, é importante que um processo mais amplo, rigoroso e detalhado, tal como uma RSL, seja conduzido para reduzir a possibilidade de lacunas nos resultados obtidos.

1.3 JUSTIFICATIVA

Muitos são os fatores que possibilitam a aplicação do ensino da Física incorporado com a tecnologia como metodologia de atratividade para os alunos, porém se essas técnicas não forem bem conduzidas, impossibilitam a relação dos conceitos por trás da aplicação (Martinazzo et al, 2014).

Com isso, Bezerra Jr. et al. (2009) diagnosticaram a necessidade de um espaço para estudos em ensino da Física, destacando a importância da elaboração de metodologias didáticas que utilizam tecnologias livres para o desenvolvimento de projetos significativos e de baixo custo, viabilizando, inclusive, o reuso de computadores na sala de aula.

Moreira et al. (2018) apontam a utilização do Arduino no ensino da Física como uma ferramenta de grande importância em sala de aula, pois é uma tecnologia de baixo custo, de fácil acessibilidade e contempla a carência recorrente no processo de coleta de dados, já que torna possível conectar sensores e atuadores para múltiplas aplicações.

Dessa forma, uma RSL acerca da aplicabilidade da plataforma Arduino no ensino da Física se faz necessária para que se possa ter uma visão geral e ampla sobre a área, possibilitando assim, identificar lacunas na literatura, encontrar características gerais das abordagens que aplicam Arduino em sala de aula, elencar os processos de ensino-aprendizagem empregados, e ainda, identificar as áreas da Física mais abordadas. Em estudos futuros, a revisão disponibilizada pode ser utilizada como base, por exemplo, para o desenvolvimento de técnicas e abordagens mais diretas e voltada para um conteúdo específico, conseguindo uma potencialização dos resultados.

1.4 OBJETIVOS

A Subseção 1.4.1 define o objetivo geral deste trabalho e a Subseção 1.4.2 apresenta os objetivos específicos.

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma Revisão Sistemática da Literatura, visando reunir e determinar estudos semelhantes sobre a aplicação da plataforma de prototipagem Arduino no ensino da Física, avaliando metodologias e definindo uma análise qualitativa e quantitativa dos trabalhos avaliados.

1.4.2 Objetivos Específicos

No intuito de alcançar o objetivo geral deste trabalho foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar um levantamento teórico para conhecer os trabalhos relacionados ao tema.
- Reunir estudos primários das principais bases de artigos científicos acerca da aplicação da plataforma de prototipagem Arduino no ensino da Física.
- Realizar um levantamento dos dados quantitativos, considerando os tipos de pesquisas, de métodos e de validação dos estudos selecionados.
- Analisar os dados extraídos e responder à “questão da pesquisa” imposta na RSL.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: no Capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica utilizada para o desenvolvimento deste trabalho; no Capítulo 3 é descrita a metodologia; no Capítulo 4 são apresentados os resultados e discussões; e, por fim, no Capítulo 5 as considerações finais e a sugestão de trabalhos futuros são apresentadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é descrito o referencial teórico utilizado na composição deste trabalho, sendo organizado da seguinte maneira: na Seção 5.1 são apresentados os conceitos sobre Revisão Sistemática da Literatura; Na Seção 5.2 é exposto uma contextualização sobre Arduino no ensino da Física; e na Seção 5.3 os trabalhos relacionados ao tema abordado são apresentados.

2.1 REVISÃO SISTEMÁTICA NA LITERATURA

A revisão sistemática é um método minucioso de pesquisa bibliográfica que visa identificar estudos primários e secundários relacionados a um determinado tópico de pesquisa, permitindo a avaliação e a interpretação de todas as pesquisas relevantes sobre uma questão ou tema de interesse específico (KITCHENHAM, 2004).

Galvão e Pereira (2014) evidenciam que uma metodologia bem definida proporciona uma sumarização de resultados menos tendenciosos, uma vez que permite fornecer dados sobre o efeito de uma variedade de resultados e métodos de pesquisa.

Nesse contexto, Kitchenham (2007) cita os métodos essenciais para o desenvolvimento de uma RSL, sendo: (i) definição da questão da pesquisa; (ii) busca na literatura; (iii) seleção dos estudos; (iv) extração dos dados; (v) avaliação da qualidade metodológica; (vi) metanálise dos dados; e (vii) sumarização e publicação dos resultados, na qual a partir da definição desses parâmetros, é possível identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis.

Sampaio e Mancini (2007), exemplificam que as revisões sistemáticas viabilizam de forma ampla, maiores resultados relevantes, ao invés de limitar as nossas conclusões à leitura de somente alguns artigos. Dessa forma, Roever (2017) ao delimitar esse tipo de estudo ao viés de estudos existentes, denota a confiabilidade e a precisão das informações, pois a combinação de trabalhos, possibilita uma coleta mais racional e menos tendenciosa de análise (organização e integração) das evidências científicas.

Diante do exposto, pode-se afirmar que a RSL vem sendo bastante utilizada e aceita na academia.

2.2 O ARDUINO NO ENSINO DA FÍSICA

Ao mencionar o Arduino em seu trabalho, Santos (2014) o retrata como uma plataforma de prototipagem livre e de código aberto que permite a construção de aplicações devido a sua universalidade, uma vez que é compatível com os principais sistemas operacionais, como por exemplo: *Windows*, *Linux* e *MacOS*, tornando-o amplamente popular em diversas áreas de atuação.

Moreira et al. (2018) evidenciaram o Arduino como uma tecnologia versátil e de utilização simples, proporcionando aplicação por professores e alunos, sendo uma plataforma fundamentada em interfaces e *hardware* fáceis de utilizar. Diante disso, os autores evidenciam o recurso tecnológico como um real motivador para o ensino-aprendizagem dos discentes, já que proporciona diversidade nos recursos didáticos para aulas experimentais no ensino da Física.

A partir do questionamento acerca do processo de aquisição de dados nos Laboratórios de Físicas, Haag, Araujo, Veit (2005) expõem várias possibilidades de implementação de protótipos de baixo custo para aquisição de dados experimentais. Nessas proposições, o Arduino aparece como o microcontrolador escolhido não apenas pela facilidade de aquisição, mas também pela a sua diversidade de aplicação, sendo que não precisa de um conhecimento aprofundado em tecnologia para efetivar um projeto de aplicação, justificando o seu uso em qualquer área que busque automatizar os seus processos.

Laudares et al. (2016) elencam algumas competências e habilidades que os alunos podem adquirir com a aplicação de kits microcontrolados por meio do Arduino, sendo: (i) utilização da informática para resolução de problemas; (ii) aplicação de técnicas de análise de dados com uso de interfaces; (iii) diagnóstico de problemas experimentais; e (iv) apresentação dos resultados científicos de diferentes maneiras, tais como representação numérica, utilização de gráficos e até representação de simulação de fenômenos.

Martinazzo et al. (2014) propõem experimentos físicos assistidos por computador utilizando Arduino UNO R3, sendo definido em três linhas de aplicação: a) Variação da temperatura durante a evaporação; b) Lei de resfriamento de Newton; e c) Estudo dos movimentos. Dessa forma, percebe-se a utilização de tecnologias em sistemas de aquisição de dados automáticos nos laboratórios de Físicas.

Diante do exposto, pode-se dizer que o Arduino vem sendo utilizado para facilitar o ensino da Física.

2.3 TRABALHOS RELACIONADOS

Na sua pesquisa, Filho (2015) evidencia que a maioria dos trabalhos publicados nos últimos anos na área de Física Experimental faz o uso da placa Arduino para aquisição automática de informações físicas, sendo apresentada em *softwares* que possibilitam a leitura gráfica dos dados obtidos.

Fonseca e Vega (2011) propuseram o desenvolvimento de um estudo e de materiais didáticos práticos com base em um kit usando um microcontrolador, sendo que na sua elaboração foram considerados parâmetros de alguns conteúdos de Física, tais como calorimetria, mecânica e dinâmica.

Em Moreira et al. (2018) foi realizada uma RSL, a fim de identificar as contribuições do Arduino no processo do ensino da Física, definindo resultados satisfatórios sobre diferentes propostas didáticas aplicadas em sala de aula. Ainda nesse sentido, os autores destacam que dos ramos da Física mais abordados nos estudos levantados em uma revisão, foram: 40% terminologia, 25% mecânica, 15% física moderna, 15% eletromagnetismo e 5% ondas. Sendo assim, algumas áreas foram pouco abordadas, como Óptica Geométrica e Hidrostática, ficando como lacuna para trabalhos futuros.

Ao retratar a produção de referencial teórico brasileiro, Junior, Lins e Leão (2017), sintetizam que ainda não há um referencial teórico claramente estabelecido, diferentemente da produção internacional. Isto é, percebe-se a relevância de trabalhos de elaboração de RSL que enfatizam a aplicação de plataforma microcontroladas e robótica educacional no ensino da Física.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentado o protocolo de pesquisa, seguindo as diretrizes de Kitchenham et al. (2007).

3.1 CONDUÇÃO DA PESQUISA

Na esquematização da pesquisa são apresentados a estratégia e os principais pontos do plano elaborado, sendo elas: objetivo, questões de pesquisa, processo de busca, critérios de seleção, critérios de qualidade dos estudos e extração de dados.

3.1.1 Questão da Pesquisa

A finalidade deste estudo é a condução de uma Revisão Sistemática de Literatura, para analisar e identificar metodologias/abordagens da aplicação da plataforma Arduino mais adequadas para o ensino da Física. Nesse sentido, possibilita a questão da pesquisa (QP) geral apresentada a seguir.

QP: “Quais são as abordagens que utilizam a plataforma de prototipagem Arduino no Ensino da Física?”

No intuito de clarificar a questão da pesquisa, subdividiu-se em outras questões pertinentes.

- QP1: Técnicas computacionais (ou plataforma de prototipagem) são comumente utilizadas para o ensino da Física?
- QP2: Quais áreas do ensino da Física geralmente utilizam a plataforma de prototipagem Arduino?
- QP3: Como são avaliados os experimentos nos quais o Arduino é utilizado no ensino da Física?

As questões citadas acima serão utilizadas para o desenvolvimento da RSL.

3.1.2 Estratégia da Pesquisa

As “*strings de busca*” (palavras-chaves) e seus sinônimos foram definidos e submetidos aos modos de busca, tanto no idioma Inglês como em Português, agrupando estudos que fornecem evidências de conformidade com o objetivo da pesquisa. Para a elaboração e identificação das palavras-chaves a partir da questão da pesquisa, considerou-se a terminologia População, Intervenção, Comparação e Resultado (PICR), assim como sugerido em Kitchenham et al. (2007).

- **População:** Estudos científicos que de algum modo utilizaram algum método, abordagem e/ou ferramenta para a aplicação do Arduino no ensino da Física;
- **Intervenção:** Métodos, técnicas e ferramentas de ensino da Física que utilizam o Arduino;
- **Comparação:** Agrupamento de artigos e outros trabalhos levantados e relacionados da área de pesquisa e alguns trabalhos relacionados;
- **Resultado:** Conjuntos das abordagens utilizadas para o ensino da Física;

As palavras selecionadas levaram em consideração os seus sinônimos. De tal forma, a formação da “*string de busca*” é acoplada pelos operadores booleanos ‘AND’ (para incluir categorias) e ‘OR’ (para definir palavras similares). Dessa forma, o resultado está contido no contexto de metodologia para o ensino da Física utilizando a plataforma de prototipagem Arduino.

Com isso, identificou-se fontes eletrônicas de relevância para esse tipo de pesquisa, que sejam suficientemente consideráveis para melhor responder à questão da pesquisa.

Para a aplicação das “*strings de busca*” utilizou-se os motores de busca IEEE¹, Scielo², Scopus³, IOP Sciencie⁴ e Web Of Science⁵. Na Tabela 1, é apresentado como as chaves de busca foram utilizadas nos motores de busca, sendo implementadas as duas com o mesmo princípio, mudando apenas o idioma.

A partir dos resultados da busca, são selecionados os estudos relacionados com a proposta da pesquisa, que estejam presentes as chaves de busca de forma clara em seu título, resumo, palavras-chave e/ou termos indexados. Após a leitura do título e do resumo, são

¹ <https://www.ieee.org/index.html>

² <http://www.scielo.br/>

³ <https://www.elsevier.com/solutions/scopus>

⁴ <https://iopscience.iop.org/>

⁵ <https://webofknowledge.com/>

aplicados os critérios de inclusão e exclusão. O trabalho é então lido por um revisor, no qual o mesmo confirma a sua relevância no objetivo da RSL.

Tabela 1. Palavras-Chave Utilizadas nos Motores de Busca

MOTORES DE BUSCA	CHAVE DE BUSCA	
	INGLÊS	PORTUGUÊS
IEEE ¹	((teaching) OR (education)) AND (arduino) AND ((physics) OR (teaching physics))	((ensino) OR (educação)) AND (arduino) AND ((física) OR (ensino da física))
Scielo ²		
Scopus (Elsevier) ³		
IOPscience ⁴		
Web Of Science ⁵		

Fonte: Autor, 2020.

Para o gerenciamento dos estudos o *software* StArt⁶ foi utilizado, uma vez que essa ferramenta foi criada para auxiliar pesquisadores no processo de elaboração de uma RSL. Com esse utilitário, pode-se definir um protocolo, os critérios de inclusão e exclusão, especificar os critérios de avaliação de qualidade e também extrair os dados, fornecendo como saída uma sumarização dos resultados obtidos com a extração dos dados por meio de gráficos.

3.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO E QUALIDADE

Para efetivação concreta do objetivo da pesquisa, ou seja, identificar estudos primários que forneçam subsídios concretos para responder à questão de pesquisa, é necessário que os critérios de inclusão e exclusão sejam baseados na interpretação das questões de pesquisa QP1, QP2 e QP3, conforme definidos no Tópico 3.1.1 desta seção. Antes da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, os seguintes critérios gerais de seleção foram aplicados:

- Artigos revisados por pares;
- Artigos disponíveis em inglês ou português;
- Estudos publicados nos últimos 5 anos (2016 a outubro de 2020);

⁶ http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool

Os dois primeiros critérios foram aplicados diretamente em todos os motores de busca adotados e o último critério é automaticamente executado pela ferramenta StArt.

3.2.1 Critérios de Inclusão

Para que os resultados correspondam aos interesses da RSL, os seguintes critérios de inclusão (CI) de trabalhos foram definidos:

- CI1 – Relação com o uso de plataforma de prototipagem;
- CI2 – A presença de recursos e tecnologias para o ensino da Física;
- CI3 – Estudos que apresentam visões gerais sobre a aplicação do Arduino no ensino da Física;

3.2.2 Critérios de Exclusão

Para evitar que trabalhos não relacionados aos interesses da pesquisa fossem selecionados, definiu-se os seguintes critérios de exclusão (CE) de trabalhos:

- CE1 – Artigos indexados em mais de um motor de busca (duplicados);
- CE2 – Estudos publicados como artigos curtos ou pôsteres;
- CE3 – O texto completo do estudo não possui disponibilidade de acesso;
- CE4 – O estudo não está relacionado ao ensino da Física;
- CE5 – O estudo não está em conformidade com os interesses da pesquisa.

3.3 EXTRAÇÃO DE DADOS

Na etapa de extração de dados, o principal objetivo é responder à questão da pesquisa. Dessa forma, os principais critérios de classificação são referentes às datas de publicação, o tipo de pesquisa, o tipo de metodologia abordado, a população do estudo e como foi realizada a validação dos dados.

Assim sendo, após a etapa de determinar os trabalhos definitivamente incluídos, estes foram lidos na íntegra. O revisor fez uma análise de cada um deles, formulando uma

esquematização de informações que detalham os principais critérios de cada artigo, evidenciando assim, a sua finalidade ao tema abordado. Os artigos foram classificados das seguintes maneiras:

- Data de Publicação

Análise de publicações no decorrer dos últimos 5 anos (2016-2020).

- Área Temática de Aplicação na Física

Seguindo as diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2010), classificam-se os artigos levantados na pesquisa nas seguintes áreas: (i) Conhecimentos Fundamentais, (ii) Cinemática, (iii) Dinâmica, (iv) Hidrostática e Hidrodinâmica, (v) Ondulatória, (vi) Termologia, (vii) Eletromagnetismo, (viii) Óptica e (ix) Física Moderna.

- Tipo de Pesquisa

i. Analítico: Os dados foram obtidos através da aplicação em campo, ou seja, o estudo foi aplicado no contexto da sala de aula, em contato direto com os alunos e professores.

ii. Fenomenológico: Os dados foram obtidos a partir da abordagem teórica.

- Tipo de Metodologia de Análise

i. Metodologia Quantitativa: Os dados são apresentados por meio de representação numérica experimental, no qual é quantificado o impacto da pesquisa aplicada no âmbito da sala de aula.

ii. Metodologia Qualitativa: Os dados são apresentados pelo desenvolvimento e aplicação subjetiva, uma vez que a aplicação não foi concretizada no âmbito de sala de aula.

- População do Estudo

Define o número da população que o estudo foi aplicado.

- Validação da Pesquisa

- i. Experimental: É classificado como Experimental, todo aquele trabalho cuja validação ocorreu pela obtenção de dados da aplicação do experimento automatizado na sala de aula. Como exemplo, pode ser citado o trabalho de ID E2 (Apêndice A), pelo fato de aplicar um robô utilizando a plataforma Arduino para o ensino dos fundamentos da Física, tais como leis de Ohm e movimento retilíneo, em sala de aula.
- ii. Comparativa – Comparação de dados teóricos e experimentais do aparato automatizado, sem aplicação do experimento na sala de aula. Como exemplo, pode ser citado o trabalho de ID E16 (Apêndice A), uma vez que desenvolve um aparato para obtenção da aceleração da gravidade. Os resultados experimentais apresentam um erro relativo de 0,1% e são comparados com o valor local de g medido pelo Observatório Nacional do Rio de Janeiro.
- iii. Análise – A partir da automatização do experimento, o trabalho analisa e/ou sugere os possíveis impactos caso o experimento automatizado seja aplicado a um contexto de sala de aula. É classificado como Análise, a validação que ocorreu por subjetividade, uma vez que desenvolve discussões a partir de diversos cenários de aplicação. Pode ser citado como exemplo o estudo de ID 40 (Apêndice A), no qual é descrito detalhadamente a aplicação do experimento a partir de três fases: (i) exploração, (ii) introdução do conceito e (iii) aplicação do conceito, citando a participação do professor e do aluno (deficiente e não-deficiente), e de como cada um é incluído no processo de aprendizagem de ondas.

Por fim, utilizou-se os seguintes requisitos, os quais foram relacionados com as subdivisões da QP, na finalidade de melhorar representar as informações levantadas dos artigos.

- QP1: verificar nos estudos se alguma técnica computacional foi utilizada para auxiliar o ensino da Física;
- QP2: identificar quais abordagens (de acordo com a classificação sugerida nesta seção) foram mais utilizadas para a efetivação do Arduino no ensino da Física;
- QP3: identificar quais áreas da Física foram mais abordadas com o uso de plataforma de prototipagem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados, as estatísticas de publicação e a análise dos tipos de pesquisas e metodologias usadas, bem como os estudos selecionados, comparando as metodologia e/ou abordagem de cada trabalho e, assim, apresentando um levantamento quantitativo e qualitativo.

4.1 VISÃO GERAL DOS RESULTADOS

Conforme mencionado na Seção 3.1.2, as “*strings de busca*” definida foi aplicada em cada um dos motores de busca no mês de outubro de 2020. Na Tabela 2, encontram-se os resultados das quantidades de “estudos primários” obtidos em cada base de dados.

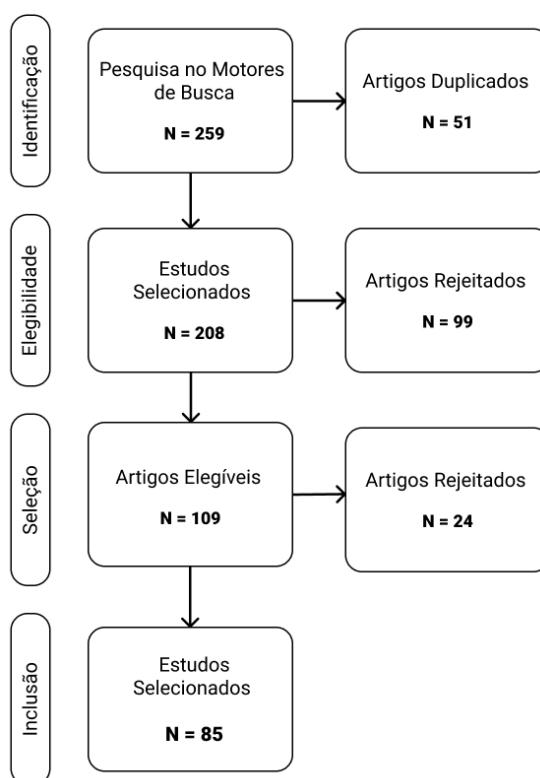
Tabela 2. Resultado das Pesquisas

NÚMERO DE ARTIGOS COM BASE NAS PESQUISAS		
MOTORES DE BUSCA	Ano	RESULTADO
IEEE	2016-2020	25 Artigos
Scielo.ORG		41 Artigos
Scopus (Elsevier)		74 Artigos
IOP Sciencie		106 Artigos
Web Of Science		13 Artigos
	Total	259 Artigos

Fonte: Autor, 2020.

Os artigos duplicados foram reconhecidos automaticamente pelo software StArt, totalizando 51 artigos duplicados, obtendo ao final do processo de pesquisa nos bancos de dados um total de 208 artigos. Com isso, foi aplicado a primeira etapa de inclusão/exclusão, onde foram lidos o título, o resumo e as palavras-chaves, conseguindo um total de 109 artigos aceitos e 99 artigos rejeitados, seguindo pela a etapa de seleção, onde ainda teve 24 artigos rejeitados, sumalizando o total de 85 artigos aceitos. Na Figura 1, o processo de aplicação dos critérios definidos e adotados no protocolo de pesquisa da RSL é evidenciado.

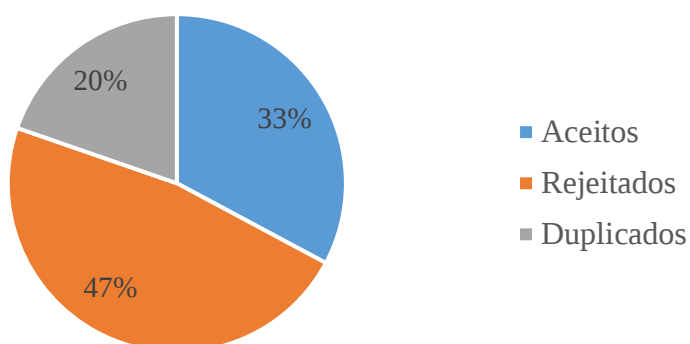
Figura 1. Aplicação dos Critérios de Inclusão/Exclusão



Fonte: Autor, 2020.

O Gráfico 1 ilustra a quantificação dos artigos levantados na pesquisa, conforme apresentado na Figura 1.

Gráfico 1. Quantificação dos Artigos



Fonte: Autor, 2020.

Observando o Gráfico 1, é possível identificar que 33% (85) dos artigos foram aceitos, enquanto que 20% (51) foram artigos duplicados, e 47% (123) rejeitados. As ocorrências de rejeições se devem ao fato que não estavam relacionados ao uso do Arduino no ensino da Física

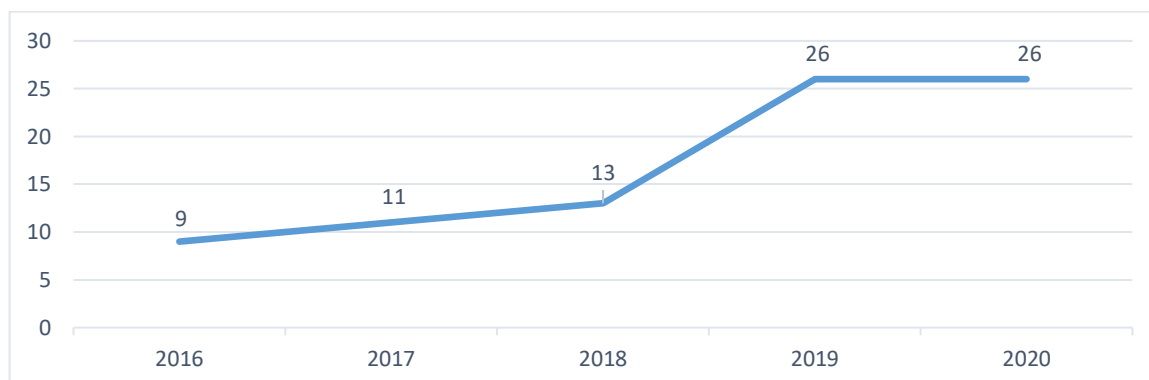
(CE4) (Seção 3.2), ou estava relacionada ao ensino da Física, mas não utilizava necessariamente a plataforma de prototipagem Arduino (CE5) (Seção 3.2).

No Apêndice A, encontram-se as informações referentes a todos os artigos levantados, assim como o ID, o Título do Estudo, Autores, Ano de Publicação e o endereço DOI.

4.1.1 Frequência de Publicação

No Gráfico 2, é apresentada a quantidade dos estudos selecionados para cada ano analisado.

Gráfico 2. Frequência de Publicações



Fonte: Autor, 2020.

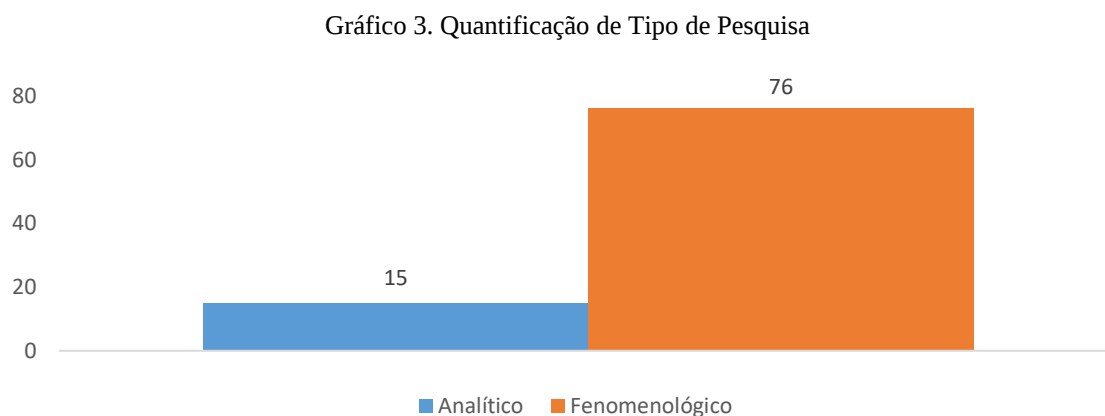
De acordo com o Gráfico 2, observa-se o aumento crescente de publicação a cada ano. Destaca-se um aumento de quase 200% quando se compara o ano de 2016 e 2020, o que sugere uma aceitação importante na aplicação do Arduino no ensino da Física.

4.2. RESULTADOS A PARTIR DAS METODOLOGIAS UTILIZADAS

No Apêndice B, encontram-se as características dos estudos levantados relacionadas às metodologias utilizadas pelos autores, tais como, ID, Tipo de Pesquisa, Tipo de Metodologia de Análise, Área da Física, Validação da Pesquisa e Números de População do Estudo. Com isso, podemos referenciar os artigos a partir do seu ID atribuído no Apêndice A e no Apêndice B.

4.2.1 Tipo de Pesquisa

No Gráfico 3 é apresentada a quantidade dos trabalhos por tipos de pesquisa, conforme definido na seção 3.3.

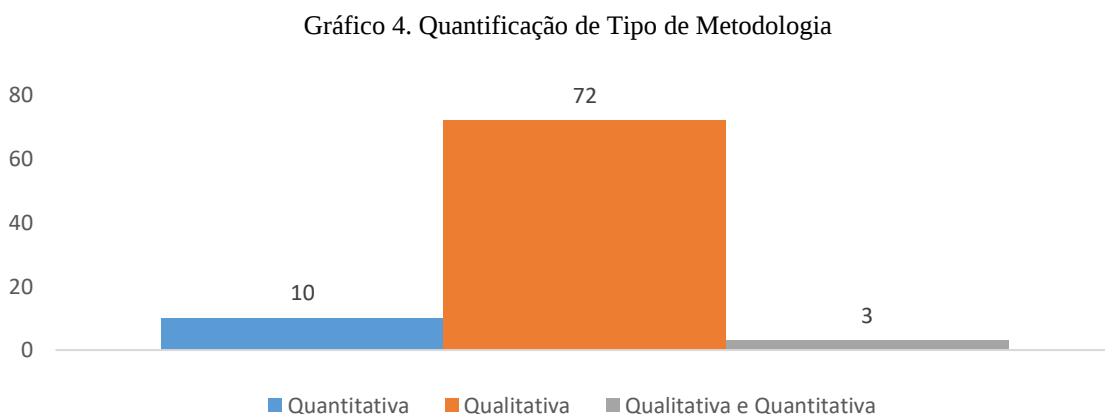


Fonte: Autor, 2020.

Conforme o Gráfico 3, percebe-se que a maioria dos artigos foram classificados como do tipo Fenomenológico (76 artigos), e apenas 15 artigos foram definidos como tipo Analítico, sendo que alguns artigos foram identificados mais de um tipo de pesquisa, ou seja, um mesmo estudo foi especificado como Analítico e Fenomenológico; evidenciando que maior parte foi obtida a partir da abordagem teórica, não concretizando uma aplicação direta em sala de aula.

4.2.2 Tipo de Metodologia de Análise

O Gráfico 4 apresenta a quantificação dos trabalhos por Tipo de Metodologia.

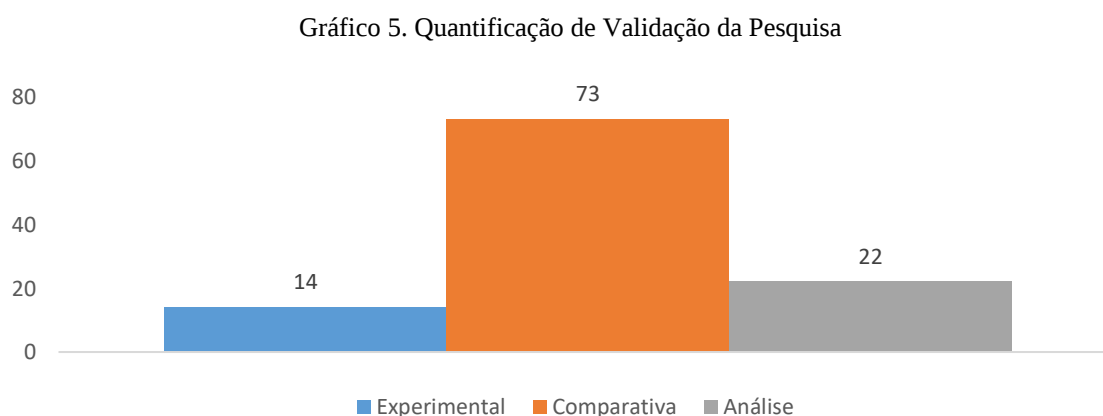


Fonte: Autor, 2020.

Observando o Gráfico 4, percebe-se que a maior parte dos estudos levantados foram identificados pela metodologia Qualitativa (72 artigos), e que somente 10 artigos foram caracterizados como metodologia Quantitativa. É possível destacar no levantamento de dados das aplicações publicadas, uma vez que somente 3 artigos foram classificados como metodologia Qualitativa e Quantitativa, apresentando tanto aplicação subjetiva, como também quantificação dos impactos em sala de aula, visto que ao englobar essas duas metodologias conseguiram uma finalidade mais ampla, proporcionando uma análise dos resultados antes e depois da aplicação em sala de aula.

4.2.3 Validação e Casos Estudados

No Gráfico 5 é apresentado a quantidade dos trabalhos por tipos de validação da pesquisa.



Fonte: Autor, 2020.

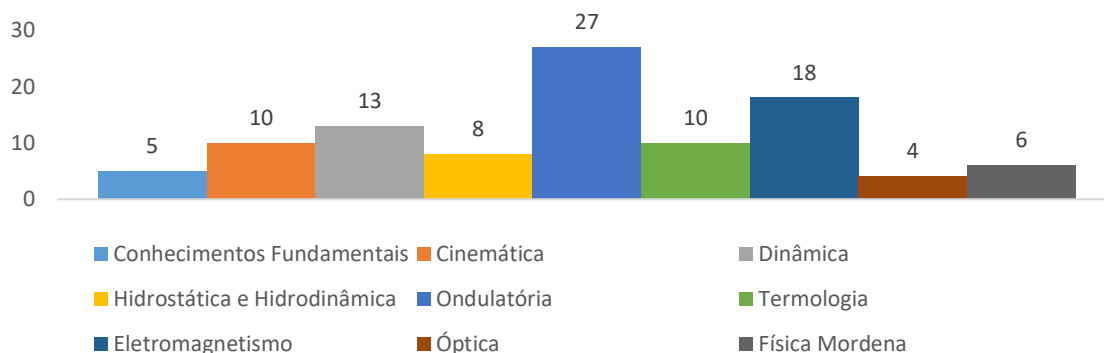
De acordo com o Gráfico 5, observa-se que 73 estudos foram classificados como Comparativa, 22 como Análise e apenas 14 como Experimental.

A maioria dos artigos (73) apresentam o desenvolvimento de aparato experimental, incluindo informações detalhadas sobre esquemas de montagem do *hardware* com o Arduino e a representação do código, não tendo uma aplicação direta em campo (laboratório ou sala de aula), ou seja, a validação da pesquisa se dá pela comparação de dados obtidos teoricamente e os experimentais. No entanto, a quantificação dos trabalhos de Análise (22) e Experimental (14) busca uma ilustração de cenário a partir da análise por decorrência de uma aplicação subjetiva ou concreta na sala de aula.

4.2.4 Área Temática da Física

O Gráfico 6 apresenta a quantificação dos trabalhos por áreas da Física.

Gráfico 6. Quantificação de Abordagem por Área



Fonte: Autor, 2020.

De acordo com Gráfico 6, a maioria dos trabalhos selecionados abordam o conteúdo de Ondulatória (27 artigos), seguindo por Eletromagnetismo (18 artigos) e de Dinâmica (13 artigos). Já a área menos abordada é Física Moderna (6 artigos), acompanhada por Conhecimentos Fundamentais (5 artigos) e Óptica (4 artigos). Como mostrado no Apêndice B, alguns trabalhos abordam mais de uma área da Física.

Foi possível identificar alguns conteúdos mais abordados dentro das áreas da Física, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Conteúdos mais abordados nos Estudos Levantados

Área	Conteúdo	Quantidade	ID do Artigo
Ondulatória	Pêndulo Físico, de Wilberforce, de Torção e de Kater	6	E36; E46; E63; E68; E74; E85
	Movimento Harmônico Simples e Amortecido	4	E15; E53; E70; E80
Eletromagnetismo	Campo Magnético	4	E11; E19; E62; E70
	Circuitos Elétricos (RC, RLC, Lei de Ohms, Circuito DC)	9	E14; E19; E16; E22; E23; E42; E48; E55; E73
Dinâmica	Força Peso, Normal, de Colisão	5	E4; E22; E58; E44; E64

	Coeficiente de Atrito	3	E52; E61; E67
Cinemática	Movimento Horizontal (Queda Livre)	3	E6; E45; E75
Termologia	Troca ou Perda de Calor	4	E1; E22; E70; E84

Fonte: Autor, 2020.

Na área de Eletromagnetismo, o conteúdo de Circuitos Elétricos (9 artigos) se apresenta com um número maior de publicações. Na área de Ondulatória, o conteúdo sobre Pêndulo (6 artigos) aparece como o de maior destaque. Já na área de Dinâmica, o conteúdo de Forças (5 artigos) aparece como o conteúdo em que mais trabalhos foram encontrados, sendo esses três citados os conteúdos mais abordados a partir dos estudos levantados.

4.3 SOLUÇÕES A QUESTÃO DA PESQUISA

Em conformidade com a Questão da Pesquisa “Quais são as abordagens para aplicações que utilizam a plataforma de prototipagem Arduino no ensino da Física?”, pode-se evidenciar a partir da RSL que existem diversas abordagens na utilização do Arduino para representar fenômenos físicos no ensino da Física. Conforme apresentado no Capítulo 3, a questão de pesquisa foi subdividida em três questões e as respostas são apresentadas nas próximas subseções.

4.3.1 Técnicas Computacionais (ou Plataforma de Prototipagem) são Comumente Utilizadas para o Ensino da Física?

Ao dialogar com a ideia da aplicação de técnicas computacionais como ferramenta de ensino, percebe-se que todos os estudos levantados nesta pesquisa utilizam alguma técnica computacional para o ensino da Física. Nesse sentido, considerando a quantificação dos trabalhos levantados, evidencia-se que as técnicas computacionais são comumente aplicadas para o ensino da Física, concretizando a QP1 definida na Subseção 3.1.1.

4.3.2 Quais Áreas do Ensino da Física Geralmente Utilizam a Plataforma de Prototipagem Arduino?

Nesse contexto, verifica-se uma utilização ampla em todas as áreas da Física, tais como Ondulatória, Eletromagnetismo, Dinâmica, Cinemática e Termologia, destacando-se algumas áreas com um número maior de publicações. Verificou-se uma concentração de estudos em determinado conteúdo, uma vez que 10 dos 27 artigos de Ondulatória, abordam o estudo de Movimento Harmônico.

Além disso, pode-se evidenciar por meio de 9 dos 18 artigos incluídos nos critérios da pesquisa sobre Eletromagnetismo, que o assunto de Circuitos Elétricos é um assunto com possibilidade de automatização, como também o estudo de Forças na Dinâmica, como a Peso, a Normal e a de Colisão (5 artigos) ou até mesmo a de Atrito (3 artigos), como representado na Subseção 4.2.4. Dessa forma, indo a encontro com QP2 definida na Subseção 3.1.1, a partir da RSL foi possível definir as áreas e os conteúdos mais abordados no contexto de aplicação da plataforma Arduino.

4.3.3 Como são Avaliados os Experimentos nos quais o Arduino é Utilizado no Ensino da Física?

Para exemplificar as abordagens identificadas, pode-se destacar o artigo E1, no qual o desenvolvimento de um conjunto de 11 experimentos de laboratório, incluindo informações detalhadas sobre esquemas, códigos e atividades para alguns dos experimentos são apresentados como um guia do procedimento mostrando a relação com a teoria, ou seja, se utiliza de uma abordagem classificada como do tipo Comparativa (Seção 3.3). Nesse sentido, têm-se que 85% (73 artigos) dos trabalhos levantados usa a concordância entre os resultados obtidos pela medição do uso do Arduino e o estudo teórico, nos quais apresentam como sugestão, o uso do aparato experimental desenvolvido na reprodução do experimento em sala de aula, destacando como vantagem, além dos motivos didáticos já mencionados, a visualização e análise dos dados em tempo real de execução.

No artigo E2, uma validação do tipo Experimental (Seção 3.3) é aplicada por meio da metodologia Aprendizagem Baseada em Projetos (do Inglês, *Project Based Learning* - PBL). No trabalho em questão, têm-se a proposta de projetar e construir um robô utilizando os

princípios básicos da robótica, programação e os fundamentos da tecnologia de fabricação aditiva apreendida de conhecimentos básicos de Física. O impacto da aplicação dessa metodologia se deu por um aumento da média da nota final do curso de Física em 20% ao implementar as estratégias de aprendizagem proposta.

Uma outra metodologia abordada foi a Ambiente de Aprendizagem Científica Investigativa (do Inglês, *Investigative Science Learning Environment* - ISLE), utilizada no trabalho E55. Este método descreve os materiais que os alunos utilizam, as perguntas a serem respondidas e sugestões sobre como executar as atividades. A metodologia é desenvolvida a partir do princípio se-então-senão, comumente usada no ensino de Algoritmos. A seguir tem-se um exemplo deste princípio: “**Se** (a explicação) estiver correta **e** fizermos (o experimento de teste) **então** (a previsão) **senão** (raciocínio que mostra como a previsão segue da explicação em teste está correto)”. Este trabalho se utiliza de uma abordagem classificada como do tipo Análise (Seção 3.3), visto que apenas inferências (análises) sobre a aplicação do aparato experimental em sala de aula são descritas por meio do princípio se-então-senão.

No artigo E16, foram definidas Práticas Construtivistas da aplicação do Arduino no ensino da Física, sendo classificadas em tópicos de ensino-aprendizagem, especificando as limitações dos alunos em cada processo. A partir da discussão de cada etapa, os autores ressaltam que à medida que os alunos adquiriram mais autonomia a forma de lidar com os erros físicos experimentais se tornou assunto para discussão e análise.

A partir da RSL realizada, após análise dos trabalhos incluídos no protocolo de pesquisa, percebe-se que os métodos de avaliação são diversos, não existindo uma unanimidade na escolha da validação de técnicas de aplicação do Arduino. O que pôde ser observado é que na maioria dos trabalhos, apenas o desenvolvimento experimental é apresentado e a validação é realizada de maneira comparativa, confrontando teoria e prática. É importante ressaltar ainda que, neste caso, os trabalhos não apresentaram efetivação com o público alvo, ou seja, não há aplicação do experimento automatizado em sala de aula.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura a partir do protocolo de pesquisa proposto com o intuito de apresentar uma visão geral das abordagens da aplicação da plataforma Arduino no ensino da Física. Os resultados destacados podem auxiliar docentes e/ou pesquisadores que desejem buscar por experimentos automatizados para o ensino da Física, como também possibilita a eles identificarem áreas e conteúdo da Física pouco explorados.

Analisando os resultados apresentados na Subseção 4.2, pode-se considerar que a questão da pesquisa deste trabalho, apresentada na Subseção 3.1.1, tem como principal conclusão que a plataforma Arduino é amplamente utilizada no ensino de Física, se tornando presente algumas abordagens de ensino, sendo que todas têm como finalidade o uso do aparato experimental na reprodução do experimento em sala de aula. Ainda nesse contexto, é importante destacar que a abordagem por Qualitativa (metodologia de análise) e por Comparativa (validação) foram as de maior quantidade dentre os trabalhos analisados.

É importante enfatizar que a RSL aqui apresentada não apresenta todas as questões e implicações da aplicação da plataforma Arduino no ensino da Física, mas serve como suporte à melhoria desse tipo de trabalho.

É evidente que fatores negativos que foram identificados em alguns dos estudos levantados, como, por exemplo, a ausência de: (i) detalhamento na aplicação em sala de aula; (ii) material de apoio aos professores; e (iii) dos possíveis empecilhos ao construir e/ou testar o aparato experimental sugerido. Desse modo, esses e demais fatores podem implicar em dificuldades para replicação do trabalho na sala de aula.

Para trabalhos futuros, pretende-se realizar o desenvolvimento de um projeto cuja finalidade consiste no desenvolvimento de um Kit de Física experimental colaborativo e participativo utilizando a placa de prototipação Arduino. Tal trabalho pode ser aplicado nos conteúdos que não foram encontrados ou foram poucos abordados na RSL aqui desenvolvida. Nesse contexto, pode-se elencar um estudo que aborde o desenvolvimento de um aparato para determinar a densidade de corpos a partir de fluidos com a aplicação do princípio de Arquimedes, sendo este assunto comumente abordado no Laboratório de Hidrostática e Hidrodinâmica. Dessa forma, a partir da RSL, foram encontrados diversos trabalhos que podem auxiliar no desenvolvimento de tal experimento e sua futura aplicação em sala de aula. Assim,

pode-se medir o impacto no processo de ensino-aprendizagem de Física, apresentando razões para o seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Toni; SILVA, José Paulo Pereira da. **Uso do Computador para o ensino de Física com base na Aprendizagem Significativa**. In: Visão Universitária, Mato Grosso, ano 2016, v. 2, n. 1, p. 35-49, 2016.

BEZERRA Jr., A. G.; MERKLE, L. E.; SOUZA, E. S.; SPOLAORE, L. S.; RICETTI, R.; GIMENEZ-LUGO, A.; SAAVEDRA FILHO, N. C. **Tecnologias Livres e Ensino de Física: Uma Experiência na UTFPR**. In: Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, ES, 2009.

BRASIL, M. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Parte III. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2010.

CASTRO, Luis Henrique Monteiro de. **O Uso Do Arduino e do Processing no Ensino de Física**. Orientador: Felipe Mondaini. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. **Física com Arduino para iniciantes**. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4503, 5 dez. 2011.

FILHO, Gilberto Fetzner. **Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em Nível Médio usando a placa Arduino-UNO**. Orientador: Ives Solano Araújo. 2015. 206 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2015.

FONSECA, Erika G. P. da; VEGA, Alexandre S. de la. **Tutorial Sobre Introdução a Projetos Utilizando o Kit de Desenvolvimento Arduino**. In: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Blumenau - SC, 2011.

GALVÃO, Taís Freire; PEREIRA, Mauricio Gomes. **Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração**. In: Epidemiol. Serv. Saúde v.23 n.1 Brasília mar. 2014.

HAAG, R.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. **Por que e como introduzir aquisição automática de dados no laboratório didático de Física?**. In: Física na Escola, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 89-94, 2005.

JUNIOR, Luiz Alberto da Silva; LINS, Walquiria Castelo Branco; LEÃO, Marcelo Brito Carneiro. **Análise das produções brasileiras publicadas nos ENPEC sobre robótica educacional no ensino de ciências.** In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, SC, 2017.

LAUDARES, Francisco Antonio Lopes; CRUZ, Frederico Alan de Oliveira; CRUZ, Tessie Gouvêa da; BIGANSOLLI, Antonio Renato. **Instrumentação para Ensino de Física da UFRuralRJ: experiências docentes para a introdução tecnológica.** In: Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria, Mato Grosso, ano 2014, v. 7, n. 1, p. 51-58, 2016.

KITCHENHAM, B. **Procedures for Performing Systematic Reviews.** Joint Technical Report, Keele University TR, July 2004.

KITCHENHAM, Barbara. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering.** EBSE Technical Report: 9 de julho de 2007.

MARTINAZZO, Claodomir Antonio; TRENTIN, Débora Suelen; FERRARI, Douglas; PIAIA, Matheus Matiasso. **Arduino: Uma Tecnologia no Ensino de Física.** In: Revista Perspectiva, Erechim. v. 38, n.143, p. 21-30, Setembro/2014.

MOREIRA, Michele Maria Paulino Carneiro; ROMEU, Mairton Cavalcante; ALVES, Francisco Regis Vieira; SILVA, Francisco Roberto Oliveira da. **Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino.** In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 35, n. 3, p. 721-745, dez. 2018.

OLIVEIRA, Vagner; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. **Resolução de problemas abertos no ensino de física: uma revisão da literatura.** In: Revista Brasileira de Física, Vol. 39, NP 3, 2017.

ROEVER, Leonardo. **Compreendendo os estudos de revisão sistemática.** In: Revista da Sociedade Brasileira de Clínica Médica, 15(2)127-30, abr./jun. 2017.

SAMPAIO RF, MANCINI MC. **Estudos de Revisão Sistemática: um Guia para Síntese Criteriosa da Evidência Científica.** In: Revista Brasileira de Fisioterapia, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, jan./fev. 2007.

SANTOS, Elio Molisani Ferreira. **Arduino: Uma Ferramenta para Aquisição de Dados: Controle e Automação de Experimentos de Óptica em Laboratório Didático de Física no**

Ensino Médio. Orientadora: Rejane Maria Ribeiro Teixeira. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SOUZA, Marcos A. M.; DUARTE, José R. R. **Low-cost educational robotics applied to physics teaching in Brazil.** In: Physics Education, p. 482-488, 2015.

APÊNDICE A – Identificação dos Estudos Seleccionados

ID	Título do Estudo	Autores	Ano	DOI
E1	Project Teaching Beyond Physics Integrating Arduino To The Laboratory	C. A. Petry; F. S. Pacheco; D. Lohmann; G. A. Correa; P. Moura.	2016	10.1109/TAEE.2016.7528376
E2	How to Motivate the Interest in Physics to Engineering Students Without Dying in the Attempt?	A. Luna; A. Talavera; M. Chong	2018	10.1109/EDUNINE.2018.8450949
E3	Real time free fall investigation for educational purposes using Arduino Uno board	El Hadi, M.; El Moussaouy, A.; Ouariach, A.; Essaadaoui, R.; Hachmi, A.; Laabidi, K.; Magrez, H.; Meziani, Y.M.	2020	10.1088/1361-6552/aba12f
E4	Using an Arduino microcontroller to build a Planetary Scale for study of weight force	Silva, V.T.O.; De Medeiros, R.N., Jr.; Silva, W.O.; Medeiros, S.R.R.	2020	10.1088/1361-6552/ab864e
E5	Using Arduino in physics experiments: determining the speed of sound in air	Coban, A.; Coban, N.	2020	10.1088/1361-6552/ab94d6
E6	The design and implementation of an instrument for converting angular velocity to linear velocity based on arduino atmega 2560	Sesa, E.; Feriyono, A.; Djamal, M.; Musa, M.D.T.; Ulum, M.S.; Farhamsa, D.	2020	10.1088/1742-6596/1434/1/012001
E7	Light diffraction experiment using fully automated data collection by Arduino	Admiral, T.D.	2020	10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0139

E8	The use of an Arduino moisture sensor for determining of the water retention curve of a porous systems	Cássaro, F.A.M.; de Oliveira, J.A.T.; Cruz, H.; Pires, L.F.	2020	10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0130
E9	Study of properties of Light Emission Diode (LED) for the determination of the Planck constant in a automated device with Arduino platform aid	Oliveira, I.N. de; Ramos, J.A.P.; Silva, W.L.; Chaves, V.D.; Melo, C.A.O de.	2019	10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0105
E10	Speed of sound in metals by the time of flight method	de Souza, D.B., Jr.; de Araújo, J.W.B.; Kakuno, E.M.	2020	10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0164
E11	Development of an educational low-cost teslameter by using Arduino and Smartphone application	Atkin, K.; Ouariach, A.; El Hadi, M.; El Moussaouy, A.; Hachmi, A.; Magrez, H.; Bria, D.	2020	10.1088/1361-6552/ab78dd
E12	Using gratzel cells as Arduino-controlled photosensors: Proposals for the insertion of nanoscience and nanotechnology in classroom	Castro, T.J.	2020	10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0072
E13	Do powerbanks deliver what they advertise? Measuring voltage, current, power, energy and charge of powerbanks with an Arduino	Holz, C.; Pusch, A.	2020	10.1088/1361-6552/ab630c
E14	Usage of Arduino as an alternative system to measure global solar radiation and educational practices	Alves, P.V.; Reis, L.H.S.; Querino, C.A.S.; Moura, M.A.L.; Feitosa Junior, A.A.; Martins, P.A.S.	2020	10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0304
E15	An Arduino board with ultrasonic sensor investigation of simple harmonic motion	Buachoom, A. ; Thedsakhulwong, A. ; Wuttirom, S.	2019	10.1088/1742-6596/1380/1/012098

E16	The educational robotics and Arduino platform: Constructionist learning strategies to the teaching of physics	Giacomassi Luciano, A.P.; Altoé Fusinato, P.; Carvalhais Gomes, L.; Luciano, A.; Takai, H.	2019	10.1088/1742-6596/1286/1/012044
E17	Decay, accumulation, and growth to stability in dynamic systems: Investigating similarities and differences for teaching purposes	Atkin, K.	2019	10.1088/1361-6552/ab4866
E18	Timing a light pulse in the introductory physics lab	Walkup, J.R.; Key, R.A.; Talbot, P.R.M.	2019	10.1088/1361-6552/ab15b4
E19	Investigation of the effect of the integration of arduino to electrical experiments on students' attitudes towards technology and ICT by the mixed method	Kirikkaya, E.B.; Basaran, B.	2019	10.12973/eu-jer.8.1.31
E20	Development of Thermal Radiation Experiments Kit Based on Data Logger for Physics Learning Media	Permana, H.; Iswanto, B.H.	2018	10.1088/1757-899X/335/1/012080
E21	Temperature-dependent transport measurements with Arduino	Hilberer, A.; Laurent, G.; Lorin, A.; Partier, A.; Bobroff, J.; Bouquet, F.; Even, C.; Fischbach, J.M.; Marrache-Kikuchi, C.A.; Monteverde, M.; Pilette, B.; Quay, Q.	2018	10.4279/PIP.100007
E22	Sustaining making in the era of accountability: STEM integration using E-textiles materials in a high school physics class	Ball, D.; Tofel-Grehl, C.; Searle, K.A.	2017	10.1145/3141798.3141801

E23	Hands-on learning activity using an apparatus for transient phenomena in RC circuit based on Arduino UNO R3-LINX-Labview	Suwondo, N.; Sulisworo, D.	2017	10.3991/ijoe.v13i01.6317
E24	Experimental didactic proposal for inclusive teaching of waves in high school	Silveira, M.V. da; Barthem, R.B.; Santos, A.C.	2019	10.1590/1806-9126-rbef-2018-0084
E25	Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre	Cordova, H.; Tort, A. C.	2016	10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0012
E26	Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio	Silveira, Sérgio; Girardi, Mauricio	2017	10.1590/1806-9126-rbef-2016-0287
E27	Práticas experimentais de Física a distância: Desenvolvimento de uma aplicação com Arduino para a realização do Experimento de Millikan remotamente	Barros, Tiago R.; Dias, Wandearley S.	2019	10.1590/1806-9126-rbef-2019-0049
E28	Experimento de difração luminosa utilizando coleta de dados totalmente automatizada por Arduino	Admiral, Tiago Destéffani.	2020	10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0139
E29	Física experimental com Arduino: ondas em uma corda tensionada	Sousa Jr., Itamar V. de; Miranda, José O. S.; Nascimento, Alexandre C. S.; Araújo, Francisco R. V.	2020	10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0177
E30	Audiotermômetro: um termômetro para a inclusão de estudantes com deficiência visual	Cordova, Hercílio P.; Aguiar, Carlos E.; Amorim, Helio S. de; Sathler, Karla Silene O. M.; Santos, Antônio Carlos F. dos	2017	10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0299

E31	Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real	Dworakowski, Luiz Antônio; Hartmann, Ângela Maria; Kakuno, Edson Massayuki; Dorneles, Pedro Fernando Teixeira	2016	10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0009
E32	Visualização da forma de onda e conteúdo harmônico da corrente elétrica alternada em eletrodomésticos	Dionisio, Guilherme; Spalding, Luiz Eduardo Schardong	2016	10.1590/1806-9126-rbef-2016-0121
E33	Instrumentation for mechanical vibrations analysis in the time domain and frequency domain using the Arduino platform	Varanis, Marcus; Silva, Anderson Langone; Brunetto, Pedro Henrique Ayres; Gregolin, Rafael Ferreira	2016	10.1590/S1806-11173812063
E34	Proposta experimental para análise das variáveis de estado dos gases com Arduino	Cardoso, João Michels; Zannin, Marcelo	2019	10.1590/1806-9126-rbef-2019-0028
E35	On mechanical vibration analysis of a multi degree of freedom system based on Arduino and MEMS accelerometers	Varanis, Marcus; Silva, Anderson Langone; Mereles, Arthur Guilherme	2017	10.1590/1806-9126-rbef-2017-0101
E36	Sistema photogate de seis canais analógicos para laboratórios didáticos de física	Carvalho Neto, João T. de; Apolinário, Fernando R.; Soares, Aline de A.	2017	10.1590/1806-9126-rbef-2017-0166
E37	Construção de uma maquete experimental automatizada para o estudo da polarização da luz e comprovação experimental da Lei de Malus com o auxílio da plataforma Arduino	Oliveira, Ivanor Nunes de; Silva, Wilton Lacerda; Ramos, Jorge Anderson Paiva; Melo, Clênia Andrade Oliveira de; Takiya, Carlos; Chaves, Valteni Douglas;	2020	10.1590/1806-9126-rbef-2020-0247

E38	Utilização de um sensor de umidade para o Arduino na determinação da curva característica de retenção de água por um sistema poroso	Cássaro, Fabio A.M.; Oliveira, Jocenei A.T. de; Cruz, Hernani; Pires, Luiz F.	2019	10.1590/1806-9126-rbef-2019-0130
E39	Venturino: análise da variação de pressão em um tubo de Venturi utilizando Arduino e sensor de pressão	Cid, A.S.; Correa, T.	2019	10.1590/1806-9126-rbef-2018-0333
E40	Proposta didático experimental para o ensino inclusivo de ondas no ensino médio	Silveira, Márcio Velloso da; Barthem, Ricardo Borges; Santos, Antonio Carlos dos	2018	10.1590/1806-9126-rbef-2018-0084
E41	Estudo das propriedades do Diodo Emissor de Luz (LED) para a determinação da constante de Planck numa maquete automatizada com o auxílio da plataforma Arduino	Oliveira, Ivanor N. de; Ramos, Jorge A.P.; Silva, Wilton L.; Chaves, Valteni D.; Melo, Clênia A.O. de	2019	10.1590/1806-9126-rbef-2019-0105
E42	Velocidade do som em metais pelo método do tempo de voo	Souza Jr., Denilson B. de; Araújo, John W. B. de; Kakuno, Edson M.	2020	10.1590/1806-9126-rbef-2020-0164
E43	Light interference pattern measurements from automated low-cost Young's double-slit experiments	Oliveira Jr, C. G. de; Gumiero, M. R.; Coluci, V. R.	2020	10.1590//1806-9126-rbef-2020-0006
E44	Descrição temporal de forças de colisão: um modelo didático para laboratório de física assistido por sistema embarcado	Nascimento Júnior, João F.; Borges, Vanessa E. S.; Nascimento, Raphael M. M. F.	2018	10.1590/1806-9126-rbef-2018-0219

E45	Desenvolvimento de um aparato experimental de baixo custo para o estudo de objetos em queda: análise do movimento de magnetos em tubos verticalmente orientados	Szmoski, Romeu M.; Doff, Adriano; Lenart, Vinícius M.; Schwiderke, Samuel K.; Fachini, Luis V. G.	2017	10.1590/1806-9126-rbef-2017-0061
E46	Forças no sistema de referência acelerado de um pêndulo: estudo teórico e resultados experimentais	Silva, Camila Brito Collares da; Fagundes, Bruno Borges; Ribeiro, Januário Dias; Tonel, Arlei Prestes; Silveira, Fernando Lang da; Dorneles, Pedro Fernando.	2019	10.1590/1806-9126-rbef-2019-0085
E47	Development of Aid Tool using Arduino Uno Sensor for Dynamic Fluid at Senior High School	Herdayanti, A; Rahmatsyah; Manurung, S R	2020	10.1088/1742-6596/1485/1/012003
E48	Experimental design laboratories in introductory physics courses: enhancing cognitive tasks and deep conceptual learning	Parreira, Pedro; Yao, Eric	2018	10.1088/1361-6552/aacf23
E49	Measuring the RC time constant with Arduino	Pereira, N S A	2016	10.1088/0031-9120/51/6/065007
E50	Teaching labs for blind students: equipment to measure the thermal expansion coefficient of a metal	Negrete, O; Lisboa, A; Peña, F J; Dib, C O; Vargas, P	2020	10.1088/1361-6404/ab7c6b
E51	Simple pendulum for blind students	Goncalves, A M B; Cena, C R; Alves, D C B; Errobidart, N C G; Jardim, M I A; Queiros, W P	2017	10.1088/1361-6552/aa79c2
E52	Using the Arduino for the experimental determination of a friction coefficient by movement on an inclined plane	Sari, Uğur	2019	10.1088/1361-6552/ab0919

E53	Simple Harmonics Motion experiment based on LabVIEW interface for Arduino	Tong-on, Anusorn; Saphet, Parinya; Thepnurat, Meechai	2017	10.1088/1742-6596/901/1/012114
E54	Ionizing radiation measurements using low cost instruments for teaching in college or high-school in Brazil	Silva, M C; Vilela, D C; Migoto, V G; Gomes, M P; Martin, I M; Germano, J S E.	2017	10.1088/1361-6552/aa8420
E55	The mysteries of conductive thread: physics and engineering combined	Planinsic, Gorazd; Etkina, Eugenia	2019	10.1088/1361-6552/ab2317
E56	Determining of the spring constant using Arduino	Çoban, Atakan; Çoban, Niyazi	2020	10.1088/1361-6552/abb58b
E57	A complete damped harmonic oscillator using an Arduino and an Excel spreadsheet	Rinaldi, R Gustav; Fauzi, Ahmad	2019	10.1088/1361-6552/ab539d
E58	One dimensional two-body collisions experiment based on LabVIEW interface with Arduino	Saphet, Parinya; Tong-on, Anusorn; Thepnurat, Meechai	2017	10.1088/1742-6596/901/1/012115
E59	The speed of sound in air of pipe acoustic resonance via the Arduino with LabVIEW interface	Puantha, Rattanaporn; Khammarew, Wilaiwan; Tong-on, Anusorn; Saphet, Parinya	2018	10.1088/1361-6552/aaea12
E60	The Development of Viscosity Practice Tools Based on Information and Communication Technology Using Arduino and Android on Static Fluid Material for Grade XI Senior High School	Sandjaja, D P; Roza, L; Hidayat, M N; Rosyid, F A; Makdiani, N	2020	10.1088/1742-6596/1491/1/012042
E61	Friction coefficient determination by electrical resistance measurements	Tunyagi, A; Kandrai, K; Fülöp, Z; Kapusi, Z; Simon, A	2018	10.1088/1361-6552/aab308
E62	Arduino and LabVIEW-based remote data acquisition system for magnetic field of coils experiments	Ishafit, I; Indratno, T K; Prabowo, Y D	2019	10.1088/1361-6552/ab5ed6

E63	Photogate sensor for compound physical pendulum experiments	Suchatpong, Nuchanat; Suknui, Vitthuda	2018	10.1088/1742-6596/1144/1/012127
E64	An Arduino-based wireless measuring car designed to investigate Newton's II law	Van Bien, Nguyen; Hai, Dang Minh	2019	10.1088/1361-6552/ab3f0a
E65	Designing Prototype Learning Media for Circular Motion Uniform Based on Arduino Uno Microcontroller	Azizahwati, Azizahwati; Sudrajat, Hendar; Hidayat, Fahrur; Ridho, Muhammad	2019	10.1088/1742-6596/1351/1/012064
E66	An electronic electroscope for determining polarity of charge	Yavaş, Pervin Ünlü; Karadag, Mustafa	2019	10.1088/1361-6552/ab134a
E67	Determination of kinetic friction coefficient using an Arduino	Çoban, Atakan	2020	10.1088/1361-6552/abb88a
E68	Electronic system for the complex measurement of a Wilberforce pendulum	Kos, B; Grodzicki, M; Wasielewski, R	2018	10.1088/1361-6404/aaa56e
E69	SenseCube - a novel inexpensive wireless multisensor for physics lab experimentations	Mehta, Vedant; Lane, Charles D	2018	10.1088/1361-6552/aac1f6
E70	Low-cost experiments with everyday objects for homework assignments	Bouquet, F; Dauphin, C; Bernard, F; Bobroff, J	2019	10.1088/1361-6552/aaf6d6
E71	Investigating the Torricelli law using a pressure sensor with the Arduino and MakerPlot	Atkin, Keith	2018	10.1088/1361-6552/aad680
E72	An undergraduate laboratory experiment to build and characterize a thermionic triode for use as an audio amplifier	Murray, Andrew James; Cunane, Peter; Harvey, Matthew	2020	10.1088/1361-6404/aba997
E73	Using the Arduino with MakerPlot software for the display of resonance curves characteristic of a series LCR circuit	Atkin, Keith	2016	10.1088/0031-9120/51/6/065006

E74	Stroboscopic torsion pendulum	Bassan, Massimo; Di Fiore, Luciano; Grado, Aniello; Minenkov, Yury; Reali, Enzo; Pucacco, Giuseppe	2019	10.1088/1361-6404/ab4c42
E75	Development of Microcontroller-Based Straight Motion Experiment Devices	Elyana; Azizahwati; Islami, Nur; Rahmad, M.	2019	10.1088/1742-6596/1351/1/012065
E76	Picket fence open project to measure g in the lab	Neves, Ubaldo Martins	2019	10.1088/1361-6552/ab2fc7
E77	A low-cost cryogenic temperature measurement system using Arduino microcontroller	A low-cost cryogenic temperature measurement system using Arduino microcontroller	2019	10.1088/1361-6552/ab60db
E78	A parametric oscillator for classroom demonstration or student laboratory	Huff, Alison; Thompson, Johnathon; Pate, Jacob; Chiao, Raymond; Sharping, Jay E	2019	10.1088/1361-6404/ab2fe9
E79	Arriving at e: a physical approach using the decay of charge in an RC circuit	Atkin, Keith	2020	10.1088/1361-6552/ab7789
E80	Kinematic measurements using an infrared sensor	Marinho, F; Paulucci, L	2016	10.1088/0143-0807/37/2/025003
E81	A device to safely perform experiments on radioactivity	Organtini, Giovanni	2018	10.1088/1361-6552/aae211
E82	A data acquisition system for water heating and cooling experiments	Perea Martins, J E M	2016	10.1088/1361-6552/52/1/015019
E83	Measuring light with light-dependent resistors: an easy approach for optics experiments	Marinho, F; Carvalho, C M; Apolinário, F R; Paulucci, L	2019	10.1088/1361-6404/ab11f1

E84	The Development of Experimental Absorption Based on Arduino-Uno and Labview on Light Radiation by Colourful Surface	Rahmatullah, Suparno	2020	10.15294/jpfi.v16i1.23596
E85	Arduino and Tracker Video - Didactic Tools for Study of The Kater pendulum Physical Experiment	Chiriacescu, B. and Chiriacescu, Fabiola Sanda and Miron, Cristina and Berlic, C. and Barna, V	2020	0.31349/RevMexFisE.17.285

APÊNDICE B – Características das Pesquisas dos Estudos

ID	Área da Física	Tipo de Metodologia	Tipo de Pesquisa	Validação da Pesquisa	População do Estudo
E1	Termodinâmica, Óptica e Ondulatória	Quantitativa	Analítico	Análise e Experimental	200 alunos de seis turmas diferentes
E2	Conhecimentos Fundamentais	Quantitativa	Analítico	Análise e Experimental	Dois Grupos: 75 alunos e 61 alunos
E3	Cinemática	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E4	Cinemática	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E5	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E6	Cinemática	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E7	Óptica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E8	Hidrostática e Hidrodinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E9	Física Moderna	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E10	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico e Analítico	Análise, Comparativa e Experimental	Turma de alunos (Não especificado a quantidade)
E11	Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E12	Termologia e Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Análise e Comparativa	Nenhum
E13	Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E14	Eletromagnetismo, Óptica e Física Moderna	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E15	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E16	Conhecimentos Fundamentais	Qualitativa e Quantitativa	Analítico	Análise e Comparativa	25 alunos
E17	Hidrostática e Hidrodinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E18	Ondulatória	Quantitativa	Analítico	Análise e Experimental	Turma de alunos (Não especificado a quantidade)
E19	Eletromagnetismo	Quantitativa	Analítico	Experimental	50 alunos

E20	Termologia	Quantitativa	Analítico	Experimental	8 Professores e uma Turma de alunos (Não especificado a quantidade)
E21	Termologia	Qualitativa	Fenomenológico	Análise e Comparativa	Nenhum
E22	Dinâmica, Termologia e Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Análise	Turmas de alunos (Não especificado a quantidade)
E23	Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E24	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E25	Cinemática e Dinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Análise e Comparativa	Grupo de Alunos (Não definiu quantidade)
E26	Física Moderna	Qualitativa	Fenomenológico	Análise e Comparativa	Nenhum
E27	Eletromagnetismo	Qualitativa e Quantitativa	Fenomenológico e Analítico	Comparativa e Experimental	1 Professor e 14 alunos
E28	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Não especificado
E29	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E30	Termologia	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E31	Cinemática	Qualitativa	Fenomenológico e Analítico	Comparativa, Análise e Experimental	2 Turmas (25 alunos)
E32	Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E33	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E34	Termologia	Qualitativa	Fenomenológico	Análise e Comparativa	Nenhum
E35	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E36	Cinemática, Hidrostática e Hidrodinâmica e Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E37	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E38	Hidrostática e Hidrodinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E39	Hidrostática e Hidrodinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum

E40	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Análise e Comparativa	Nenhum
E41	Física Moderna	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E42	Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Análise e Comparativa	Turma de alunos (Não especificado a quantidade)
E43	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E44	Dinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E45	Dinâmica e Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E46	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Análise e Comparativa	Nenhum
E47	Hidrostática e Hidrodinâmica	Quantitativa	Fenomenológico e Analítico	Análise, Comparativa e Experimental	36 Alunos
E48	Conhecimentos Fundamentais	Quantitativa	Analítico	Experimental	280 Alunos (51 respostas)
E49	Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E50	Termologia	Qualitativa	Fenomenológico e Analítico	Comparativa e Experimental	1 Aluno (cego)
E51	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E52	Dinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E53	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E54	Física Moderna	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E55	Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Análise	Nenhum
E56	Dinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E57	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E58	Cinemática e Dinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E59	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E60	Hidrostática e Hidrodinâmica	Quantitativa	Analítico	Análise e Experimental	30 Alunos
E61	Dinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E62	Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E63	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum

E64	Cinemática e Dinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E65	Cinemática e Dinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E66	Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Análise e Comparativa	Nenhum
E67	Dinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E68	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E69	Conhecimentos Fundamentais	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E70	Ondulatória e Eletromagnetismo	Quantitativa	Analítico	Experimental	34 Alunos
E71	Hidrostatica e Hidrodinâmica	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E72	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E73	Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E74	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E75	Cinemática	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E76	Conhecimentos Fundamentais	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E77	Termologia	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E78	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E79	Eletromagnetismo	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E80	Ondulatória	Qualitativa e Quantitativa	Fenomenológico e Analítico	Análise, Comparativa e Experimental	3 Alunos
E81	Física Moderna	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E82	Termologia	Qualitativa	Fenomenológico	Comparativa	Nenhum
E83	Óptica	Qualitativa	Fenomenológico	Análise e Comparativa	Nenhum
E84	Termologia	Quantitativa	Fenomenológico	Comparativa e Análise	Não especificado
E85	Ondulatória	Qualitativa	Fenomenológico	Comparação	Nenhum