

16º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2025

ENSINO DE FÍSICA E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS CONFECCIONADAS COM A IMPRESSORA 3D E PLACAS ARDUINO: UMA PROPOSTA BASEADA NO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

MARIA JÚLIA COSTA DE GODOY¹, ALEX LINO²

¹ Graduanda em Licenciatura em Física, Bolsista com bolsa CNPq, do projeto de iniciação tecnológica Ensino de Física e atividades experimentais confeccionadas com a impressora 3D e Placas Arduino: uma proposta baseada no ensino por investigação, IFSP, Câmpus Caraguatatuba, godoy.julia@aluno.ifsp.edu.br.

² Doutor em Educação Para a Ciência e o Ensino de Matemática pela Universidade Estadual de Maringá, Professor do IFSP, câmpus Caraguatatuba, alex.lino@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq) : 7.08.04.02-8 Métodos e Técnicas de Ensino

RESUMO: Este trabalho apresenta uma proposta de ensino de Física baseada na metodologia do Ensino por Investigação, utilizando experimentos confeccionados com impressora 3D e sensores Arduino. A pesquisa foi desenvolvida com licenciandos em Física, bolsistas do PIBID, visando integrar inovação tecnológica, prática experimental e formação docente. O aparato principal consistiu em um protótipo da curva Braquistócrona, acompanhado de outras trajetórias, com sensores fotoresistores conectados ao Arduino para medição precisa dos tempos de descida. O experimento confirmou, com erro percentual de 3,4%, que a Braquistócrona apresenta o menor tempo de percurso, validando a eficácia do aparato e da metodologia. A oficina formativa foi estruturada em encontros teóricos e práticos, contemplando estudo de referências, introdução ao uso de impressoras 3D e placas Arduino, e aplicação de um roteiro experimental investigativo. Os resultados demonstraram que a abordagem promoveu maior engajamento dos participantes, ampliou seus conhecimentos sobre recursos tecnológicos e incentivou a criação de planos de aula investigativos. Conclui-se que a proposta contribui para a formação de professores mais preparados para utilizar práticas experimentais e tecnologias emergentes no ensino de Física, favorecendo a aprendizagem ativa e significativa.

PALAVRAS-CHAVE: prototipagem rápida; 3D; metodologia investigativa; formação docente; ensino de física; arduino.

TEACHING PHYSICS AND EXPERIMENTAL ACTIVITIES MADE WITH 3D PRINTERS AND ARDUINO BOARDS: A PROPOSAL BASED ON INQUIRY-BASED LEARNING.

ABSTRACT: This work presents a Physics teaching proposal based on the Inquiry-Based Learning methodology, using experiments created with a 3D printer and Arduino sensors. The research was carried out with Physics undergraduates, PIBID scholarship holders, aiming to integrate technological innovation, experimental practice, and teacher training. The main apparatus consisted of a prototype of the Brachistochrone curve, accompanied by other trajectories, with photoresistor sensors connected to Arduino for precise measurement of descent times. The experiment confirmed, with a percentage error of 3.4%, that the Brachistochrone has the shortest travel time, validating the effectiveness of the apparatus and methodology. The training workshop was structured into theoretical and practical sessions, including the study of references, an introduction to the use of 3D printers and Arduino boards, and the application of an investigative experimental guide. The results showed that the approach fostered greater participant engagement, expanded their knowledge of technological resources, and encouraged the creation of investigative lesson plans. It is concluded that the proposal contributes to the training of teachers who are better prepared to use experimental practices and emerging technologies in Physics teaching, promoting active and meaningful learning.

KEYWORDS: rapid prototyping; 3D; investigative methodology; teacher training; teaching of physics; arduino.

INTRODUÇÃO

A crise no ensino de Física gera a necessidade de tornar as aulas mais atrativas e significativas impulsionando a busca por metodologias que rompam com o ensino tradicional baseado na mera transmissão de conteúdos e fórmulas (MOREIRA; 2018). Nesse contexto, destaca-se a análise do ensino por investigação, que propõe a construção do conhecimento a partir da problematização, da experimentação e da reflexão crítica por parte dos estudantes (RODRIGUES et al; 2008). Paralelamente, o avanço tecnológico tem permitido a incorporação de ferramentas acessíveis, versáteis e facilitadoras, como a impressão 3D e as placas Arduino, no desenvolvimento de recursos didáticos voltados ao ensino de Ciências (MENDONÇA et al; 2014; MARTINAZZO et al; 2014). Este projeto tem por objetivo a reflexão sobre o ensino por investigação na experimentação em Aulas de Física quando os aparatos são confeccionados a partir da modelagem 3D e utilização de sensores com Arduino. A pesquisa desenvolveu um produto educacional aplicado em oficinas destinadas a licenciandos em Física, buscando compreender as contribuições do uso de experimentação tecnológica na formação de futuros professores, bolsistas do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), na qual proporciona-se uma fundamentação teórica dos conceitos abordados, seguida da participação prática e ativa dos participantes, na elaboração de seus próprios aparatos experimentais, empregando a metodologia ativa do Design Thinking, que favorece o desenvolvimento criativo, colaborativo e centrado na resolução de problemas reais dentro de sala de aula (LIMA et al; 2024), conectando, a partir da mediação do professor, teoria e prática, fortalecendo a formação docente. A relevância do estudo reside, portanto, na articulação entre inovação tecnológica, prática experimental e formação de professores, contribuindo para analisar uma abordagem mais dinâmica e eficaz do ensino de Física.

MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados por meio de uma revisão bibliográfica de artigos científicos, dissertações, teses e livros. A busca dessas contribuições foram ferramentas digitais como o Google Acadêmico, pesquisando os artigos por palavras-chaves como: “modelos de aparatos experimentais na impressão 3D”, “o uso do arduino para o ensino de Física” e “Ensino por investigação”. Sintetizando trabalhos parecidos com a proposta do trabalho, visualizamos quais são as colaborações científicas já publicadas a respeito da aplicação da tecnologia 3D em integração com Arduino em aparatos experimentais dentro da sala de aula. Podendo analisar possíveis resultados por meio dessas aplicações, encontramos uma inspiração para o início do projeto, vindo do trabalho “O DESIGN THINKING E A FABRICAÇÃO EM 3D DE EXPERIMENTOS FÍSICOS” (LIMA et al; 2024).

Nossa proposta foi um protótipo para o experimento da Braquistócrona, também conhecida como cicloide, constituído pela impressão 3D de três curvas distintas: uma hipérbole, um plano inclinado e a Braquistócrona. Impressas no laboratório de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo-Campus Caraguatatuba, na impressora de marca Da Vinci 1.0 PRO XYZ, capaz de imprimir com materiais do tipo ABS e PLA de 1,75 mm. O protótipo tem como objetivo determinar qual trajetória dentre as curvas permite que uma partícula se desloque de um ponto a outro no menor tempo possível. Desenvolvemos também sensores fotoresistores conectados a placas Arduino para garantir precisão na coleta de dados dos tempos das esferas quando soltas nas curvas. Além disso, os suportes para os sensores, acoplados às curvas, também foram produzidos na impressora 3D.

Antecedendo a aplicação, realizamos uma testagem do aparato, para garantir precisão de valores. Obtivemos que o raio da Braquistócrona impressa é de 4,1 cm. Ao adotar valores de $\pi \approx 3,14$ e $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$ obtemos um valor teórico para tempo de descida na cicloide de 0,203 s, a partir da seguinte equação:

$$t = \pi \sqrt{\frac{r}{g}} \quad (1)$$

em que, t é o tempo de descida da partícula; π - constante; r é o raio do aparato experimental da cicloide; e g a aceleração gravitacional.

Médias de tempo para cada pista com os dados coletados foram de: Plano Inclinado (0,50 s); Hipérbole (0,48 s) Braquistócrona (0,21 s). Comprovando então que o experimento demonstra que a curva de menor tempo é a Braquistócrona. O erro percentual obtido de 3,4%, a partir da comparação

entre os valores experimentais coletados e o valor teórico de tempo esperado, foi considerado baixo, indicando uma a viabilidade nos dados obtidos, também o sucesso dessa tecnologia para atender necessidades específicas.

Organizamos a estrutura para oficina didática com os alunos de licenciatura, participantes do PIBID, com a apresentação dos estudos, demonstração do experimento da Ciclóide, questionários a respeito da atividade experimental manuseada por eles e da relevância dos conteúdos na formação acadêmica de cada participante. Todos os quinze discentes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-IFSP) pelo CAAE nº 88015825.9.0000.5473 para integrarem a pesquisa.

A proposta foi dividida em dois encontros para análises de artigos de contribuições na literatura científica e a apresentação das informações reunidas pelos alunos a partir da leitura, antecedendo a oficina. Discorrendo em três encontros, uma proposta didática para sala de aula. No primeiro encontro teve-se contato com a Metodologia do Ensino por Investigação, aprimorando as concepções das vantagens dessa abordagem no ensino de Física, formular hipóteses, testar ideias e argumentos com base em suas evidências, promovendo uma verdadeira enculturação científica, para compreender a Física como uma forma de pensar e comunicar sobre o mundo, não apenas como um conjunto de fórmulas a serem memorizadas (CARVALHO; SASSERON, 2015). Além de terem contato com a tecnologia da Impressora 3D, aplicativos de fatiadora e modelagem como o Tinkercad e outros com códigos gratuitos e abertos na web. O perfil da impressora foi explicado juntamente com os cuidados e processos para trabalharem com seu sistema operacional, para realizar-se a atividade proposta ao final de todo o estudo.

No segundo encontro, explicamos as principais funções das placas Arduino para sua utilização em experimentos de Física. Desenvolvemos com os estudantes as possibilidades de utilização do Arduino como sensor de tempo, velocidade, aceleração, pressão, temperatura, etc. O objetivo não se alcança em um curso sobre a utilização dessa tecnologia, pois para isso seria necessário mais outros encontros e especialização, uma ideia sobre o potencial que a ferramenta tem foi construída com os participantes, principalmente quando associada aos experimentos de Física. Dessa forma, exemplificamos aos pibidianos a utilização somente para sensores de medições nos experimentos, mostrando as programações, demais itens que são necessários e concepção histórica dessa codificação. Fizemos também uma introdução de utilização do Arduino em situações mais simples, como o desenvolvimento de semáforos e circuitos com leds do tipo “pisca-pisca”. Utilizamos para isso os próprios Arduinos e placas protoboard. Fizemos também a utilização de uma ferramenta de simulação de circuitos com a placa Arduino no site Tinkercad.

Na terceira reunião e última da oficina, foi momento em que os discentes tiveram em mãos o aparato experimental sobre a Braquistócrona para coleta de dados, evidenciando a prática do ensino por investigação por meio da atividade investigativa, formulação de hipóteses, discussão e contexto histórico, e as oportunidades que a impressão 3D e o Arduino proporcionam a eles, a ponte entre prática experimental e teoria. Também propomos aos discentes bolsistas do PIBID para desenvolverem seu próprio produto educacional impresso pela impressora 3D, juntamente com o plano de aula imersivo em ensino por investigação, preparando um roteiro de atividade experimental investigativa para aplicarem em sala de aula durante uma intervenção. A metodologia deste projeto seguiu os passos do DT (Design Thinking) a saber: **Imersão**, analisa-se qual tipo de produto educacional poderia favorecer a experimentação no ensino de Física. **Ideação**, traça-se um planejamento de como realizar a produção do experimento com a impressora 3D. **Prototipação**, caracteriza-se produto com modelagem e **Desenvolvimento**, onde finaliza-se completamente o aparato experimental tendo como ferramenta a fabricação 3D e prototipagem arduino para o alcance do objetivo. O questionário para avaliação e contribuição da oficina foi aplicado também nesse momento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de estabelecermos as propriedades das curvas, ao preencher o roteiro de atividade experimental os bolsistas indicaram corretamente qual das curvas alcançaria o objetivo, desenhando e categorizando cada curva, além de argumentarem quais conceitos físicos possibilitam a diferença de tempo nas trajetórias. Logo conseguiram comprovar suas hipóteses a partir dos sensores das placas Arduino medindo os tempos de trajeto. Em seguida, os pibidianos comunicaram os seus resultados compartilhando o confronto entre os dados obtidos experimentalmente e as hipóteses levantadas antes

do experimento. Os pibidianos também utilizaram os sensores para coletarem os tempos das três curvas e verificaram que a braquistócrona é curva mais rápida.

Durante a execução da atividade proposta, constatou-se que os discentes desenvolveram seus projetos a partir de conteúdos atualmente trabalhados em suas instituições de ensino, abrangendo diferentes áreas da Física. Os 16 pibidianos trabalharam em duplas, logo foram 8 projetos desenvolvidos por eles.

No campo da cinemática, foi construída uma pista em impressão 3D para carrinhos, equipada com sensores de velocidade Arduino, com o objetivo de analisar a velocidade no movimento. Um segundo grupo desenvolveu um equipamento com sensores para determinar os tempos de queda de uma esfera, com objetivo de estudar a queda livre e conceitos de cinemática. Dentro do campo da dinâmica, a terceira dupla elaborou um experimento sobre forças de impacto em uma colisão, por meio de uma rampa desenvolvida com impressora 3D e um sensor de impacto ligado à placa Arduino. O quarto grupo desenvolveu seu projeto nos conceitos de termodinâmica e movimento circular por meio de um motor de Stirling. Um disco foi acoplado ao motor e sensores conectados mediam a frequência de rotação do movimento. Abordando a área de ondulatória, a quinta dupla confeccionou um suporte para pêndulos com variações de comprimento, e com o auxílio dos sensores poderiam medir os períodos dos movimentos. Já a sexta dupla desenvolveu suportes para acoplar sensores medindo alturas alcançadas pelas esferas de um pêndulo newtoniano, com o objetivo de determinar as energias dissipadas em cada colisão. A sétima dupla não conseguiu utilizar o arduino, no entanto desenvolveram um protótipo para o estudo de equilíbrio de corpos, por meio de roldanas e polias impressas na impressora 3D. Por fim, para a aplicação prática das leis de Newton, foi desenvolvido um foguete com plataforma de lançamento impressa em 3D, incorporando sensores para o registro de dados experimentais. As propostas demonstram a integração entre teoria e prática, favorecendo a aplicação de conceitos físicos por meio de recursos tecnológicos e metodologias experimentais passadas aos pibidianos.

Os planos de aula investigativa desenvolvidos pelas duplas foram bem estruturados com questões norteadoras direcionadas aos estudantes do ensino médio da rede pública, tomando como ponto de partida os conhecimentos prévios consolidados e as dificuldades já conhecidas durante as intervenções passadas. Com essa abordagem buscaram instigar a compreensão e o aprofundamento do conteúdo por meio da experimentação e ensino por investigação, sendo apresentada então uma situação-problema que levasse os alunos a investigar, de forma científica, os conceitos necessários para sua resolução. Os bolsistas destacaram a relevância de um roteiro previamente elaborado para a atividade experimental, de modo a orientar o andamento das tarefas e evitar a dispersão de ideias. Embora a precisão dos sensores Arduino tenha se mostrado eficaz na coleta de dados e na redução de erros experimentais, os futuros professores propõem, em seu planejamento, o papel de mediação no manuseio da tecnologia para otimizar o tempo de aula e facilitar a compreensão dos procedimentos. No entanto, a análise e interpretação dos dados permaneceram sob responsabilidade dos alunos, garantindo sua autonomia na elaboração de argumentos a partir das próprias observações. Ao final das atividades, observou-se que os bolsistas incluem nos planos as suas contribuições para a construção dos conceitos físicos propostos, a partir das hipóteses elaboradas pelos alunos, corrigindo eventuais equívocos e validando concepções adequadamente estruturadas.

Dentro dos planos apresentados, podemos observar presentes os pressupostos metodológicos do Ensino por investigação, proporcionando aos alunos o problema, a interação social, auxílio na liberdade intelectual, levantamento de hipóteses, raciocínio crítico, autonomia moral, produzindo e introduzindo a enculturação científica.

Aplicamos um questionário sobre a oficina realizada, com perguntas relacionadas às quais contribuições promovemos na formação docente dos participantes, tanto na demonstração da tecnologia que puderam utilizar de forma didática sobre a braquistócrona, quanto na metodologia para planejamento de aula.

Perguntamos primeiramente como eles avaliam de forma geral a oficina que participaram e obtivemos todas as respostas como excelente e boa.

Em seguida a quais foram os contatos anteriores com as tecnologias desenvolvidas na oficina e com a metodologia do ensino por investigação, assim a minoria não teve acesso a uma ou as duas tecnologias abordadas, o restante teve contato com pelo menos uma das ferramentas, destacando principalmente o Arduino em aulas de ensino médio e a Impressora 3D em cursos, vídeos de youtube,

congressos ou até mesmo no laboratório do Instituto. Somente dois bolsistas alegaram não ter contato com a didática investigativa, afirmações como abordagem em sala de aula por professores no curso superior, ou leitura de artigos fora ou dentro dos estudos realizados nas reuniões do PIBID, portanto diversificaram a forma com que tiveram acesso a metodologia.

Quanto a efetividade da aplicação dessa mediação do professor em sala de aula, a fim de ganhar atenção dos alunos, podemos destacar comentários como -“Ainda que eu precise entender melhor os fundamentos antes de colocar em prática, pelos estudos apresentados ela reflete com grande motivação a atenção dos estudantes” também a visão dos bolsistas como alunos, ao vivenciarem na oficina, acham de grande eficácia, “por tornar eles próprios os protagonistas”. Contudo, Observa-se dificuldade nos participantes com a elaboração de suas aulas sendo eles o mediador dessa didática, evidenciando a falta de abordagem desta metodologia durante seu curso de formação.

Quanto à relevância dos conteúdos abordados em suas formações como professores, os resultados foram positivos acompanhados de argumentos que enfatizam a diversidade das práticas expostas, a inserção destas em disciplinas de ciências, a capacitação dos professores para aulas experimentais e bases sobre as funcionalidades de tecnologias crescentes na educação. Juntamente descreveram quais habilidades docentes foram desenvolvidas ou fortalecidas durante a oficina: Fortaleceu as possibilidades e criatividade na promoção de projetos, enfatizando principalmente a comunicação e mediação em momentos da aula, avaliação de métodos práticos, organização e planejamento.

Ao analisarmos crises dentro do Ensino de Física na oficina, durante conversas, sugerimos que eles, como pibidianos, nos informassem quais são os reais desafios encontrados nas escolas, e obtivemos exemplos reafirmando o “medo” que os alunos possuem por matérias de exatas, a falta de interesse nos estudos, falta de estrutura e recursos para os professores, laboratórios, precarização do ambiente de trabalho e, a falta de tempo e autonomia do professor para ministrar atividades.

Sintetizando tudo que foi desenvolvido, e a experiência de produzir seus próprios projetos, finalizamos com as perguntas: Acreditam que a impressora 3D é uma ferramenta útil? E quais os pontos negativos e positivos encontrados ao longo da evolução do aparato experimental integrado ao Arduino? A oficina conseguiu contribuir para a compreensão de um planejamento de aula com atividades experimentais por meio do ensino por investigação? Segundo os participantes, a utilidade da impressora é evidente, por atender necessidades específicas aos seus projetos e promover o baixo custo, porém a dificuldade do acesso a essa tecnologia é um empecilho para que seja utilizada nas demandas escolares, então é possível destacar a troca por ferramentas mais acessíveis. Contudo vale citar respostas como “...Mesmo que com poucos recursos, uma vez que se tenha a impressora e o material para a impressão, é um recurso valioso para a prática experimental”. Dados exemplos de pontos positivos: Versatilidade, modelagem já projetadas em códigos abertos disponíveis na web, atração por parte dos alunos nas tecnologias utilizadas e a real satisfação de sucesso na confecção de um produto partindo de sua criatividade. Pontos Negativos: dificuldades de impressão, falta de domínio com tecnologias com codificação, transpor conteúdos abordados em sala de aula para experimentos didáticos, a lentidão de algumas produções na impressora e principalmente a escassez desses assuntos dentro da qualificação de professores. Em resumo os discentes se mantiveram interessados pela metodologia investigativa, para desenvolverem e futuramente aplicarem essa didática em suas aulas, analisando suas próximas intervenções e maneiras de mediação.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a aplicação de experimentos confeccionados com impressora 3D e sensores Arduino, mediada pela metodologia do Ensino por Investigação, mostrou-se como uma ferramenta prática para promover habilidades importantes dentro de sala de aula, tanto para estudantes quanto para licenciandos em sua formação acadêmica. O aparato experimental da Braquistócrona comprovou a capacidade de integrar teoria e prática, favorecendo a compreensão de conceitos físicos, sendo exemplo para desenvolverem novos produtos com criatividade e autonomia. A proposta atendeu ao objetivo de aprimorar a formação docente por meio do uso de tecnologias emergentes, tentando combater, mesmo em poucos dias, a carência dos cursos de Licenciatura com o contato destas, evidenciando-se como uma estratégia viável para tornar o ensino de Física mais dinâmico, contextualizado e significativo desde que tenha acesso a esses dispositivos.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

O autor 1 realizou o trabalho sob orientação do autor 2. Ambos os autores contribuíram com a escrita e revisão deste trabalho, aprovando a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo fomento da bolsa para a pesquisa, aos alunos do PIBID de Licenciatura em Física do Instituto Federal de São Paulo- Campus Caraguatatuba pela participação da pesquisa.

REFERÊNCIAS

CAPELOTO, Otávio Augusto et al; “Aplicação de modelos de impressão 3D como ferramentas para atividades práticas experimentais no ensino de Física.” **Revista Insignare Scientia** vol. 6, n. 6. Set/ Dez. 2023. Disponível em < <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/13194>>

CARVALHO, Anna Maria Pessoa; SASSERON, Lúcia Helena; “Ensino de Física por Investigação Referencial Teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino investigativas”. **Ensino Em Re-Vista**, v.22, n.2, p.249-266, jul./dez. 2015.

EVANGELISTA, Fábio Lombardo; OLIVEIRA, Lincoln Moura; “Estudos das consequências da aplicação de impressoras 3D no ambiente escolar”. **Physicae Organum**, v.7, n.1, p. 39-58. Disponível em: < <https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/35946>>

LIMA, Luiz Paulo Fernandes et al; “O Design Thinking E A Fabricação Em 3D”. **Revista foco**.v17n2-104, Fevereiro/2024. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/4489/3185>

MARTINAZZO, Claodomir Antonio et al; “Arduino: Uma Tecnologia No Ensino De Física” **PERSPECTIVA**, Erechim. v. 38, n.143, p. 21-30, setembro/2014. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/366329832/Arduino-Uma-Tcnologia-No-Ensino-de-Fisica>.

MENDONÇA, Suzielli Martins et al; “Desenvolvimento De Experimentos Didáticos Utilizando A Tecnologia De Impressão 3D” **17a Mostra da Produção Universitária - MPU Rio Grande/RS, Brasil, 01 a 03 de outubro de 2018.**

MOREIRA, Marco Antônio, “Uma Análise Crítica do ensino de Física” **Estudos Avançados** 32 (94), 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>>

RODRIGUES, Bruno A.; BORGES, A. Tarciso; “O ensino de Ciência por investigação: Reconstrução Histórica”.**XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Curitiba – 2008.** Disponível em: [\(PDF\) O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO: RECONSTRUÇÃO HISTÓRICA](#)