

O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA UTILIZANDO O HARDWARE ARDUINO: UMA REVISÃO DAS PRODUÇÕES DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO NACIONAIS NA PLATAFORMA SUCUPIRA

LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA MODERNA Y CONTEMPORÁNEA UTILIZANDO EL HARDWARE ARDUINO: UNA REVISIÓN DE LAS PRODUCCIONES DE LOS PROGRAMAS DE POSGRADO NACIONALES EN LA PLATAFORMA SUCUPIRA

DOI: <https://doi.org/10.24979/ambiente.vi.1569>

Walter Eduardo Ferreira Parente

Universidade Estadual de Roraima - UERR

<https://orcid.org/0009-0000-0822-4250>

Yuri Expósito Nicot

Universidade Federal do Amazonas - UFAM

RESUMO: Esse artigo apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura através da técnica de Análise de Conteúdo de Bardin, sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) através da plataforma Arduino. Para isso, foram levantados os trabalhos publicados no Banco de Teses e Dissertações da Capes. Partindo da pré-análise, fez-se a seleção dos trabalhos, e foram propostas categorias para análise dos mesmos, sendo elas: Assunto abordado, base epistemológica, público alvo, produto educacional, dinâmica do trabalho, instrumentos de coletas de dados, análise dos dados e materiais utilizados no experimento. Após as análises, foi possível concluir que existem maneiras simples e de baixo custo de ministrar conteúdos de FMC em todos os níveis de ensino.

Palavra-chave: Física Moderna e Contemporânea, Arduino, Revisão de Literatura, Análise de Conteúdo

RESUMEN: Este artículo presenta una revisión sistemática de la literatura utilizando la técnica de Análisis de Contenido de Bardin, sobre la enseñanza de la Física Moderna y Contemporánea (FMC) a través de la plataforma Arduino. Para ello se recopilieron trabajos publicados en el Banco de Tesis y Disertaciones de la Capes. A partir del preanálisis, se seleccionaron los trabajos y se propusieron categorías para su análisis, a saber: tema tratado, fundamento epistemológico, público objetivo, producto educativo, dinámica de trabajo, instrumentos de recolección de datos, análisis de datos y materiales utilizados en el experimento. Luego de los análisis, se pudo concluir que existen formas sencillas y de bajo costo de enseñar contenidos FMC en todos los niveles educativos.

Palabras clave: Física Moderna y Contemporânea, Arduino, Revisión de Literatura, Análisis de Contenido

INTRODUÇÃO

O ensino de Física vem sendo tratado com um olhar diferenciado por muitos pesquisadores e professores em todos os níveis de ensino pelo mundo todo. Há uma grande preocupação na dificuldade que muitos alunos possuem em aprender sobre conceitos da Física. (Júnior *et al.*, 2021); Nesi, 2021; Da Rosa, 2018; Moreira, 2000; Rosa, 2012; Moreira, 2017).

Se tratando da graduação, o curso de Licenciatura em Física possui uma das maiores evasões de alunos das Universidades. Esse não é um caso que se restringe só ao curso de Física. Acontece em quase todos os cursos de graduação na área das exatas. Isso é uma preocupação em muitas Universidades e é motivo de discussão e projetos para mudar esse cenário. Moreira (2000, p. 95) afirma que “Infelizmente, nosso ensino de graduação em Física é muito ruim. A evasão em nossos cursos de Física é enorme... Trata-se muito mais de seleção natural do que de aprender em função do ensino”.

Um exemplo bem-sucedido de mudança no currículo para tentar minimizar as falhas na formação dos seus alunos foi dado pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT). Lá foi desenvolvido o Projeto TEAL/Studio Physics (TEAL, 2014) onde os alunos formam grupos, proporcionando a aprendizagem colaborativa, fazem leituras, simulações e experimentos práticos nas disciplinas do curso. Os objetivos principais são a transformação da forma como a Física é ensinada, diminuir a taxa de reprovação e evasão, criar um ambiente de aprendizagem ativa, acabar com as aulas no formato de palestras/repetição passiva, aumentar a compreensão dos alunos de conceitos e da natureza dos campos e fenômenos eletromagnéticos.

A mudança no ensino de Física é necessária e urgente. Para isso as universidades devem se preocupar com a formação inicial e continuada dos professores, trabalhando com teorias de ensino que contribuam para a formação de sujeito crítico e dando atenção às mudanças que estão acontecendo na sociedade para que essas mudanças sejam incorporadas de alguma maneira nas suas práticas pedagógicas. Neste sentido Almeida e Prado (2003, p. 53) afirmam que quando incorporamos as pesquisas e práticas pedagógicas recentes fica evidente “a importância da criação de situações de aprendizagem que possam despertar a curiosidade do aluno, mobilizando-o para a investigação, a produção do conhecimento e novas aprendizagens”.

Enquanto as universidades não mudarem a forma como vem formando os futuros professores de Física estarão com um abismo que separa a Física da evolução tecnológica que nos cerca.

Nesse mesmo sentido, Tricárico (1989, p. 143) afirma que se deve “promover uma profunda renovação nas diferentes Instituições que se ocupam da formação de docentes, para adequá-las às características de um processo de ensino-aprendizagem”.

Outro foco, esse mais claro em países em desenvolvimento, está ligado à má estrutura das escolas e universidades em relação a laboratórios e materiais pedagógicos, fazendo com que alternativas sejam criadas, como exemplo, o uso de materiais de baixo custo e a utilização de simulações computacionais.

Muitos são os caminhos que um professor pode utilizar para ensinar física. Dentre todas as dificuldades que podemos encontrar no caminho, a tecnologia é uma ferramenta que pode ser uma grande aliada para preencher as lacunas que encontramos nas escolas e Universidades.

As tecnologias são uma realidade na vida de grande parte da população mundial. Sua evolução e expansão se deram de forma muito rápida nas últimas décadas. Suas qualidades e potencialidades precisam ser utilizadas em favor da construção de novos conhecimentos e competências na formação e melhoria da qualidade de vida das pessoas em todo o mundo. Isso pode ocorrer na formação inicial de crianças e adultos, até na qualificação e/ou formação para o mercado de trabalho. Uma das disciplinas que possui uma relação direta com a tecnologia é a Física. Elas se relacionam de maneira indissociável, “já que toda a tecnologia que nos rodeia está intimamente ligada com conceitos físicos essenciais para a compreensão dos mecanismos básicos de funcionamento de cada um destes sistemas”. (Cavalcante, 2009, p. 4501-2).

A falta de formação necessária dos professores para trabalhar com as tecnologias nas aulas de Física é uma das principais causas da não utilização da mesma como ferramenta pedagógica. Nos principais periódicos da área de ensino de Física podemos constatar que a má formação dos professores está relacionada ao insucesso da disciplina tanto na graduação como no ensino básico. Para Cavalcante,

[...] apesar das suas potencialidades, o computador ainda é pouco utilizado em laboratórios de física, quer pela falta de informação dos professores sobre os recursos oferecidos, quer pela dificuldade em adquirir interfaces e programas de aquisição, devido ao elevado custo e também por serem sistemas fechados que impossibilitam um estudo mais detalhado de suas

características e modificações que permitam adaptações para outros experimentos. (Cavalcante, 2011, p.4503-2)

Araújo e Viet (2004) realizaram uma revisão de 109 trabalhos publicados a partir do ano de 1990 em quinze revistas, nacionais e internacionais, especializadas em ensino de Ciências abordando o uso das tecnologias computacionais no ensino de Física. As autoras classificam os trabalhos encontrados em sete categorias, que são: Instrução e avaliação mediada pelo computador, modelagem e simulação computacional, coleta e análise de dados em tempo real, recursos midiáticos, comunicação à distância, resolução algébrica/numérica e visualização de soluções matemáticas e estudo de processos cognitivos. Em outra pesquisa, Lima e Ferreira (2015) analisam as produções científicas nacionais que abordam sobre a utilização da robótica educacional no ensino da Física. Os autores analisam 41 publicações em “revistas, eventos científicos e no banco de teses e dissertações no portal de periódicos da Capes” (ibid). Com essa análise desses trabalhos, os autores caracterizaram o uso da robótica nas seguintes categorias: Elemento de motivação, contextualização, divulgação da técnica, construção de competências, ensino de conteúdo de ciências e matemática e ensino de conceitos físicos.

Esses trabalhos mostram que está havendo uma mudança de postura de alguns professores, pois atualmente temos uma facilidade maior em relação ao contato com as tecnologias, tanto pelos professores como pelos alunos. Essa introdução da tecnologia no ensino vem ganhando espaço nas escolas, universidades, revistas e congressos das áreas das ciências. Para os pesquisadores, a utilização da tecnologia por si mesma não se justifica. É preciso que o professor saiba orientar seus alunos para que os mesmos tenham as capacidades necessárias para que a construção do conhecimento ocorra. Como afirma Almeida e Prado:

Tais situações podem envolver diferentes possibilidades de desenvolver o trabalho pedagógico como o desenvolvimento de projetos a partir de questões a investigar, o levantamento de problematizações e respectivos temas geradores a explorar, a proposição de cenários ou situações-problema a solucionar, os diálogos instigadores de novas vivências, explorações e experiências, bem como outras situações que levem em conta aquilo que é significativo para o aluno, seu quadro de valores, crenças e percepções e potencializem a construção do conhecimento. (Almeida e Prado, 2003)

Os recursos se tornaram uma ferramenta que possibilita completar algumas falhas do sistema de ensino como, por exemplo, a falta de laboratórios e materiais nas escolas. A utilização dessa ferramenta de forma correta é necessária e útil. Os autores Fiolhais e Trindade (2003, p. 270) dizem que “o computador ainda é visto, tanto por discentes como docentes, mais como uma máquina de entretenimento do que como uma ferramenta de trabalho”, o que não mudou quase nada com o passar dos anos.

Uma ferramenta que pode ser trabalhada com o auxílio do computador é o Hardware Arduino. Criado no ano de 2005 na Interaction Design Institute Ivrea na Itália tem como idealizadores Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis, que tinham como propósito o ensino de conceitos de programação e eletrônica para seus alunos, o Arduino surgia como uma proposta de plataforma open-source (código aberto) que tem como base de Hardware e Software com tecnologia livre, de baixo custo e fácil manipulação (Arduino, 2024).

Hoje há alguns tipos de plataforma Arduino sendo comercializadas que variam de tamanho, quantidade de pinos e micro-controlador. Também existem várias placas (Shields) que servem como expansões das funções do Arduino que funcionam como sistema de rede sem fio, relés, sensores, motores entre outros.

A importância dos conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no desenvolvimento tecnológico e mudança social é abordada em vários trabalhos na literatura que abordam a importância da utilização do conteúdo de FMC no ensino de Física (Batista, Siqueira, 2017; Oliveira, Viana, Gerbassi, 2007; Neto, Oliveira, Siqueira, 2019; Kikuchi, Ortiz, Batista, 2013). Para Terrezan, “A influência crescente dos conteúdos de FMC para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo” (TERRAZZAN, 1992, p. 2010).

Para Oesterman e Moreira é viável ensinar Física Contemporânea no Ensino Médio, tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de conceitos. É um engano dizer que os alunos não têm capacidade para aprender tópicos atuais” (Ostermann e Moreira, 2001, p.145). Os autores fazem questionamentos sobre como inserir esses conteúdos nas aulas de Física.

Esse trabalho tem como objetivo analisar os trabalhos que abordam o conteúdo de FMC utilizando o Hardware Arduino. Para isso, serão selecionados os trabalhos publicados no Banco de Teses e Dissertações da CAPES, no intuito de traçar estratégias para utilização do Arduino no ensino de Física, a partir das metodologias já utilizadas nas práticas pedagógicas presentes nas pesquisas nacionais, servindo como referência para estudos posteriores que possam abordar essa metodologia.

Para isso, utilizaremos o método de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), onde selecionaremos, examinaremos e analisaremos os estudos já realizados e publicados, sobre a FMC, que é nosso tópico específico, no intuito de apurar as evidências já publicadas.

METODOLOGIA

Faremos uma RSL proposta por Silva (2009), como método de pesquisa que conduz essa pesquisa. Para análise das obras selecionadas, foram utilizados os pressupostos metodológicos da Análise de Conteúdo de Bardin (1977). Ela é uma técnica que busca retirar significados de conteúdos de documentos, partindo da sua produção e recepção. Sendo uma prática metodológica de pesquisa, o pesquisador necessita de discernimento para escolha de objetivos e referenciais teóricos que lhe fundamentam.

Segundo Bardin, o método da Análise de Conteúdo (AC) é

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (Bardin, 2016, p. 48).

A AC não se trata apenas de uma interpretação de conteúdo ou de deduções superficiais, mas estabelece correspondências entre as estruturas semânticas, linguísticas, psicológicas e sociológicas do conteúdo textual, que, em suma, constituem um campo de determinação sensorial.

Na sua obra, Bardin divide a AC em três etapas. A primeira etapa é a pré-análise, que é a fase de organização. Essa etapa

“Corresponde a um período de intuições, mas tem por objetivo tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um

esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise" (Bardin, 2011, p. 124).

É nessa fase que são escolhidos os textos que serão trabalhados, a elaboração das hipóteses e objetivos, e a elaboração de indicadores para fundamentar a interpretação final (Bardin, 2011). O objetivo principal dessa fase é a organização dos documentos que serão analisados. Segundo Bardin (2011) existem cinco "passos" que constituem a pré-análise, são eles: a leitura flutuante, que "consiste em estabelecer contato com os documentos a analisar e em conhecer o texto deixando-se invadir por impressões e orientações" (p. 126). O próximo é a escolha dos documentos, que é feita antes ou durante a pesquisa. Dela é definido o corpus, que é "o conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos". A sua constituição implica, muitas vezes, escolhas, seleções e regras" (p. 126). As principais regras são a regra da exaustividade, regra da representatividade, regra da homogeneidade e regra da pertinência. A próxima regra é a da formulação de hipóteses e dos objetivos. Nessa regra "não é obrigatório ter como guia um corpus de hipóteses, para se proceder à análise". Algumas análises efetuam-se "às cegas" e sem ideias preconcebidas. A referenciação dos índices e a elaboração de indicadores é a próxima regra. Levando em conta que os textos são uma manifestação e que esses possuem índices explicados pela análise, "o trabalho preparatório será o da escolha destes - em função das hipóteses, caso elas estejam determinadas - e sua organização sistemática em indicadores" (p. 130). A última regra é a preparação do material, onde há uma "preparação material e, eventualmente, de uma preparação formal ("edição")" (p. 130).

A seleção dos artigos foi feita manualmente, utilizando a regra de Exaustividade de Bardin, onde utilizou-se as palavras chaves "Física Moderna", "Física Contemporânea", "Ensino de Física" e "Arduino". Limitamos a pesquisa entre os anos de 2016 a 2024, sendo encontrados 816 produções, sendo que destes, 124 teses e 692 dissertações de mestrado. Utilizamos como critério de exclusão a utilização em práticas relacionadas ao ensino de Física. Aplicamos a regra de Representatividade de Bardin, onde 182 trabalhos passaram para o próximo critério de inclusão.

A partir da leitura dos resumos e dos sumários, foram selecionados os trabalhos que utilizavam especificamente o ensino de FCM utilizando o hardware Arduino. Assim, chegamos à regra da pertinência da Análise de Conteúdo de Bardin, sendo selecionadas dezesseis dissertações e uma tese, conforme a Tabela 1.

Todos os trabalhos foram extraídos da plataforma em formato .PDF e receberam uma identificação de T1 a T17. Após a leitura flutuante dos capítulos teóricos e metodológicos dos trabalhos, foram separados os dados para análise, seguindo as orientações de Bardin, assim conseguimos separar os trabalhos por aproximação dos temas e chegando às categorias que serão apresentadas.

Após a organização inicial dos documentos que serão analisados, pré-análise, passamos para fase do tratamento dos dados, nela

"Os resultados brutos são tratados de maneira a serem significativos ("falantes") e válidos. Operações estatísticas simples (percentagens), ou mais complexas (análise fatorial), permitem estabelecer quadros de resultados, diagramas, figuras e modelos, os quais condensam e põem em relevo as informações fornecidas pela análise" (Bardin, 2011, p. 131).

Partindo do resultado confiáveis, podemos começar a inferir ou interpretar se os objetivos propostos foram alcançados, ou verificar a possibilidade de surgimento de novas descobertas que não eram esperadas. O resultado também pode servir de base para novas análises, utilizando novas dimensões teóricas ou utilizando novas técnicas.

Após o tratamento do material e com os resultados obtidos, passamos para o próximo passo que é codificar os resultados. Na codificação se utilizam regras precisas para transformar os dados "brutos do texto, transformação esta que, por recorte, agregação e enumeração, permite atingir uma representação do conteúdo ou da sua expressão" (Bardin, 2011, p. 133).

RESULTADOS

Com os resultados codificados, partimos para a categorização. Para Bardin (2011), a categorização é "uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, em seguida, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos" (p. 147).

Na pesquisa foi constatado que há trabalhos em todos os campos da Física utilizando a plataforma Arduino. Isso se deve ao seu custo e sua funcionalidade, que permite um grande número de funcionalidades na sua utilização.

Para saber se as categorias escolhidas são adequadas, Bardin (2011, p.150) enumera as seguintes qualidades que uma categoria tem que possuir: a exclusão mútua, a homogeneidade, a pertinência, objetividade e a fidelidade, e por último a produtividade.

Ao analisar a tese as dissertações selecionadas, que tratavam da utilização do Hardware Arduino como ferramenta pedagógica no ensino de Física Moderna e Contemporânea, foram inicialmente construídas quatro categorias que mostram as tendências das produções analisadas, que são dadas por: Assunto abordado, Bases Epistemológicas, Público Alvo e Produto Educacional, conforme Tabela 2.

Tabela 1: Trabalhos selecionados para análise

TRABALHO	PESQUISADOR	INTUIÇÃO	TESE/DISSERTAÇÃO	ANO
T1	SILVEIRA, S.	UFSC	DESENVOLVIMENTO DE UM KIT EXPERIMENTAL COM ARDUINO PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO	2016
T2	NOVACOSKI, M. P.	UEPG	O ARDUINO NA PROGRAMAÇÃO DE EXPERIÊNCIAS EM TERMODINÂMICA E FÍSICA MODERNA	2016
T3	BANDEIRA, S. L.	UFERSA	APRENDIZAGEM DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO PROFISSIONALIZANTE UTILIZANDO ARDUINO	2017
T4	ALBUQUERQUE, O. G. de	UFABC	ENSINO DAS PROPRIEDADES DA RADIAÇÃO UV USANDO OS 3MP	2018
T5	LEITE, I. J. M.	UFAL	EXPERIMENTOS DE FÍSICA MODERNA PARA A DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK UTILIZANDO ARDUINO E VISUAL BASIC: UMA ALTERNATIVA NA FORMAÇÃO E NA PRÁTICA DOCENTE	2018
T6	FRANCO, A.	UFABC	O ESTUDO DA FÍSICA MODERNA A PARTIR DE UM ESPECTROFOTÔMETRO DE BAIXO CUSTO	2019
T7	RÔXO, M. S.	UFT	ENSINO DE ÓPTICA ONDULATÓRIA COM EXPERIMENTOS DE AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS VIA MICROCONTROLADOR ARDUINO COM PYTHON	2019
T8	COELHO, M. A. S.	UNIRIO	CONCEITOS DE LUZ E CORES COM UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA ARDUINO – UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO	2019
T9	BARBOSA, J. F.	UFTO	DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SIMPLES DE DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE RADIAÇÃO IONIZANTE COM BASE EM UM SENSOR SI-22G, A PLATAFORMA ARDUINO E O AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS NI-LABVIEW	2020
T10	LIMA, J. F. de	UFF	O LASER E OS CONCEITOS DE POLARIZAÇÃO E EFEITO FOTOELÉTRICO EM UMA ABORDAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO MÉDIO	2020
T11	PEQUENO, R. F. S	URCA	UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA ARDUINO PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM SIMPLES UTILIZANDO COMPONENTES ELETRÔNICOS DE BAIXO CUSTO	2020
T12	SANTOS, R. D. C.	UFS	ELABORAÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO PARA INVESTIGAÇÃO DA TENSÃO DE CORTE DO LED.	2020
T13	SILVA, J. W. B. da	UFAC	PRÁTICA EXPERIMENTAL PARA OBTENÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK COM DIODOS EMISSORES DE LUZ E ARDUINO PARA O 3º ANO DO ENSINO MÉDIO	2020
T14	OLIVEIRA, P. R. C.	UFRGS	AS RADIAÇÕES IONIZANTES E SEUS EFEITOS BIOLÓGICOS – DIALOGANDO SOBRE RISCOS E BENEFÍCIOS NA AULA DE FÍSICA	2021
T15	LIMA, F. A. R.	UFNT	O EMPREGO DE UM SISTEMA INDIVIDUAL AUTOMÁTICO DE GERAÇÃO/CONVERSÃO DE ENERGIA SOLAR EM ELÉTRICA, COM SEGUIMENTO AUTOMÁTICO DE INTENSIDADE LUMINOSA, COMO INSTRUMENTO DIDÁTICO DE INCENTIVO, MOTIVAÇÃO E SUPORTE AO ENSINO DE TÓPICOS INTERDISCIPLINARES DE FÍSICA MODERNA.	2022
T16	CRUZ, H. B.	UTFPR	APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS: MEDIANDO O ENSINO DE TEMAS DE FÍSICA POR MEIO DE MICROCONTROLADORES (TESE)	2022
T17	TAVARES, P.	UFAM	ABORDAGEM TEÓRICA E EXPERIMENTAL PARA APLICAÇÃO DA LUZ COMO ONDA OU COMO PARTÍCULA NAS AULAS DE FÍSICA 3 NO ENSINO MÉDIO	2023

Fonte: elaborado pelos autores

- **Assunto abordado**

Inicialmente observamos que dentre os assuntos abordados, constatamos oito trabalhos abordando o tema de efeito fotoelétrico (T1, T3, T6, T10, T11, T13, T15 e T16). Três trabalhos abordam as propriedades de dualidade da luz (T3, T7, T8 e T17). Três trabalhos abordam o assunto de radiação, sendo que dois tratam de radiação ionizante (T9 e T14), um de radiação ultravioleta (T4) e dois sobre radiação do copo negro (T2 e T3). Um trabalho aborda o assunto de barreira de potencial e teoria de bandas (T12). O trabalho T1 também aborda o conteúdo de propriedades elétricas do plasma. O trabalho T3 foi o que teve a maior abordagem de assuntos relacionados à FMC, tratando de todos os tópicos anteriormente mencionados e incluindo o assunto de semicondutores.

- **Bases epistemológicas**

Analisando a questão da base epistemológica utilizada nos trabalhos, observamos que todas as dissertações são fundamentadas na teoria Construtivista, exceto o trabalho T5, que não utilizou nenhuma base epistemológica no seu trabalho. Dentre os trabalhos, onze utilizaram a Aprendizagem Significativa de Ausubel (T2, T3, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T15 e T17), três utilizaram os Construtivismo Histórico-Cultural de Vygotsky (T1, T3 e T16), um trabalho utilizou a Pedagogia Libertadora De Freire (T14). O trabalho T2 faz a utilização da fundamentação da Teoria de Campos Conceituais de Vergnaud no seu trabalho. Os trabalhos T4 e T11, apresentaram como base epistemológica os Três Momentos Pedagógicos (TMP) de Delizoicov e Angotti. Nelas foram seguidas as fases de problematização, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

- **Público Alvo**

Esta categoria foi selecionada para que pudéssemos sintetizar em quais ambientes foram aplicados os trabalhos escolhidos para serem analisados por essa pesquisa e quais os sujeitos que participaram desse trabalho. Inicialmente acreditávamos que os assuntos relacionados à FMC no ensino médio eram abordados somente na 3ª série, como tratado em oito das dissertações analisadas, mas um dos artigos tratou do assunto no 9º ano do ensino fundamental, um tratou no 1º ano do ensino médio, outro no 2º ano do ensino

médio, um em uma turma de um curso técnico em Informática e rede de computadores sendo que a única tese selecionada foi o único trabalho que trabalhou com duas turmas de graduação em Física. O trabalho T5 não fez aplicação da sua pesquisa, sendo um trabalho de cunho teórico.

As seguintes categorias também foram selecionadas devido a sua importância no entendimento das pesquisas feitas sobre FMC, são elas: Dinâmica do Trabalho, os Instrumentos de Coletas de Dados e como as Análises foram feitas e por fim, quais foram os principais Materiais Utilizados em cada experimento, e são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 2: Índices criados durante a pré-análise.

TRABALHO	ASSUNTO ABORDADO	BASE EPSTEMOLÓGICA	PÚBLICO ALVO	PRODUTO EDUCACIONAL
T1	Efeito fotoelétrico e as propriedades elétricas do plasma	Histórico-cultural de Vigostsky, Leontiev e Lúria	ALUNOS 3º ANO DO ENSINO MÉDIO	Sequência didática - 5 encontros
T2	Radiação do corpo negro - Cubo de Leslie	Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud e Aprendizagem Significativa - David Ausubel	ALUNOS 2º ANO DO ENSINO MÉDIO	Sequência de 5 atividades com um total de 15 aulas de 50 minutos
T3	Cálculo da constante de Planck, efeito fotoelétrico, da dualidade onda-partícula da luz, emissão de radiação pelos corpos, materiais e dispositivos semicondutores	Construtivismo - Aprendizagem Significativa - Ausubel	Alunos do curso técnico em Informática e Redes de Computadores	Duas oficinas de 4 horas cada
T4	Radiação ultravioleta - Ondas eletromagnéticas	Construtivismo	ALUNOS DO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO	Sequência de aula e um experimento - 6 encontros
T5	Espectrômetro e Constante de Planck	NÃO UTILIZA	ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA - NÃO APLICADO	Apêndice com materiais e métodos para construção do experimento
T6	Espectrofotômetro	Aprendizagem Significativa - David Ausubel	ALUNOS DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL	Sequência de 4 aulas com atividade experimental e avaliação escrita
T7	Óptica e Dualidade	Aprendizagem Significativa - David Ausubel	ALUNOS 2º ANO DO ENSINO MÉDIO	Sequência de 4 encontros, sendo 3 aulas e 1 oficina
T8	Teoria corpuscular da luz da luz	Aprendizagem Significativa - David Ausubel	7º e 8º ANOS DO ENSINO FUNDAMENTAL E 1º, 2º e 3º ANO DO ENSINO MÉDIO	1 encontro de 4 horas
T9	Radioatividade - câmara de ionização	Construtivismo - aprendizagem significativa - Ausubel	PROFESSORES - ALUNOS DO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO	Sequência didática - 4 encontros de 2 horas
T10	Efeito Fotoelétrico	Construtivismo - Aprendizagem Significativa - Ausubel	ALUNOS DO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO	Sequência didática - 30 aulas
T11	Efeito Fotoelétrico - Constante de Planck	Construtivismo - Aprendizagem Significativa - Ausubel	ALUNOS DO 2º ANO DO ENSINO MÉDIO	Sequência didática - 4 encontros
T12	"Corrente que passa em um LED" - formação da barreira de potencial, teoria de bandas,	Construtivismo - Aprendizagem Significativa - Ausubel	ALUNOS 3º ANO DO ENSINO MÉDIO	Sequência de 2 aulas
T13	Efeito Fotoelétrico - Constante de Planck	Histórico-cultural de Vigostsky	ALUNOS 3º ANO DO ENSINO MÉDIO	Sequência didática - 6 etapas
T14	Radiação Ionizante	Construtivismo - pedagogia libertadora de Freire	ALUNOS 3º ANO DO ENSINO MÉDIO	Sequência didática - 8 aulas
T15	Efeito fotoelétrico	Construtivismo - Aprendizagem Significativa - Ausubel	ALUNOS 3º ANO DO ENSINO MÉDIO	Sequência didática com 5 aulas
T16	Efeito fotoelétrico	Histórico-cultural de Vigostsky	ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA	Aprendizagem Baseada em Projetos - 12 aulas
T17	Comportamento da luz como onda ou como partícula	Construtivismo - Aprendizagem Significativa - Ausubel	ALUNOS 3º ANO DO ENSINO MÉDIO	Sequência de 32 aulas

Fonte: Elaborado pelos autores

- **Dinâmica do Trabalho**

A dinâmica mais recorrente em todos os trabalhos foi a utilização de uma aula expositiva, antes da aplicação do experimento. Apenas o trabalho T9 não deixou claro a utilização de uma aula expositiva no início das atividades. O trabalho T5, como dito anteriormente, não fez a aplicação do seu produto. A simulação computacional foi uma das ferramentas utilizadas em sete trabalhos (T1, T4, T7, T10, T11, T12 e T17). Os trabalhos T7, T9 e T13 utilizaram de vídeos nas suas aulas, adicionando mais uma ferramenta tecnológica nas suas práticas. Como esperado, todos os trabalhos apresentam um momento em que há a aplicação experimental com a plataforma Arduino nas suas pesquisas.

- **Instrumentos de coleta de dados**

Para validar suas pesquisas, quatorze trabalhos utilizaram-se de questionários pré-teste e pós-teste (T1, T2, T3, T4, T6, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T17). O trabalho T16 fez a avaliação com o resultado dos protótipos criados. Os trabalhos T5 e T7 não utilizaram de instrumentos de coletas de dados, sendo que T7 faz uma avaliação qualitativa de toda a aplicação do seu produto e o T5 não utilizou seu produto em sala de aula. A utilização dos questionários como única fonte de avaliação nos chamou atenção, pois fica limitado a metodologia para avaliação dos processos de aprendizagem. Outro fator que chamou atenção foi o trabalho T7, que teve como a validação do estudo, a produção de protótipos. A conclusão a que se chegou é que para criar os protótipos, os estudantes tiveram que entender a teoria por trás das suas criações.

- **Análise dos dados**

A maioria dos trabalhos realizou uma análise de dados qualitativa (T2, T3, T4, T10, T11, T14, T16 e T17). Dois trabalhos fizeram as análises de seus resultados quantitativamente (T9 e T15) e quatro utilizaram da análise quali-quantitativa nas suas análises (T1, T8, T12 e T13). O trabalho T2 também utilizou os mapas conceituais produzidos pelos alunos como avaliação. O trabalho T14 utilizou um júri simulado que também serviu como ferramenta avaliativa da sua pesquisa. O trabalho T6 não faz análise dos dados obtidos, assim como os trabalhos T5, e T7, que não fizeram as suas coletas de dados.

- **Material utilizados nos experimentos**

Na fabricação dos seus experimentos, onze trabalhos utilizaram kits básicos para realizar seus experimentos (T2, T3, T6, T8, T10, T11, T12, T13, T14, T15 e T17). Esses kits são muito baratos, fáceis de adquirir e com montagem simples. Outros 6 trabalhos tem sua montagem e materiais utilizados mais bem elaborados (T1, T4, T5, T7, T9 e T16). Esses experimentos requerem um maior tempo e quantidade de materiais para sua montagem, como por exemplo, sensores, lâmpadas ultravioletas, fendas e temporizadores, com isso aumentando o custo da sua montagem.

Tabela 3: Índices que abordam a aplicação dos produtos educacionais

TRABALHO	DINÂMICA DE TRABALHO	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	ANÁLISE DE DADOS	MATERIAL DO EXPERIMENTO
T1	Aula expositiva, simulação computacional, experimento	Questionário e avaliação da disciplina	Análise quali-quantitativa das questões	Dispositivo eletrônico de controle montado em uma caixa metálica, consiste de pico amperímetro, uma fonte de alta tensão e um circuito de acionamento para as lâmpadas, todos controlados por um Arduino que também tem como função a comunicação com o microcomputador, utilizou-se LEDs e lâmpadas Ultravioleta
T2	Aula expositiva e experimento	Questionário pré e pós teste	Análise qualitativa das respostas do questionário e Mapas conceituais	Termistor, Arduino, computador, Protoboard, jumpers, resistores, lâmpada incandescente e cubo de alumínio
T3	Aula expositiva e experimento	Questionário pós teste	Análise qualitativa das respostas do questionário	Arduino, potenciômetro, protoboard, leds, buzzer e jumpers
T4	3 Momentos Pedagógicos de Pelizoicov e Angotti: problematização (1 aula), sistematização (4 aulas), experimentação (1 aula).	Questões dissertativas pré e pós aulas	Comparação entre os testes com a classificação: não houve evolução, evolução parcial e evolução satisfatória	Espectrofotômetro, bateria, botões, resistores, LED, LDR, Amplificador Operacional, Arduino, fios jumpers e cubeta.
T5	NÃO HOUVE	NÃO HOUVE	NÃO HOUVE	Espectrômetro e arduino
T6	Filme, Experimento, Aula expositiva	Questionário pré e pós teste	Não faz a análise	Arduino UNO; LED., Fios jumper, Protoboard, Cubeta, Bateria 9,0 V
T7	Filmes, simulações, aula expositiva e experimento	NÃO HOUVE	NÃO HOUVE	Arduino Uno, Módulo sensor LDR, Motor de passos, Driver Motor Ponte H L298n, Fuso de rosca trapezoidal, Laser, fenda simples, fenda dupla, baterias e jumpers
T8	Aula expositiva e experimento.	Questionário pré e pós teste	Análise quali-quantitativa das questões	Arduino UNO; LED., Fios jumper, Protoboard, LED, Bateria 9,0 V
T9	Vídeos informativos, leitura de um e-book, experimento. 4 Aulas de duas horas cada	Questionário pré e pós teste	Apresentação dos resultados dos questionários de forma quantitativa.	Detetores de radiação ionizante, arduino e Ambiente de Desenvolvimento de Sistemas NI-Labview (três sistemas experimentais para detecção de eventos de ionização por sistemas onda/partícula de alta energia: uma câmara de ionização, um detector de radiação ionizante e um detector de radiação ionizante com aquisição de dados)
T10	Aula expositiva; um pré-teste contendo perguntas propostas e de resposta individual; simulações virtuais; atividade experimental.	Pré-teste, questões experimentais e questionário sobre as atividades realizadas	4 categorias de respostas: satisfatória, parcialmente satisfatória, insatisfatória e em branco.	Simulador PhET SIMs, Aplicativo Física na Escola LITE, Arduino com a utilização de LEDs
T11	3 Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Angotti: problematização, organização do conhecimento, aplicação do conhecimento. Aula expositiva, aula experimental e apresentação de simulação.	Questionário	Análise qualitativa das respostas do questionário	Arduino, leds e resistores e LDR
T12	Aula expositiva com sondagem e simulação computacional e uma aula experimental. 4 encontros	Questionário pré e pós teste e prática	Análise quali-quantitativa das questões	Arduino UNO, LED, Resistores, Potenciômetro de 10KΩ, Fios jumper, Protoboard
T13	Material escrito e em vídeo sobre o assunto, aula expositiva, prática experimental.	Questionário pré e pós teste e prática	Análise quali-quantitativa das questões	CD (disco compacto), Fita, Placa Arduino., Álcool, Potenciômetro de 10 kΩ, Régua, Resistor de 330 Ω, Papel milimetrado, LED vermelho de alto brilho, Protoboard, Jumpers (cabos flexíveis)
T14	Abordagem histórica, abordagem de questões sociocientíficas (QSC), abordagem investigativa e aula expositiva-dialogada.	Aplicação de questionário e júri simulado	Análise qualitativa das respostas do questionário e qualitativa do júri simulado	Arduino UNO, jumpers, sensor Ultravioleta, protoboard e tela LCD
T15	Experimento, aula expositiva, sala de aula invertida e apresentação para o público	Lista de exercício e questionário	Quantitativa	LED, PHET, placa solar, Arduino
T16	Aula expositiva e Aulas práticas para construção do protótipo	Avaliação do protótipo	Qualitativa	Arduino, leds, resistores, LDR, bateria, multímetro, Robô Rover, imã, sensor de temperatura LM35, protoboard, jumpers, ESP32
T17	Aula expositiva, simulação computacional, experimento	Questionário pré teste e questionamentos orais.	Análise qualitativa das respostas do questionário	Arduino, laser, servo motor, lâmpada e sensor fotovoltaico

Fonte: Elaborado pelos autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho nos permitiu identificar algumas tendências nas pesquisas feitas nos últimos anos sobre a utilização do Arduino como ferramenta didática no ensino de Física Moderna e Contemporânea nas produções acadêmicas a nível de mestrado e doutorado. O primeiro aspecto é o baixo número de trabalhos que abordam os conteúdos de FMC utilizando experimentos reais.

Partindo das categorias levantadas, podemos apontar que os conteúdos de FMC ensinados utilizando experimentos mediados por tecnologias é um tema relevante para pesquisa, principalmente no ensino superior, pois não há pesquisas relacionadas no Banco de Teses e Dissertações da CAPES, assim como ocorre com a baixa produção sobre o assunto aplicado no ensino básico. Existem detalhes sobre os referenciais teóricos e metodológicos nas pesquisas que precisam ser melhor estudados.

Nossa preocupação com a aplicação do ensino superior nos trás a reflexão da necessidade de trabalhar com esse tipo de metodologia na formação inicial de professores, ou durante as disciplinas de pós-graduação.

Dos trabalhos analisados, temos que a maioria tem como resultado a construção de produtos educacionais que foram desenvolvidos para que professores apliquem em turmas do ensino médio. Todos os trabalhos apresentam potencialidades para serem utilizados de forma complementar nas aulas de ensino superior. Essa tendência pode estar relacionada, pois a maioria dos trabalhos serem provenientes do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), que tem professores de ensino médio como maioria de seus alunos, exceto a única tese que foi analisada (T16) e o trabalho (T5), que propõe sua utilização na graduação em Física.

Como mostrado anteriormente, devido a importância da FMC para o desenvolvimento tecnológico e social, seus conteúdos são de grande valor para a formação de indivíduos preparados para os desafios do século XXI. Os trabalhos analisados mostram que alguns temas podem ser abordados de forma simples e com experimentos baratos, viabilizando sua utilização em todos os níveis de ensino.

Essa pesquisa pode ser ampliada para as publicações internacionais e trabalhos publicados em revistas nacionais com certificação de Qualis A pela CAPES. Assim poderemos saber a real aplicação dos assuntos de FMC que estão sendo ensinados através de experimentos mediados pela plataforma Arduino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. Apuntes sobre una posible agenda de investigación para la didáctica de la física en Latinoamérica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 1, p. 1-15, 2021.

ALBUQUERQUE, Odimar Gondim de. **Ensino das propriedades da radiação UV usando os 3MP**. 2018. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), UFABC, 2018.

ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 3, 2004. ARDUINO, Sobre Arduino. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/about>. Acesso em: 10/02/2024.

BANDEIRA, S. L. **Aprendizagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio profissionalizante utilizando Arduino**. 2017. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), Ufersa, Mossoró, 2017.

BARBOSA, Joel Ferreira. **Desenvolvimento de um sistema simples de detecção e quantificação de radiação ionizante com base em um sensor SI-22G, a plataforma Arduino e o ambiente de desenvolvimento de sistemas NI-LABVIEW**. 2020. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), UFTO, Araguaína, 2020.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2016.

DOS SANTOS BATISTA, Carlos Alexandre; SIQUEIRA, Maxwell. A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 880-902, 2017.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; BONIZZIA, Amanda; GOMES, Leandro Cesar Pereira. O ensino e aprendizagem de Física no Século XXI: sistemas de aquisição de dados nas escolas brasileiras, uma possibilidade real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, p. 4501, 2009.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, p. 4503-4503, 2011.

COELHO, M. A. S. **Conceitos de luz e cores com utilização da plataforma Arduino – uma proposta para o ensino médio**. 2019. Dissertação (Programa de Pós

Graduação no Curso de Ensino de Ciência e Tecnologia), UNIRIO, Rio de Janeiro, 2019.

CRUZ, H. B. **Aprendizagem baseada em projetos: mediando o ensino de temas de física por meio de microcontroladores**. 2022. Tese (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), UTFPR, Ponta Grossa, 2022.

DA ROSA, Cleci Teresinha Werner; VILLAGRÁ, Jesús Ángel Meneses. Metacognição e ensino de física: revisão de pesquisas associadas a intervenções didáticas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 581-608, 2018.

DE ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini; PRADO, Maria Elisabette Brito. Criando situações de aprendizagem colaborativa. In: **Anais do Workshop de Informática na Escola**. 2003. p. 53-60.

DE ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini; VALENTE, José Armando. Integração currículo e tecnologias e a produção de narrativas digitais. **Currículo sem fronteiras**, v. 12, n. 3, p. 57-82, 2012.

FERREIRA, Marcello; DA SILVA FILHO, Olavo Leopoldino. Ensino de física: fundamentos, pesquisas e novas tendências. **Plurais-Revista Multidisciplinar**, v. 6, n. 2, p. 9-19, 2021.

FERREIRA, Marcello et al. Fundamentos, pesquisas, contemporaneidades e tendências no Ensino de Física no Brasil. **Revista do Professor de Física**, v. 6, n. Especial, p. A1-A4, 2022.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, p. 259-272, 2003.

FRANCO, A. **O estudo da Física Moderna a partir de um espectrofotômetro de baixo custo**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), UFABC, Santo André, 2019.

JÚNIOR, Rosivaldo Carvalho Gama; NEIDE, Italo Gabriel; MOREIRA, Marco Antonio. Atividades experimentais e computacionais no ensino de física: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 4, n. 1, 2021.

KIKUCHI, Ligia Ayumi; ORTIZ, Adriano José; BATISTA, Irinéa de Lourdes. Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma análise do que se tem discutido a respeito do assunto. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências-IX ENPEC Águas de Lindóia, SP-10 a**, v. 14, 2013.

LEITE, I. J. M. **Experimentos de Física Moderna para a determinação da constante de Planck utilizando Arduino e Visual Basic: uma alternativa na formação e na prática docente**. 2018. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), UFAL, Maceió, 2018.

LIMA, F. A. R. **O emprego de um sistema individual automático de geração/conversão de energia solar em elétrica, com seguimento automático de intensidade luminosa, como instrumento didático de incentivo, motivação e suporte ao ensino de tópicos interdisciplinares de Física Moderna**. 2022. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), UFNT, Araguaína, 2022.

LIMA, J. R. T. e FERREIRA, H. S. Uma Revisão das Produções Científicas Nacionais sobre o uso da Robótica no Ensino da Física. In **Anais do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Águas de Lindóia-SP**, p. 1-8, 2015

LIMA, Jailson Francisco de. **O laser e os conceitos de polarização e efeito fotoelétrico em uma abordagem significativa no ensino médio**. 2020. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), Universidade Federal Fluminense, 2020.

LOPES, Alice Ribeiro. Livros didáticos: obstáculos verbais e substancialistas ao aprendizado da ciência química. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 74, n. 177, 1993.

MOREIRA, Marco Antonio. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista brasileira de ensino de Física. São Paulo. Vol. 22, n. 1 (mar. 2000)**, p. 94-99, 2000.

MOREIRA, Marco Antonio. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

MOREIRA, Marco Antonio. O modelo padrão da física de partículas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, p. 1306.1-1306.11, 2009.

NESI, Elisângela Rovaris et al. Perspectivas e desafios atuais no ensino de física. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 17285-17298, 2021.

NETO, Jonas Guimarães Paulo; DE OLIVEIRA, Antônio Nunes; SIQUEIRA, Marcos Cirineu Aguiar. Ensino de Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: o que pensam os envolvidos. **ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS, Rio Grande do Sul**, v. 6, n. 1, p. 1, 2019.

NOVACOSKI, M. P. **O Arduino na programação de experiências em Termodinâmica e Física Moderna**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), UEPG, Ponta Grossa, 2016.

OLIVEIRA, Fabio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 447-454, 2007.

OLIVEIRA, P. R. C. **As radiações ionizantes e seus efeitos biológicos – dialogando sobre riscos e benefícios na aula de Física**. 2021. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), UFRGS, Tramandaí, 2021.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 18, n. 2, p. 135-151, 2001.

PEQUENO, Roniedson Fernandes da Silva. **Utilização da plataforma Arduino para o ensino de Física Moderna no ensino médio: Uma abordagem simples utilizando componentes eletrônicos de baixo custo**. 2020. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), URCA, Juazeiro do Norte, 2020.

ROSA, Cleci Werner da et al. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Iberoamericana de Educación**, 2012.

RÔXO, M. S. **Ensino de Óptica Ondulatória com experimentos de aquisição automática de dados via microcontrolador Arduino Compython**. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), UFS, São Cristóvão, 2020.

SANTOS, R. D. C. **Elaboração de uma unidade de ensino para investigação da tensão de corte do led**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), UFT, Araguaína, 2019.

SILVA FILHO, Roberto Leal Lobo et al. A evasão no ensino superior brasileiro. **Cadernos de pesquisa**, v. 37, p. 641-659, 2007..

SILVA, E. R. P. Métodos para revisão e mapeamento, sistemático da literatura (Projeto de Graduação). **Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro**, 2009.

SILVA, J. W. B. da. 2016. **Prática experimental para obtenção da constante de Planck com diodos emissores de luz e Arduino para o 3º ano do ensino médio**. 2020. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), UFAC, Rio Branco, 2020.

SILVEIRA, S. **Desenvolvimento de um kit experimental com arduino para o ensino de Física moderna no ensino médio**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), UFSC, Araranguá, 2016.

SCHWERZ, Roseli Constantino et al. Considerações sobre os indicadores de formação docente no Brasil. **Pro-Posições**, v. 31, p. e20170199, 2020.

TAVARES, P. 2020. **Abordagem teórica e experimental para aplicação da luz como onda ou como partícula nas aulas de Física 3 no ensino médio**. 2023. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), UFAM, Rio Branco, 2023.

TEAL; Página do Technology Enabled Active Learning. Disponível em: <<http://icampus.mit.edu/projects/teal/>>. Acesso em: julho 2021.

TRICÁRIO, Hugo Roberto. A formação dos professores de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 6, n. 2, p. 143-147, 1989.

VALENTE, José Armando. Aprendizagem Ativa no Ensino Superior: a proposta da sala de aula invertida. **Notícias, Brusque**, 2013.

VIZZOTTO, Patrick Alves. Um panorama sobre as licenciaturas em Física do Brasil: Análise descritiva dos Microdados do Censo da Educação Superior do INEP. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200376, 2020.

ZAVATINI, Ricardo de Mendonça. **Estratégias didáticas para o ensino de física: uma análise das tendências do MNPEF**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2021.