



**UEPB**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA**

**MATHEUS DOS SANTOS SILVA**

**O USO DO ARDUINO NAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE  
FÍSICA: UMA BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

**CAMPINA GRANDE  
2023**

**MATHEUS DOS SANTOS SILVA**

**O USO DO ARDUINO NAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE  
FÍSICA: UMA BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de licenciado em Física.

**Orientadora: Profa. Dra. Ruth Brito de  
Figueiredo Melo**

**CAMPINA GRANDE  
2023**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586u Silva, Matheus dos Santos.  
O uso do Arduino nas atividades experimentais no ensino de Física [manuscrito] : uma breve revisão bibliográfica / Matheus dos Santos Silva. - 2023.  
20 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2023.

"Orientação : Profa. Dra. Ruth Brito de Figueiredo Melo, Coordenação do Curso de Física - CCT. "

1. Ensino de Física. 2. Atividades experimentais. 3. Ensino-aprendizagem. I. Título

21. ed. CDD 530.7

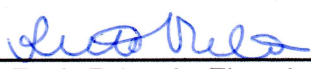
MATHEUS DOS SANTOS SILVA

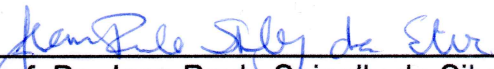
**O USO DO ARDUINO NAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

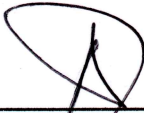
Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de licenciado em Física.

Aprovada em: 19 / 06 / 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Ruth Brito de Figueiredo Melo (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Jean Paulo Spinelly da Silva  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr Alex da Silva  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA E O ARDUINO..</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>As Dificuldades da Experimentação no Ensino de Física.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>As Possibilidades da Experimentação com o uso do Arduino.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1</b>	<b>O Arduino no Ensino de Física em Publicações de 2018 .....</b>	<b>10</b>
<b>4.2</b>	<b>O Arduino no Ensino de Física em Publicações de 2019 .....</b>	<b>12</b>
<b>4.3</b>	<b>O Arduino no Ensino de Física em Publicações de 2020 .....</b>	<b>13</b>
<b>4.4</b>	<b>O Arduino no Ensino de Física em Publicações de 2021 .....</b>	<b>14</b>
<b>4.5</b>	<b>O Arduino no Ensino de Física em Publicações de 2022 .....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>17</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>17</b>

# O USO DO ARDUINO NAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## THE USE OF ARDUINO IN EXPERIMENTAL ACTIVITIES IN PHYSICS TEACHING: A BRIEF BIBLIOGRAPHIC REVIEW

SILVA, Matheus dos Santos<sup>1</sup>

### RESUMO

São muitas as dificuldades que impedem a utilização das atividades experimentais no ensino de Física, entre elas estão a ausência de laboratório e de materiais, problemas relacionados à formação de professores, além do pouco tempo disponível para realização das atividades. Buscando minimizá-las, tem se recorrido a confecção de experimentos com materiais de baixo custo. Porém, muitos desses experimentos apresentam um grau de precisão muito baixo, visto que a obtenção de dados é realizada de forma manual, estando suscetíveis a erros, que para serem minimizados torna-se necessário executar o processo diversas vezes, fazendo com que o tempo para realizar as atividades seja muito grande. Uma possibilidade de utilização nas atividades experimentais de baixo custo, para que problemas possam ser contornados, é a associação do Arduino e do software Excel. Dessa forma, este trabalho busca por meio de uma breve revisão bibliográfica mostrar como o Arduino tem sido utilizado, tanto na educação básica como no ensino superior, como ferramenta auxiliar ao ensino de Física por meio de atividades experimentais.

**Palavras-chave:** ensino de física; atividades experimentais; ensino-aprendizagem.

### ABSTRACT

There are many difficulties that prevent the use of experimental activities in the teaching of Physics, among them are the absence of laboratory and materials, problems related to teacher training, in addition to the little time available to carry out the activities. Seeking to minimize them, experiments with low-cost materials have been used. However, many of these experiments have a very low degree of accuracy, since the data collection is performed manually, being susceptible to errors, which to be minimized it becomes necessary to perform the process several times, making the time to perform the activities very large. One possibility of use in low-cost experimental activities, so that problems can be circumvented, is the association of Arduino and Excel software. Thus, this work seeks through a brief bibliographic review to show how the Arduino has been used, both in basic education and in higher education, as an auxiliary tool to the teaching of Physics through experimental activities.

**Keywords:** physics teaching; experimental activities; teaching-learning

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades experimentais são tidas pela maioria dos professores como sendo de grande importância para o ensino de Física, porém sua utilização não é

---

<sup>1</sup> matheusdossantos790@gmail.com

algo concreto na maioria das escolas brasileiras, e isso, muitas vezes, está ligado a falta de definição de uma função para o laboratório didático no ensino de Física (PINHO ALVES FILHO, 2000, p.45).

Há também outros fatores como “limitações quanto ao espaço físico e de materiais, bem como das dificuldades para a realização de atividades experimentais” (BINSFELD; AUTH, 2011, p.3). Porém, vale ressaltar que apenas a presença de um laboratório não é suficiente para que os experimentos assumam a sua função didática no ensino de Física, pois, torna-se necessário que essas atividades sejam orientadas por uma metodologia, deixando de assumir apenas o caráter motivacional.

São diversas as abordagens para a utilização das atividades experimentais. Segundo Séré, Coelho e Nunes (2003): “verificar a lei”, “comparar modelos”, “comparar métodos experimentais” e “conceber um experimento”, podem ser algumas de suas funções. Porém, torna-se necessário que os docentes tenham uma formação que os ajudem a discernir qual a melhor abordagem que irão utilizar, para que os alunos atinjam os objetivos definidos. Portanto, a formação continuada é vista como “uma possibilidade real para tentar sanar as lacunas que esses têm em sua formação, bem como sua contínua adaptação ao cenário da educação do século XXI” (ANDRADE; CORRALLO, 2022, p. 124).

Por outro lado, observa-se que as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) tem tido relevância no ensino de Física, principalmente quando se trata da utilização em atividades experimentais. O Arduino<sup>2</sup> é uma das plataformas que vem ganhando cada vez mais espaço nessa área, por se tratar de *hardware* e *software* programável, e que permite interagir a partir da aquisição de variáveis físicas, através de sensores, motores e outros dispositivos eletrônicos (MELO, NEVES, 2022; MELO *et al.*, 2021).

Nessa perspectiva, permite que se realizem experimentos físicos sem a necessidade de ambientes especiais, apresentando uma vasta área de aplicações. Além do Arduino ser uma ferramenta de baixo custo, ele pode ser utilizado na construção de experimentos tecnológicos, permitindo analisar dados experimentais, e o acesso rápido a quantidade de dados que podem ser processados, tabulados e convertidos em gráficos (CASTRO, 2016; MELO *et al.*, 2021).

Portanto, esse trabalho busca mostrar como o Arduino tem sido utilizado, tanto na educação básica como no ensino superior, como ferramenta auxiliar ao ensino da Física, voltado para a realização de atividades experimentais. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica em periódicos da CAPES, de 2018 a 2022, com o filtro “Arduino e ensino de Física”.

## **2 AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA E O ARDUINO**

Sabemos que as atividades experimentais se tornaram indispensáveis na construção do conhecimento no campo da Física. Sua utilização vai desde a comprovação, bem como a criação de teoria a partir dos resultados apresentados nos experimentos.

Quando voltamos nosso olhar para o ensino da Física, podemos observar que as atividades experimentais têm sua importância defendida pela maioria dos professores. Porém, apesar de ser reconhecida, não significa que as atividades experimentais estejam presentes em sala de aula. Segundo Pinho Alves:

---

<sup>2</sup> <https://www.arduino.cc/>

A aceitação tácita do laboratório didático no ensino de Física é quase um dogma, pois dificilmente encontraremos um professor de Física que negue a necessidade do laboratório. No entanto, isso não significa que ele faça uso do mesmo em suas aulas. Esta falta de ressonância entre o discurso e a prática pedagógica é tolerada pela comunidade de educadores, pois a função ou papel do laboratório didático ainda não está bem compreendido no processo de ensino-aprendizagem (PINHO ALVES FILHO, 2000, p.45).

Partindo desta premissa, podemos perceber que a ausência das atividades experimentais em sala de aula, muitas vezes se justifica pela falta de compreensão por parte dos professores sobre o real papel delas. Essa falta de compreensão pode ser explicada pelos diversos objetivos e metodologias que elas podem abordar, conforme é destacado por alguns autores encontrados na literatura.

Séré, Coelho e Nunes(2003) mencionam diferentes abordagens experimentais que podem ser utilizadas pelos professores; são elas: “verificar a lei”, “comparar modelos”, “comparar métodos experimentais”, “conceber um experimento”. A última se destaca, visto que permite que o professor observe a dificuldade que os alunos possuem para transpor o conhecimento teórico para o mundo real, através de seus experimentos. Isso mostra como o conhecimento teórico, para os alunos, está dissociado do mundo real. Portanto, essa abordagem evidencia esta dificuldade. Porém, também permite saná-la, visto que “favorece o estabelecimento de um elo entre o mundo dos objetos, o mundo dos conceitos, leis e teorias e o das linguagens simbólicas” (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003, p.30).

Araújo e Abib (2003) partilham de ideias semelhantes às de Séré, Coelho e Nunes (2003) sobre as atividades experimentais no ensino de Física. Para esses autores, essas atividades podem auxiliar na verificação de leis e teorias, bem como na reflexão e revisão de ideias e fenômenos, pois:

A análise do papel das atividades experimentais desenvolvida amplamente nas últimas décadas revela que há uma variedade significativa de possibilidades e tendências de uso dessa estratégia de ensino de Física, de modo que essas atividades podem ser concebidas desde situações que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, podendo assim atingir um nível de aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação de seus modelos explicativos dos fenômenos (ARAÚJO; ABIB, 2003, p.177).

Segundo Moreira (2014, p. 9) os modelos mentais “são representações internas de informações, que corresponde analogamente ao que representado”, ou seja, são associações que o indivíduo cria buscando interpretar aquele conhecimento, permitindo atribuir significado àquelas informações apresentadas. Portanto, caso o aluno não desenvolva o seu próprio modelo mental que lhe permita explicar determinado fenômeno apresentado, ele não será capaz de assimilar o conhecimento que está por trás daquela situação. O que ocorrerá é que este aluno estará apenas decorando a informação e que, conseqüentemente, será esquecida depois de certo tempo.

Logo, quando utilizamos as atividades experimentais aliadas a uma abordagem adequada que permita atingir os objetivos definidos, forçamos o aluno a sair da sua zona de conforto, fazendo com que ele se torne um ser ativo na edificação do seu próprio conhecimento, auxiliando assim na construção de modelos mentais adequados ao que está sendo proposto.



O fato de possuírem diferentes papéis e objetivos, as atividades experimentais não devem ficar limitadas a finalidades específicas, em que o professor deve seguir cegamente, como uma receita. Portanto, essa pluralidade permite que os professores as desenvolvam e se adaptem a realidade presente em sala de aula e aos objetivos definidos.

A utilização das atividades experimentais no ensino de Física, começou com a implementação de projetos como o Physical Science Study Committee (PSSC), Harvard e o Biological Science Curriculum Study (BSCS), que surgiram nos Estados Unidos na década de 1960, quando o ensino de ciências naturais ganhou ênfase no componente prático-experimental (PEREIRA; MOREIRA, 2017). O ato de ensinar proposto por esses projetos estavam muito próximos de um laboratório científico com enfoque experimental, pois:

No caso da física, especificamente, essa componente muito se aproximava de um laboratório científico de cunho experimental, em que o aluno percorreria etapas pré-determinadas na realização de um experimento científico tal como um aprendiz de cientista, fazendo uso “do método científico (PEREIRA; MOREIRA, 2017, p.266).

Assim, estes projetos buscavam trazer para dentro das salas de aulas a vivência de um cientista, buscando encaminhar os alunos para o campo da ciência. Influenciado pela cultura dos Estados Unidos, projetos como o *Physical Science Study Committee* (PSSC) e Harvard, ganharam espaço no Brasil, sendo traduzidos e adaptados (PEREIRA; MOREIRA, 2017, p. 266). Portanto, foi a partir desse momento que as atividades prático-experimentais passaram a serem vistas como essenciais para o ensino de Física. Defendida tanto por professores e alunos, segundo Pinho-Alves Filho (2000, p. 174) “para fazer física é preciso do laboratório, então, para aprender física, ele também é necessário”.

## 2.1 As Dificuldades da Experimentação no Ensino de Física

Muitas são as dificuldades que o professor de ciências/Física enfrenta na inserção das atividades experimentais no ensino, que vão desde as limitações quanto ao espaço físico, de materiais e tempo, de preparação e planejamento, como também a formação do professor (BINSFELD; AUTH, 2011). Refletindo acerca dessa temática, é possível chegar a diferentes possibilidades para enfrentá-las, como a utilização das tecnologias digitais disponíveis. De acordo com Pereira e Fusinato (2015) muitos professores se ausentam da responsabilidade de inserir a experimentação no ambiente escolar. Nesse contexto:

Tem, ainda, os que não realizam experiências, em que o discurso está centrado na carência de materiais, excessiva carga horária de trabalho semanal, muitos estudantes por turma, má remuneração e assim parece que os exime da responsabilidade desse tipo de prática pedagógica, e não fazem esforço algum para que possam realizá-la (BINSFELD; AUTH, 2011, p.3).

Uma grande maioria dos professores, defende a ideia de que a experimentação se trata de uma ferramenta de grande importância para o processo de ensino e aprendizagem de ciências, mas são poucos que realmente se dispõem a pôr em prática aquilo que defendem, buscando superar as dificuldades, preferindo,

portanto, recorrer a modelos didáticos tradicionais cujas características podemos observar:

[...] transição de conteúdos, por meio de aulas expositivas e exaustiva resolução de exercícios algébricos, sem que se recorra a outros tantos recursos disponíveis na mídia, como experimentação, vídeos, simuladores computacionais etc (PEREIRA; FUSINATO, 2015, p.123)

Essa abordagem torna-se, para muitos professores, “a luz no fim do túnel”, visto que, devido à alta carga horária, resta pouco tempo para se dedicar a um planejamento de uma aula que utilize outros recursos. Assim, o modelo tradicional surge como uma forma rápida de planejamento, visto que a única preocupação é o conteúdo que será exposto pelo professor, no qual os alunos exercem o papel passivo, memorizando aquilo que é transmitido, para transcrevê-lo futuramente em uma prova.

Quando o ensino é baseado apenas na memorização, transmissão e recepção de conteúdos, sem realização de nenhum questionamento ou verificação, intensifica-se a visão cercada de estereótipos da ciência, como sendo composta por verdades absolutas que não podem ser contestadas (BINSFELD; AUTH, 2011).

A forma como o professor enxerga a construção do conhecimento científico surge de forma implícita em sala de aula e é transmitida para os alunos (PEREIRA; FUSINATO, 2015, p.124). Essa visão, transmitida pelo professor, acaba influenciando a forma como os seus alunos veem a ciência, visto que se encontram na fase de construção de suas concepções sobre o que é ciência. Essa influência acompanha esses alunos por toda a sua vida, caso não seja desconstruída. E se eventualmente decidir trilhar a carreira de docente irá transmiti-la por meio de sua didática para seus futuros alunos.

## **2.2 As Possibilidades da Experimentação com o uso do Arduino**

Desde o final do século XX até os dias atuais estamos presenciando uma grande revolução tecnológica na sociedade em que vivemos, e que tem proporcionado uma série de facilidades. As tecnologias, atualmente, estão entrelaçadas com diversos setores de nossa vida, e no setor educacional não poderia ser diferente. Sua utilização é preconizada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), através de suas competências, conforme afirma Castilho, Oliveira e Dutra (2020, p.251):

A descrição de cada uma dessas competências, por sua vez, revela que a tecnologia permeia todas elas, seja como uma área da linguagem a ser apropriada por professor ou aluno, seja como recurso pedagógico para acessar e criar novos conhecimentos, produtos ou processos (CASTILHO; OLIVEIRA; DUTRA, 2020, p. 251)".

Muitas são as possibilidades do uso das TIC no ensino que vão desde a utilização de aplicativos e softwares didáticos, como também de sistemas computacionais para a realização de experimentos no campo da Física. Nesse contexto, podemos citar o Arduino, o qual tem se destacado, devido a várias vantagens e possibilidades que proporcionam aos seus usuários, principalmente quando sua utilização se destina a atividades experimentais.

Segundo Guedes (2019), o Arduino é uma plataforma de hardware e software, que teve sua origem na Itália, e foi confeccionada em 2005, inicialmente para o uso educacional, mas devido inúmeras aplicações e popularização foi propagado pelo

mundo, propiciando uma maior acessibilidade à área da robótica. O software do Arduino, funciona com um microcontrolador com interface Java, linguagem de programação C/C++, e possui um sistema de código aberto, ou seja, é possível alterar suas configurações, resultando em uma alteração no experimento.

O Arduino além de auxiliar nas atividades experimentais, o seu custo é de valor irrisório na questão de aquisição, pois tem se mostrado como uma tecnologia versátil e de simples utilização por professores e alunos, baseada em hardware e software fáceis de usar. Muitas são as contribuições da aplicação do Arduino como recurso motivador para o ensino e aprendizagem dos alunos, fornecendo aos professores um recurso didático para aulas experimentais no ensino de Física. (MOREIRA *et al.*, 2018; MELO *et. al.*, 2021).

A partir da observação de um fenômeno físico, um sistema pode ser projetado isolando o fenômeno para que o mesmo seja reproduzido em condições de laboratório, em que as variáveis possam ser controladas e suas respostas lidas por sensores apropriados, como sensores de temperatura, de luminosidade, de distância, de vibração, de pressão, entre outros (MELO *et. al.*, 2021). Dentre as vantagens para a utilização desta plataforma está a facilidade de programação, versatilidade e baixo custo, configurando, assim, uma alternativa que pode substituir os kits experimentais que possuem um preço elevado (MOREIRA *et al.*, 2018).

Portanto, o Arduino oferece possibilidades que podem vir a contribuir para minimizar as dificuldades relacionadas à ausência de materiais para a realização de atividades experimentais, enfrentada pela maioria das escolas, uma vez que:

[...] a plataforma de prototipagem Arduino tem se mostrado mais adequada às condições econômicas das escolas brasileiras e aos professores, frente às plataformas de coleta de dados com sistemas proprietários. Evidentemente, pelo fato de ser uma tecnologia aberta, torna-se mutável e adaptável às realidades do usuário. A versatilidade da plataforma permite que o professor possa utilizar a mesma base para coleta de dados em diversas áreas da Física (CORRALLO *et al.*, 2018, p.639).

A plataforma Arduino possibilita aos seus usuários uma grande capacidade de adaptação, é a possibilidade de automatização da obtenção de dados com o auxílio do software Excel, a qual pode oferecer inúmeras vantagens:

[...]diversificação da forma de apresentação dos dados e resultados; redução de intervalos de tempo entre as medições, comparado com os processos manuais; coleta de dados durante um longo período, indo além da duração da aula; redução de tempo reservado à coleta de dados despendida pelo estudante; maior precisão nas medidas; e aproximação aos processos atuais de coleta e análise dos dados, presentes tanto nos setores produtivos quanto nos setores científicos, favorecendo, portanto, a alfabetização científica. (HAAG; ARAUJO & VEIT, 2005 apud ANDRADE; CORRALLO, 2022, p.126).

A abordagem de utilização das TIC na experimentação com a utilização do Arduino, apresenta inúmeras possibilidades de uso, uma vez que, a metodologia experimental na aquisição de dados por computador, em conjunto com o software Excel, pode possibilitar a representação de uma possibilidade real de uso das técnicas de análise estatística de dados experimentais estudados no curso de Física e engenharias (CAVALCANTE, TAVOLARO, MOLISANI, 2011; MELO *et. al.*, 2021; MELO, NEVES, 2022).

Coutinho Júnior *et al.*, (2021) desenvolveram uma série de experimentações com o Arduino, e observaram que os mesmos podem ser uma boa alternativa, aos instrumentos de medição existentes em laboratórios de escolas e instituições de ensino, estabelecendo uma relação estreita entre a Física e a programação.

### **3 METODOLOGIA**

Este trabalho trata-se de uma pesquisa bibliográfica que busca mostrar como o Arduino tem sido utilizado, tanto na educação básica como no ensino superior, como ferramenta auxiliar ao ensino da Física. Para isso, foi realizada uma análise qualitativa em artigos do ano de 2018 até 2022, utilizado como base de dados periódicos publicados na CAPES. A seleção dos artigos para análise inicial, foi feita utilizando o filtro “Arduino e ensino de física”. Inicialmente, obteve-se uma lista de 21 artigos. Em seguida, realizou-se a leitura, buscando identificar, aqueles cujo foco estava voltado na utilização do Arduino no ensino de Física.

Nesta primeira análise notou-se a presença de dois artigos repetidos, restando assim 19 artigos da lista, dos quais, 4 não foram encontrados pelo servidor da CAPES. Portanto, restaram 15 artigos que foram separados de acordo com o ano da publicação. A etapa seguinte da pesquisa consistiu em uma análise mais profunda, sendo realizada uma leitura na íntegra de cada artigo.

### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Para facilitar a análise de como o Arduino vem sendo utilizado no ensino de física, os artigos foram separados tendo como base a data de sua publicação. Essa divisão tem como objetivo permitir identificar se houve alguma mudança em relação à visão que se tem acerca do Arduino no ensino de Física, e às atividades com ele desenvolvidas. Foram encontrados um total de 4 artigos publicados em 2018. Nos anos de 2019, 2020 e 2021 foram encontrados 3 artigos para cada ano. Enquanto que em 2022 foram publicados 2 artigos.

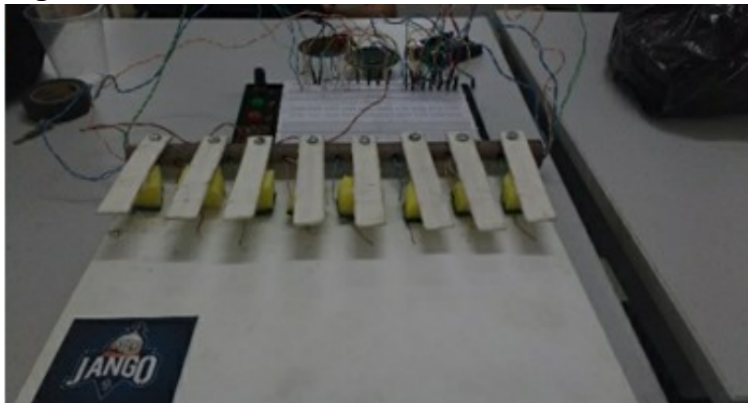
#### **4.1 O Arduino no Ensino de Física em Publicações de 2018**

Dworakowski, Dorneles e Hartmann (2018) cientes das dificuldades enfrentadas pelos alunos no estudo de gráfico, publicaram, no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, uma proposta didática para o ensino de gráficos de Cinemática, desenvolvida com estudantes do 1º ano do Ensino Médio, de uma escola estadual do município de Candiota, RS. A proposta foi realizada em dois módulos, o primeiro fazia uso do jogo Batalha naval para o estudo do plano cartesiano, enquanto o segundo módulo abordou a elaboração e interpretação de gráficos utilizando um carrinho automatizado construído a partir do Arduino, no qual possibilitou o controle da velocidade do carro permitindo realizar os tipos de movimentos presentes na Cinemática. Com a utilização do carro automatizado, os autores perceberam o caráter motivacional que o uso desse experimento proporcionou.

Andrade et al. (2018) em seu artigo publicado no periódico “Texto Livre: Linguagem e Tecnologia”, analisou o uso do Arduino e da Robótica como uma forma de permitir o aprendizado de assuntos relacionados à Física e a Programação. Dentre as vantagens do Arduino na Robótica, a possibilidade de criar projetos de baixo custo, além de um ambiente mais criativo, foram as vantagens citadas. Foi

desenvolvido um projeto de um teclado musical por alunos do ensino médio/técnico de uma escola pública localizada no município de João Pessoa-PB, contando com a parceria da Universidade Federal da Paraíba. Neste ambiente, realizou-se uma pesquisa qualitativa utilizando como instrumento de pesquisa a observação participante. Ao final, concluiu-se que o projeto permitiu que os alunos construíssem conhecimentos relacionados a circuito em paralelo e em série; lei de ohm e frequência sonora, conhecimentos esses necessários para o desenvolvimento do projeto. A Figura 1 mostra o projeto do teclado musical finalizado:

**Figura 1** - Teclado musical construído com o Arduino



Fonte: Andrade et al. (2018, p. 325)

Moreira et. al. (2018) publicaram, no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, uma revisão bibliográfica sobre a contribuição do Arduino no ensino de Física, em que foram analisados artigos publicados de 2013 a 2017, em revistas classificadas pela Capes (Qualis) como nacionais A, e que abordava a temática analisada pelos autores. Apenas 3 dos 20 artigos analisados foram aplicados em sala de aula, apresentando resultados satisfatórios em relação à utilização do Arduino.

Nos demais artigos, os autores puderam identificar 6 objetivos no qual o Arduino foi empregado, que foram: difundir o Arduino; inovação dos laboratórios didáticos; interdisciplinaridade e contextualização; potencialização da aprendizagem dos conceitos físicos; tornar as aulas mais atraentes e motivadoras e obtenção de dados. Além disso, observaram que os assuntos mais frequentes nessas propostas, estavam relacionados à experimentos envolvendo Queda Livre e Condução de Calor. Notou-se, que grande parte das propostas didáticas, que envolveram o uso do Arduino, ofereceram a possibilidade de ser aplicada em mais de um assunto. Constataram, também, que quase todas as propostas utilizaram materiais de baixo custo, tornando as atividades experimentais acessíveis.

Corrallo, Junqueira e Schuler (2018), levando em consideração as dificuldades enfrentadas pelos professores ao realizarem as atividades experimentais, bem como o uso das Tecnologias Digitais da Informação - (TDIC), publicaram, no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, uma proposta de sequência didática com uso de atividades experimentais, que permitiu a utilização de um sistema de automatização de dados proporcionado pelo Arduino, associado ao ciclo de Modelagem de David Hestenes (aprendizagem centrada no aluno).

A escolha do Arduino como plataforma de coleta automatizada de dados esteve associada ao seu baixo custo, comparado com outras plataformas. A sequência didática desenvolvida tratou-se de uma atividade experimental no qual se propôs determinar o calor específico de um sólido sem calorímetro. Portanto, o

artigo tratou-se de um relato de um curso de extensão universitária realizado com professores da Rede Pública do Estado de São Paulo e licenciandos em Física do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Campus São Paulo. Concluiu-se, que a associação do ciclo de Modelagem de Hestenes aliado a experimentação com Arduino, permitiu a inserção de uma metodologia inovadora e colaborativa.

#### 4.2 O Arduino no Ensino de Física em Publicações de 2019

Lima Júnior et al. (2019), em seu artigo publicado na revista Scientia Plena, apresentou a implementação de atividades experimentais utilizando o Arduino, em turmas do 1º, 2º e 3º ano do ensino médio de uma escola pública. A escolha do Arduino pelos autores em detrimento às demais plataformas, estava relacionada ao seu baixo custo, a facilidade de programação e a sua versatilidade. A versatilidade do Arduino foi possível ser notada na turma do 1º ano, em que, com apenas mudanças realizadas na programação e na posição dos sensores (de horizontal para vertical), possibilitou abordar assuntos como a velocidade de um móvel para um Movimento Retilíneo Uniformemente, bem como o movimento de queda livre. Na Figura 2 temos a bancada onde estão presentes os sensores e o Arduino para a realização dos experimentos de Movimento Retilíneo Uniformemente e queda livre:

**Figura 2** - Bancada contendo os sensores e o Arduino



Fonte: Lima Júnior et al. (2019, p. 6)

No 2º ano realizou-se um experimento, que consistia em medir a temperatura ambiente, a temperatura de fusão e ebulição da água, permitindo o aprendizado de assuntos relacionados a termometria. No 3º ano, desenvolveu-se um experimento que permitiu a realização de medidas de tensão, correntes e resistência utilizando sensores associados ao Arduino. Quando questionado se a utilização das atividades experimentais associadas ao Arduino contribuiu para o aprendizado, 96 % dos alunos do 1º ano responderam que sim, já no 2º ano, todos confirmaram que o Arduino contribuiu para o seu aprendizado. Em relação ao 3º ano, 65% dos alunos consideraram que houve contribuição. De forma geral, os autores concluíram que o Arduino possibilitou o protagonismo dos estudantes.

Oliveira e Fonseca (2019) apresentaram o desenvolvimento do Projeto Robótica Pedagógica, publicado na Revista Educar Mais, e que, consistiu em oficinas e treinamento para a introdução a robótica. A aplicação foi nos anos finais

do ensino fundamental na escola municipal Major Cornelio Peixoto, no município de Santo Antônio de Tauá. O objetivo do projeto foi utilizar a Robótica Pedagógica, que se baseia na Teoria Construtivista de Seymour Papert, para desenvolver uma aprendizagem divertida e prazerosa por meio de atividades experimentais.

Este projeto contou com a utilização dos computadores provenientes do Programa um Computador por aluno, os quais, associados ao Arduino, permitiram o desenvolvimento de projetos como: ligar LED, ligar motores e ligar resistores em série e em paralelo. Esses projetos permitiram abordar as seguintes temáticas em sala de aula: Matéria e energia; Fontes e tipos de Energia e Transformação de Energia e Circuito Elétricos. Os autores notaram que a Robótica Pedagógica favoreceu a interdisciplinaridade, visto que os alunos acabaram associados às atividades a assuntos ministrados por outros professores. Além disso, favoreceu ao desenvolvimento de atividades lúdicas.

Moura et al. (2019), por meio de seu artigo publicado Revista Educitec, apresentaram uma aplicação do Arduino nas atividades experimentais, permitindo que os alunos compreendessem com maior facilidade as aulas teóricas. Esta ferramenta foi escolhida pelos autores em virtude da realização de atividades experimentais sem a necessidade de um espaço físico, além de possuir um baixo custo e ser resistente. Portanto, por meio do projeto "Robótica Livre", foi desenvolvido um experimento que buscou medir a temperatura ambiente e a umidade do ar, abordando assim assuntos relacionados à Termometria. As intervenções utilizando esse experimento foram aplicadas em turmas do 2º ano do ensino médio, de duas escolas públicas estaduais, da cidade de Bragança- PA. Após essas intervenções, os autores puderam notar que, quando capaz de despertar a curiosidade dos alunos, as atividades experimentais permitiram que eles entendessem melhor o conteúdo abordado, e o Arduino trouxe essa possibilidade de despertar a curiosidade, permitindo uma nova abordagem além das aulas expositivas.

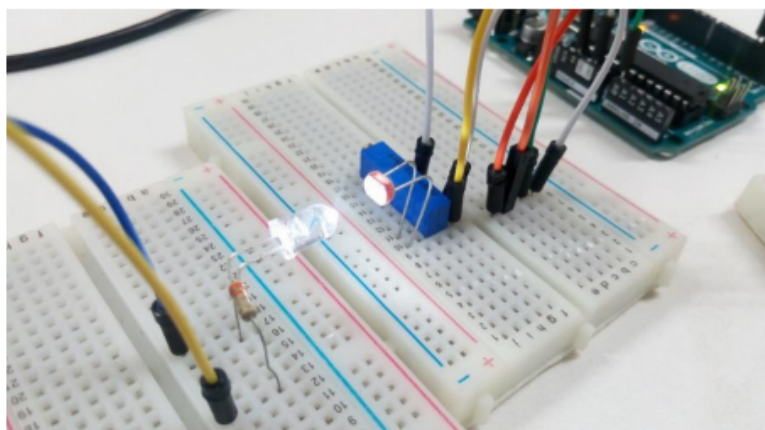
### **4.3 O Arduino no Ensino de Física em Publicações de 2020**

Oliveira et al. (2020), em seu artigo publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, propuseram a construção de uma maquete automatizada para determinar a constante de Planck por meio da curva característica da corrente x tensão de um LASER semiconductor. A automatização da maquete utilizou o Arduino, devido a sua facilidade de programação e capacidade de estudar processos físicos em tempo real, além de seu baixo custo comparado a outras placas. A maquete foi construída com uma régua, uma rede de difração com período conhecido, um apontador LASER, uma placa Arduino e um computador. Portanto, utilizando a maquete os autores obtiveram o seguinte valor para a constante de Planck  $h' = (6,594 \pm 0,004240) \times 10^{-34}$  J.s, com um erro percentual de 0,0643%.

Caetano, Figueiredo Filho e Moreira (2020) apresentaram um relato da construção de um transmissor e um receptor de código Morse por meio de sinais luminosos, que foi desenvolvido por alunos da disciplina de Prática de Ensino de Física II do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Itajubá, e publicado na Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia. Com esses experimentos, buscou-se introduzir conceitos de programação e circuito. O transmissor foi construído utilizando uma placa Arduino, um LED e um resistor. Enquanto que o receptor, utilizou um LDR, um resistor e uma placa Arduino.

Os autores puderam notar, que esses experimentos contribuíram para consolidar o conhecimento teórico, além de despertar o entusiasmo, a motivação e o interesse dos alunos. Foi observado também que, mesmo aqueles alunos com pouco conhecimento em lógica de programação, puderam compreender de forma rápida a sintaxe e a lógica de programação por trás do código do Arduino. A Figura 3 mostra o receptor (montado na protoboard do lado direito) e o transmissor (montado na protoboard do lado esquerdo) de código Mouse:

**Figura 3** - Receptor e transmissor de código Mouse



Fonte: Caetano, Figueiredo Filho e Moreira (2020, p. 425)

Soares e Amorim (2020), apresentaram um relato da construção de um marégrafo<sup>3</sup> ultrassônico utilizando o Arduino, publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física. O marégrafo foi instalado no Centro de Instrução Almirante Graça Aranha (CIAGA), na cidade do Rio de Janeiro. O objetivo do trabalho era apresentar um projeto que permitisse o estudo da Teoria da Gravitação Universal de Newton, que está por trás de fenômenos de mares, em turmas do ensino Fundamental e Médio. O dispositivo foi construído de modo a ser auto-suficiente, permitindo a coleta de dados por longos períodos de tempo sem a necessidade de intervenção. A construção do marégrafo apresentou um custo total de 350 reais, um valor inferior aos dispositivos vendidos comercialmente. Observou-se, que os dados obtidos com o marégrafo, construído com o Arduino, apresentaram certa correspondência com os resultados apresentados por marégrafos comerciais, como o que se encontrava instalado na base da Ponta da Armação do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM).

#### 4.4 O Arduino no Ensino de Física em Publicações de 2021

Silva e Barbosa (2021), em seu artigo publicado no periódico *Texto Livre: Linguagem e Tecnologia*, apresentaram um relato da utilização da Robótica Educacional Livre em uma turma do 9º ano de uma escola pública do estado de Goiás. O projeto desenvolvido com a utilização da plataforma Arduino e componentes eletrônicos, teve como objetivo trabalhar os conteúdos relacionados a velocidade média e conversão de unidades de medidas. Portanto foram desenvolvidos um total de 3 projetos no decorrer de oito aulas.

<sup>3</sup> Um marégrafo é um sistema analógico que regista as amplitudes das águas do mar. Essas amplitudes são registadas numa folha com uma quadrícula, dentro do sistema de Borrel, em que as linhas horizontais são as horas do dia e as verticais a altura da maré.



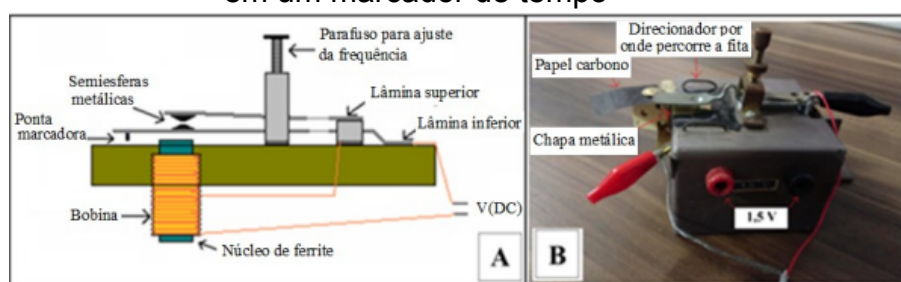
O primeiro projeto tratou-se da construção de um robô para o cálculo da velocidade do som utilizando o Arduino e um sensor ultrassônico. A partir desse projeto, um dos alunos teve a ideia de transformá-lo em um robô medidor à distância. Para isso, foram realizadas apenas mudanças no código do projeto, onde, de posse da velocidade do som, determinada pelo primeiro robô, sendo possível manipular a equação da velocidade média para obter a distância que o objeto estava do robô.

O terceiro projeto consistiu em transformar o robô medidor de distância em um sensor de ré. As alterações feitas no segundo projeto, para a construção do sensor, consistiam em adicionar um Buzzer<sup>4</sup> responsável por emitir um sinal sonoro de acordo com uma distância determinada, bem como um complemento no código para que Buzzer funcionasse. Por meio de uma entrevista realizada com os alunos, os autores concluíram que os projetos foram capazes de motivá-los a buscarem novas aprendizagens, além de permitir que os alunos internalizassem o conhecimento acerca dos conteúdos abordados. Ademais, observou-se que foram capazes de compreender a função de cada assunto no desenvolvimento do projeto

Silva, Schmidt e Laburú (2021) apresentaram em seu artigo, publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, uma proposta de associação do Arduino com um marcador de tempo de baixo custo, que permitiu determinar a frequência do aparelho em um display, bem como a aceleração da gravidade. Os autores puderam notar que os valores da frequência do aparelho obtida manualmente eram inferiores aos valores obtidos pelo Arduino. Além disso, o dispositivo apresentou valores para a aceleração da gravidade abaixo de  $9,8 \text{ m/s}^2$ , que foi justificado pelos autores devido ao fato de a força de atrito ter sido desconsiderada durante a realização do experimento.

De forma geral, concluíram que a associação do Arduino com o marcador de Tempo se mostrou superior aos modelos comerciais. Abaixo, temos o desenho de um marcador de tempo (Figura 4A) e as conexões feitas em um marcador de tempo real para ser conectado ao Arduino (Figura 4B):

**Figura 4** - A) Desenho de um marcador de tempo. B) Conexões realizadas em um marcador de tempo



Fonte: Silva, Schmidt e Laburú(2021, p. 449)

Castilho, Oliveira e Dutra (2021), por meio de uma revisão sistemática da literatura, publicada na Revista Observatório, buscou verificar a viabilidade da utilização do Arduino no ensino de Física através de atividades experimentais. Para isso foram utilizadas as seguinte bases de dados para realizar a revisão: Scielo(Scientific Electronic Library Online), ERIC(Educational Resources Information Center), REdAlyc (Red de Revista Científicas da América Latina y el Caribe, España

<sup>4</sup> Buzzer é um dispositivo eletrônico capaz de gerar frequências sonoras. Bastante utilizado em alarmes.

y Portugal), e ASP(Academic Search Premier). Foram analisados os trabalhos da área do ensino de Ciências Exatas, publicados a partir de 2010 até 2020.

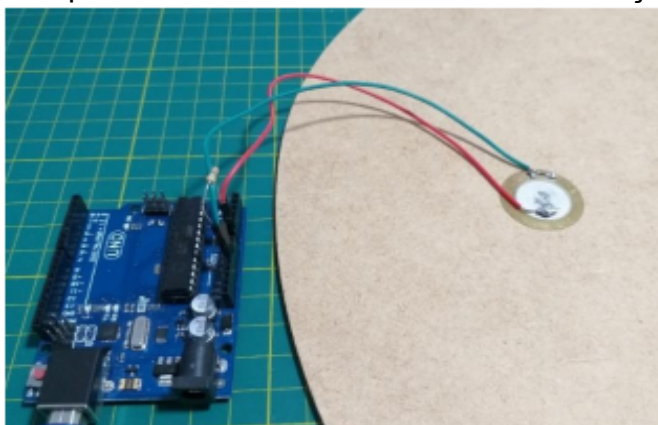
Castilho, Oliveira e Dutra (2021) observaram que todos os trabalhos destacaram o baixo custo dos componentes eletrônicos e o fácil acesso aos materiais informativos. Notaram, também, que os artigos abordaram de forma indireta a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Portanto, por meio desta revisão eles puderam constatar a eficiência do Arduino na realização de atividades experimentais sem a necessidade de um laboratório, a facilidade de se reproduzir os experimentos propostos nos trabalhos analisados, além do seu caráter estimulante do Arduino.

#### 4.5 O Arduino no Ensino de Física em Publicações de 2022

Monteiro et al. (2022) realizou uma revisão da literatura acerca da utilização do Arduino no ensino de Física, publicado na Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemática. O objetivo da revisão literária foi identificar em quais áreas e como o Arduino vinha sendo utilizado no ensino de Física. Para isso foram utilizadas, para realização da revisão, as seguintes bases: Google Acadêmico, Portal CAPES, Scielo e WIE - Workshop de Informática na Escola. Foram analisados artigos de 2011 a 2021, no qual foram selecionados 41. Portanto os autores chegaram à conclusão de que a maioria dos trabalhos estava voltado para a área da Mecânica. Ademais, observou-se, que grande parte dos trabalhos não foram aplicados em sala de aula.

Admiral (2022) apresentou o relato de uma aula prática, com alunos de graduação em Física, de forma remota. A publicação na Revista de *Enseñanza de la Física*, mostrou a utilização de um protótipo para a aquisição de dados em tempo real, permitindo determinar o coeficiente de restituição de uma colisão. Para a construção do protótipo foram utilizados: um Arduino UNO, um resistor de  $1M\Omega$ , um transdutor piezoelétrico, fios e fitas adesivas. Nesse experimento, o piezoelétrico serviu como um sensor que detecta a vibração causada pelo impacto de um objeto em uma superfície, fazendo com que ele gere uma diferença de potencial detectado pelo Arduino. Na Figura 5 temos o experimento realizado na aula remota:

**Fig. 5** - Experimento para determinar o coeficiente de restituição de uma colisão



Fonte: Admiral (2022, p. 95)

O autor observou que o protótipo utilizado na aula forneceu dados experimentais precisos. Foi destacado, também, a viabilidade do projeto, em virtude

de possuir um baixo custo para a sua construção. Constatou-se que nesta aula os alunos conseguiram compreender o conceito de coeficiente de restituição.

## 5 CONCLUSÃO

Apesar de existirem vários recursos que auxiliem no planejamento da aula, torna-se necessário que o professor tenha o discernimento de escolher qual abordagem utilizar, visto que cada turma tem suas particularidades. Podemos concluir que, assim como as atividades experimentais, o uso das tecnologias digitais também necessita de uma abordagem que oriente a sua utilização, visto que o simples fato de estarem presentes no ambiente escolar não significa que serão utilizadas de forma a vir a agregar na vida tanto dos professores quanto dos alunos.

O uso de novas metodologias, assim como novos materiais tecnológicos, a exemplo do Arduino, estão sendo apontados como possíveis possibilidades de solução para minimizar as dificuldades enfrentadas pelos professores em relação a ausência de materiais para a realização das atividades experimentais, bem como o pouco tempo disponível para planejar e executar essas atividades. Porém, as tecnologias não vêm para solucionar todos os problemas, bem como as atividades experimentais não são a solução que irá revolucionar todo o processo de ensino e da aprendizagem, ambos são apenas ferramentas que irão auxiliar o professor na sua jornada de ensino e o aluno em sua jornada de aprendizagem.

Dessa forma, salientamos a importância de outras abordagens metodológicas, assim como a presença do professor como mediador no processo educativo, uma vez que, nenhuma metodologia, abordagem experimental, ferramenta, aplicativo ou componente tecnológico resolverá os problemas relacionados ao ensino de Física. Faz-se necessário, uma profunda reflexão sobre todo o contexto educacional, relacionado com as práticas educativas, como também com a formação do professor.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, T. G. M.; VICENTE, Z. R. S.; LEITE, H. A. L.; CABRAL, A. P. C.; BALDOW, R.; ROCHA, N.; LEÃO, M. B. C. A robótica livre e o ensino de física e de programação: desenvolvendo um teclado musical eletrônico. **Texto Livre: Linguagem e Tecnologia**, v. 11, n. 3, p. 317-330, 2018.

ADMIRAL, T. D. Aula experimental remota: determinação do coeficiente de restituição utilizando Arduino. **Revista de Enseñanza de la Física**, Vol. 34, n. 1, p. 93-100, 2022

ANDRADE, A.; CORRALLO, M. V. Reflexões Acerca de um Curso de Formação Continuada Docente sobre o Arduino e o Ensino de Física Ofertado na Modalidade de Ensino Remoto Emergencial. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.17, n.2, 2022.

ARAÚJO, M. S.; ABIB, M. L. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176–195, 2003.

BINSFELD, S. C.; AUTH, M. A. A experimentação no ensino de ciências da educação básica: constatações e desafios. **Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências**, v. 8, p. 1-10, 2011.

CAETANO, T. C.; FIGUEIREDO FILHO, N.; MOREIRA, C. C. Construção de um transmissor e de um receptor de código Morse através de sinais luminosos com uma placa Arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 2, 2020.

CASTILHO, W. S.; OLIVEIRA, D. L.; DUTRA, M. V. G. O ENSINO DE FÍSICA ALIADO A RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS (RED): As contribuições da plataforma Arduino em sala de aula. **Revista Observatório**, v. 7, n. 2, p. 1-20, 2021.

CASTILHO, W. S.; OLIVEIRA, D. L.; DUTRA, M. V. G. O Ensino de Física e a Aprendizagem Significativa: Um Kit Experimental com Arduino para o Ensino de Queda Livre. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.15, n. 3, p.247-262, 2020.

CASTRO, Luis Henrique Monteiro. **O uso do Arduino e do Processing no ensino de Física**. 2016. 134f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

CAVALCANTE, M. A., TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, 4503. 2011. Disponível em: [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br).

CORRALLO, M. V.; JUNQUEIRA, A. C.; SCHULER, T. E. Ciclo de Modelagem Associado à Automatização de Experimentos com o Arduino: Uma proposta para Formação Continuada de Professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.35, n. 2, p. 634-659, ago. 2018.

COUTINHO JÚNIOR, A. L.; MONTEIRO, J. A.; COSTA, D. F.; SALES, G. L. Uma proposta experimental de eletricidade com o uso da placa de prototipagem Arduino para o ensino de física. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. 1-13, 2021.

DWORAKOWSKI, L. A.; DORNELES, P. F.; HARTMANN, Â. M. Estudo de gráficos da cinemática através do jogo batalha naval e de atividades robóticas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 532-549, ago. 2018.

GUEDES, Gabriel Borges. **O uso do Arduino como uma ferramenta avaliativa no ensino de Cinemática**. 2019. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

HAAG, R.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física?. **Física na escola**. São Paulo. Vol. 6, n. 1 (maio 2005), p. 69-74, 2005.

LIMA JÚNIOR, J. G. S.; GOMES, L. M.; NOVAIS, E. R. P.; FERREIRA, F. C. L. Atividades experimentais com arduino abordando fundamentos da cinemática,

termometria e eletrodinâmica na escola estadual de ensino médio Dr. Gabriel Sales Pimenta em Marabá (PA). **Scientia Plena**, v. 15, n. 7, 2019.

MOURA, F. A.; GOMES, T. J. S.; MARIA, A. C. C; MOURA, S. R. Ensino de Termometria e Tecnologias de Inovação: realidade e possibilidades de uma prática educacional usando Arduino. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 5, n. 10, 2019.

MONTEIRO, J. A.; VILHENA, M. F.; SILVA, F. H. S; LUCENA, I. C. R; COUTINHO JÚNIOR, A. L. Arduino no Ensino de Física: uma Revisão Sistemática de Literatura de 2011 a 2021. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 18, n. 40, 2022.

MOREIRA, M. M. P. C.; ROMEU, M. C.; ALVES, F. R. V.; SILVA, F. R. O. Contribuições do Arduino no Ensino de Física: Uma Revisão Sistemática de Publicações na Área de Ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.35, n.3, p. 721-745, dez.2018.

MOREIRA, M. A. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v. 7, n. 2, p. 1–21, 2014.

MELO, R.B.F.; BARBOSA, O.V.; NEVES, J.E.S.; RAPOSO, F.A. A colaboração do Arduino na formação docente. **Anais do VII CONEDU - Campina Grande: Realize Editora**, 2021. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/79915>>.

MELO, R.B.F.; BARBOSA, O.V.; NEVES, J.E.S.; RAPOSO, F.A. **A experimentação com o uso da tecnologia Arduino: um relato de experiência**. **Anais do VII CONEDU - Campina Grande: Realize Editora**, 2021. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/79743>>.

MELO, R.B.F.; NEVES, J.E.S. **Estudo do pêndulo simples: desenvolvimento de uma sequência de ensino utilizando o Arduino**. Ebook do CONEDU, GT 16 - Ensino de Ciências. Campina Grande: Realize Editora, 2022. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/91264>>.

OLIVEIRA, I. N.; RAMOS, J. H. P.; SILVA, W. L.; CHAVES, V. D.; MELO, C. A. O. Construção de uma maquete experimental automatizada para a determinação da constante de Planck com o auxílio da plataforma Arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 828-848, 2020.

OLIVEIRA, D. G.; FONSECA, W.S. Projeto Robótica Pedagógica: o resgate do PROUCA para o Ensino de Ciências—na educação 4.0. **Revista Educar Mais**, v. 3, n. 1, p. 79-86, 2019.

PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. A. Atividades prático-experimentais no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 265–277, abr. 2017.

PEREIRA, V. M.; FUSINATO, P. A. Possibilidades e dificuldades de se pensar aulas com atividades experimentais: o que pensam os professores de física. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 120-143, 2015.

PINHO ALVES FILHO, J. Regras Da Transposição Didática Aplicadas ao Laboratório Didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 44–58, ago. 2000.

SÉRÉ, M.G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O Papel Da Experimentação No Ensino Da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 30–42, 2003.

SOARES, R. G.; AMORIM, H. S. Um marégrafo ultrassônico baseado na placa Arduino para investigação do fenômeno das marés. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 925-943, 2020.

SILVA, M. P.; BARBOSA, F. C. Matemática e Física em experiências de Robótica Livre: explorando o sensor ultrassônico. **Texto Livre**, v. 14, 2021.

SILVA, O. H. M.; SCHMIDT, L. F.; LABURÚ, C. E. Proposta de atividade experimental para estudos de frequências de um marcador de tempo usando arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 1, p. 446-458, 2021.

SILVA, L. V. Tecnologias digitais de informação e comunicação na educação: três perspectivas possíveis. **Revista de Estudos Universitários-REU**, v. 46, n. 1, p. 143-159, 2020.