

Metodologias Ativas e Experimentação de Baixo Custo: Um Estudo de Prova de Conceito para o Ensino de Física na Engenharia

Title: Active Learning Methodologies and Low-Cost Experimentation: A Pedagogical Proposal for Physics Education in Engineering

Título: Metodologías Activas y Experimentación de Bajo Costo: Un estudio de prueba de concepto para la enseñanza de la física en ingeniería

Maria Vitória de Freitas Gomes
Universidade Federal do Ceará (UFC) - Sobral
ORCID: 0009-0006-1413-1548
freittasvitoria@alu.ufc.br

Inácio Lima de Souza Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC) - Sobral
ORCID: 0009-0002-1940-2547
inaciofilhoufc@alu.ufc.br

Jermana Lopes de Moraes
Universidade Federal do Ceará (UFC) - Sobral
ORCID: 0000-0002-8510-0013
jermana@ufc.br

Resumo

A utilização efetiva de abordagens pedagógicas ativas no ensino superior apresenta desafios significativos, especialmente no que se refere à adaptação de docentes e discentes às dinâmicas de ensino e aprendizagem inerentes a essa metodologia. Tal fato é ainda mais agravante quando observamos os cursos de Engenharia, tradicionalmente marcados por conteúdos técnicos e teóricos complexos formulados a partir de modelos matemáticos abstratos. Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de estratégias que promovam maior engajamento discente e promovam a articulação entre teoria e prática. O objetivo desta pesquisa é explorar a experimentação de conceitos físicos por meio do uso de plataformas e dispositivos embarcados, como ferramenta de ensino nos cursos de Engenharia. Metodologicamente, esta pesquisa descreve uma sequência de desenvolvimento composta por elaboração de guias práticos, simulação em ambiente virtual (Wokwi), construção física, testes, e validação dos resultados obtidos por meio de medições e comparação com o comportamento esperado segundo a literatura de Física nas áreas de mecânica, termodinâmica e queda livre. Os resultados indicam a viabilidade técnica dos módulos e sua capacidade de produzir dados coerentes com os fenômenos físicos estudados, além de apresentar uma estimativa de custos que evidencia a acessibilidade do conjunto experimental. Como contribuição, o artigo disponibiliza os materiais e códigos em repositório público, favorecendo replicação e adaptação em diferentes contextos de ensino. Como limitação, este estudo concentra-se no desenvolvimento e na descrição dos experimentos, não contemplando, nesta etapa, aplicação sistemática com estudantes nem avaliação de impactos na aprendizagem, apontando essa investigação como trabalho futuro.

Palavras-Chave: Abordagem pedagógica ativa; Engenharia; Experimentação; Sistemas Embarcados; Física.

Abstract

The effective use of active pedagogical approaches in higher education presents significant challenges, particularly regarding the adaptation of both instructors and students to the teaching and learning dynamics inherent to this methodology. This issue is further exacerbated in Engineering programs, which are traditionally characterized by

Cite as: Gomes, M. V. F., Souza Filho, I. L. & Moraes, J. L. (2026). Metodologias Ativas e Experimentação de Baixo Custo: Um Estudo de Prova de Conceito para o Ensino de Física na Engenharia. Revista Brasileira de Informática na Educação, 34, 1400-1433. <https://doi.org/10.5753/rbie.2026.7941>

complex technical and theoretical content grounded in abstract mathematical models. In this context, the need for strategies that foster greater student engagement and promote the integration of theory and practice becomes evident. The objective of this research is to explore the experimentation of physical concepts through the use of platforms and embedded devices as a teaching tool in Engineering education. Methodologically, this study describes a development sequence consisting of the creation of practical guides, simulation in a virtual environment (Wokwi), physical construction, testing, and validation of the obtained results through measurements and comparison with expected behavior according to the Physics literature in the areas of mechanics, thermodynamics, and free fall. The results indicate the technical feasibility of the modules and their ability to produce data consistent with the studied physical phenomena, in addition to providing a cost estimation that demonstrates the accessibility of the experimental setup. As a contribution, the paper makes materials and source codes available in a public repository, facilitating replication and adaptation in different educational contexts. As a limitation, this study focuses on the development and description of the experiments and does not include, at this stage, systematic application with students nor evaluation of learning impacts, pointing to these aspects as directions for future work.

Keywords: Active learning approach; Engineering education; Experimentation; Embedded Systems; Physics.

Resumen

El uso efectivo de enfoques pedagógicos activos en la educación superior presenta desafíos significativos, especialmente en lo que respecta a la adaptación de docentes y estudiantes a las dinámicas de enseñanza y aprendizaje inherentes a esta metodología. Este escenario se ve aún más agravado en los programas de Ingeniería, tradicionalmente caracterizados por contenidos técnicos y teóricos complejos, fundamentados en modelos matemáticos abstractos. En este contexto, se hace evidente la necesidad de estrategias que fomenten un mayor compromiso estudiantil y promuevan la articulación entre teoría y práctica. El objetivo de esta investigación es explorar la experimentación de conceptos físicos mediante el uso de plataformas y dispositivos embebidos como herramienta de enseñanza en los cursos de Ingeniería. Metodológicamente, este estudio describe una secuencia de desarrollo compuesta por la elaboración de guías prácticas, simulación en un entorno virtual (Wokwi), construcción física, pruebas y validación de los resultados obtenidos a través de mediciones y comparación con el comportamiento esperado según la literatura de Física en las áreas de mecánica, termología y caída libre. Los resultados indican la viabilidad técnica de los módulos y su capacidad para producir datos coherentes con los fenómenos físicos estudiados, además de presentar una estimación de costos que evidencia la accesibilidad del conjunto experimental. Como contribución, el artículo pone a disposición materiales y códigos en un repositorio público, favoreciendo la replicación y adaptación en diferentes contextos educativos. Como limitación, este estudio se centra en el desarrollo y la descripción de los experimentos, sin contemplar, en esta etapa, la aplicación sistemática con estudiantes ni la evaluación de los impactos en el aprendizaje, señalando estas líneas como trabajo futuro.

Palabras clave: Aprendizaje activo; Educación en ingeniería; Experimentación; Sistemas Embebidos; Física.

1 Introdução

A evasão no ensino superior é uma problemática que vem sendo estudada há alguns anos no Brasil. Os primeiros trabalhos acadêmicos brasileiros sobre o tema foram publicados em 1977, e desde então teve um crescimento exponencial de questionamentos e pesquisas sendo realizadas neste âmbito. Mesmo com avanços em pesquisas sobre o tema, a evasão no ensino superior brasileiro é persistente (MACIEL; CUNHA JÚNIOR; LIMA, 2019). As áreas de ciências naturais e engenharia, determinadas como base para geração de novas tecnologias, registram os mais elevados índices dessa evasão (SACCARO; FRANÇA; JACINTO, 2019).

Diante desse cenário, torna-se relevante analisar como essa evasão se manifesta em contextos institucionais específicos. Nesse sentido, ao avaliar a evasão nos cursos da Universidade Federal do Ceará (UFC) – campus Fortaleza, observou-se que os cursos de engenharia possuem as menores taxas de desempenho e concluintes. A partir do estudo de José Filho (2009), verificou-se que as maiores taxas de reprovação estão concentradas nos primeiros quatro semestres do curso, os quais contemplam boa parte das disciplinas teóricas, como Cálculo e Física. Um agravante desse fato é que os discentes são recém-ingressos e estão se adaptando ao formato de ensino da graduação.

Em Chagas et al., 2025, é apresentada uma análise sobre a evasão no ensino superior, evidenciando que o número de estudantes que abandonaram os cursos foi superior ao de concluintes. O estudo aponta que grande parte das evasões ocorrem nos períodos iniciais da graduação, especialmente até o quinto período, além de identificar estudantes com matrícula ativa mesmo após ultrapassarem o tempo previsto de conclusão do curso. A pesquisa também destaca a importância da análise do desempenho acadêmico ao longo da graduação, permitindo compreender padrões de evasão e contribuir para o desenvolvimento de estratégias de permanência estudantil.

Em Felizardo et al., (2022) e Pinheiro et al., (2026), são apresentadas análises sobre a evasão nos cursos de Engenharia em universidades federais de diferentes regiões do Brasil, evidenciando que essa problemática não se restringe a uma instituição ou contexto regional específico. As pesquisas, desenvolvidas na Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), em Minas Gerais, e na Universidade Federal da Bahia (UFBA), apontam que os maiores índices de evasão se concentram nos períodos iniciais da graduação, especialmente em disciplinas da base curricular. Os estudos também destacam que reprovações recorrentes nos primeiros semestres podem impactar negativamente o desempenho acadêmico e contribuir para a decisão de evasão dos estudantes. Nesse contexto, as pesquisas reforçam a necessidade de estratégias institucionais voltadas à permanência estudantil, como a reorganização de projetos pedagógicos, o desenvolvimento de metodologias mais engajadoras e o acompanhamento acadêmico nos anos iniciais dos cursos de Engenharia.

Em consonância com esse panorama, nos cursos de Engenharia da UFC, campus Sobral, onde esta pesquisa foi realizada, a reprovação discente apresenta-se crítica e recorrente, onde as taxas de reprovação se concentram em disciplinas específicas, como Física 1, a qual é um componente curricular obrigatório do primeiro semestre do curso, apresentando uma média de reprovação de 40,43% entre os anos de 2014 a 2023¹.

Essa elevada reprovação em Física 1 reflete o descompasso entre as expectativas dos estudantes e as metodologias tradicionais, indicando a necessidade de práticas pedagógicas mais engajadoras e significativas. De acordo com uma pesquisa conduzida no âmbito da UFC, que investigou o impacto que o desenvolvimento de protótipos e sistemas reais provoca no

¹ Informações coletadas do sistema acadêmico da UFC - Sobral pela coordenação do curso de Engenharia da Computação, acesso em 10 de Janeiro de 2025.

desempenho acadêmico nos cursos de Engenharia, constatou-se que o ensino orientado a projetos, não só estimula o interesse do estudante, como também expande o âmbito pedagógico inicial dos cursos em que é implementado. Quando os discentes foram indagados sobre o pensamento de desistência da formação superior, em decorrência do uso de metodologias tradicionais e teóricas, 85,3% demonstraram ter cogitado a desistência (SOUSA *et al.*, 2018).

Diversas pesquisas relatam diferentes estratégias para a redução da evasão nos cursos de Engenharia, entre elas o uso de abordagens pedagógicas ativas, como a robótica e as plataformas embarcadas, apontadas como alternativas capazes de introduzir novas metodologias em sala de aula e fortalecer o senso de pertencimento e engajamento dos estudantes com o curso (CONDE *et al.*, 2020; OUYANG; XU, 2024).

Nesse contexto, Clementino Neto (2019), Guedes (2019), Silva (2018) e Sousa Jr. *et al.* (2020) desenvolveram pesquisas voltadas ao uso da robótica e de experimentos didáticos no ensino de Física, utilizando Arduino e sensores como ferramentas de aproximação entre teoria e prática. Clementino Neto (2019) propôs a robótica como ferramenta avaliativa no ensino da Cinemática; Guedes (2019) utilizou experimentos didáticos com Arduino como estratégia de ensino; e Silva (2018) desenvolveu experimentos na área da Física acompanhados de atividades avaliativas. Em comum, os estudos evidenciaram maior entusiasmo, participação e envolvimento dos discentes diante das abordagens práticas aplicadas.

De forma complementar, Sousa Jr. *et al.* (2020) desenvolveram um aparato experimental voltado ao estudo de ondas em cordas tensionadas, utilizando a plataforma Arduino como interface para aquisição de dados. Entretanto, diferentemente das demais pesquisas, a proposta não contemplou a aplicação prática com os discentes.

A utilização dessas plataformas, as quais são de baixo custo, de *hardware* e *software* livre, ampliam as possibilidades de implementação, proporcionando aos estudantes a vivência concreta das competências, responsabilidades e processos decisórios inerentes ao exercício profissional da Engenharia. Dentre as inúmeras possibilidades do uso dessas plataformas embarcadas, destaca-se sua aplicação como ferramenta integradora de conteúdos teóricos abordados em disciplinas como Física, Cálculo e Programação Computacional, viabilizando sua transposição para aplicações práticas no contexto da robótica (FREITAS *et al.*, 2019).

Nessa perspectiva, a introdução de tecnologias como ferramenta de ensino, em especial nas áreas de Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics (STEAM), vem sendo debatido nos últimos anos. Nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de engenharia, estabelecidas pelo Conselho Nacional de Educação (CNE), atualizadas em 2019, no art. 6º, § 6º é descrito que: “Deve ser estimulado o uso de metodologias para aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno” (BRASIL, 2019). De acordo com Magalhães *et al.*, 2024, a implementação de metodologias ativas favorece a superação dos desafios identificados no processo formativo, contribuindo para uma aprendizagem mais dinâmica e significativa.

Neste contexto, este trabalho apresenta uma proposta pedagógica que utiliza a plataforma embarcada ESP32 como ferramenta para a concepção e o desenvolvimento de experimentos de baixo custo voltados a disciplinas Física 1 do curso de Engenharia. Nessa perspectiva, a ESP32 não atua meramente como um instrumento de medição, mas como um dispositivo de borda que viabiliza a digitalização de fenômenos físicos e a visualização de dados em tempo real, um aspecto fundamental na Informática na Educação para a redução da abstração de conceitos complexos. Considerando a estrutura programática da disciplina de Física 1, os temas escolhidos para a construção do experimento foram: Queda Livre, Canhão de Gauss, Calor Sensível e Latente e Pêndulo simples. Esses conceitos atuam como pilares que articulam diferentes áreas da Física, desde a mecânica clássica até a termodinâmica, evidenciando como a energia pode se transformar,

conservar ou ser dissipada. A proposta é fundamentada na literatura sobre STEAM e prototipagem eletrônica e busca oferecer subsídios para uma introdução estruturada à prototipagem, favorecendo o desenvolvimento de competências técnicas e a interdisciplinaridade desde as etapas iniciais da formação acadêmica. Além disso, os experimentos elaborados visam possibilitar a exploração prática de conceitos que, nessas disciplinas, são frequentemente abordados predominantemente em nível teórico. Diante desse contexto, este estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: é viável desenvolver recursos educacionais de baixo custo utilizando ESP32 para experimentação em Física, garantindo reprodutibilidade e alinhamento com os princípios das metodologias ativas?

2 Evasão no Ensino Superior e Metodologias Ativas com Prototipagem

O governo federal ampliou as Instituições de Ensino Superior (IES) nos últimos anos, dentro das muitas motivações, o desenvolvimento econômico e tecnológico do país foi o destaque (SACCARO; FRANÇA; JACINTO, 2019). A partir desta expansão, em 2022, o Brasil registrou 2.595 instituições de ensino superior no país levando em consideração todos os cursos da rede pública e privada, que receberam cerca de 9.443.597 alunos matriculados no mesmo ano. Destes alunos, apenas 50,37% ingressaram de fato em seus cursos e a taxa de concluintes quando comparada a de ingressantes no mesmo ano foi de apenas 13,63% (INEP; Brasil, 2022).

Nesse cenário, a discussão desloca-se do acesso para a permanência, sobretudo nos cursos de Engenharia, em que os semestres iniciais concentram disciplinas de base teórica complexa e elevadas taxas de reprovação. Analisando a evasão de estudantes da área Computação, verificou-se que a não reprovação em componentes da base matemática do curso, como cálculo, garante maior chance de sobrevivência do discente no curso de graduação. Notou-se também que a evasão do curso ocorre de forma mais rápida nos quatro primeiros semestres, normalmente aqueles que são compostos por conteúdos majoritariamente teóricos, como nas disciplinas de Cálculo, Física e Algoritmos (HOED, 2016).

De acordo com a pesquisa de Hoed (2016), a adoção de aulas práticas que possibilitam aos estudantes a aplicação concreta dos conceitos abordados teoricamente configura-se como uma estratégia eficaz no enfrentamento da evasão acadêmica. Também enfatizou que o professor consegue amenizar as dificuldades dos alunos ao associarem a teoria ao uso prático e real. Isso gera uma maior interação estudante e professor e pode-se criar um ambiente seguro e confortável para expor dúvidas e questionamentos, reduzindo a dificuldade do discente no componente curricular.

Outra estratégia citada para redução da evasão é a inclusão de estudantes em pesquisa, extensão, produção científica e trabalho em equipe, pois além de serem diferenciais para o mercado de trabalho, mostra aos envolvidos a importância da estrutura do curso. Isso torna todo o processo ensino-aprendizagem menos entediante, mais compreensível e interessante (GILIOLI, 2016; HOED, 2016). Seguindo a mesma perspectiva, Lima Junior *et al.* (2020) apontaram em seus estudos que a relação de evasão ou permanência do discente no curso, não guarda relação significativa com o grau de excelência do estudante. Os autores destacam que estudantes que reprovam disciplinas, tendem a ser menos inseridos socialmente e academicamente, contribuindo para o afastamento entre colegas e a ausência de integração social.

Diante disso, torna-se pertinente considerar estratégias pedagógicas que, ao mesmo tempo, promovam aprendizagem significativa, trabalho colaborativo e maior integração do estudante à cultura do curso. Nesse contexto, estudos e pesquisas dos últimos anos, apontam a utilização de tecnologias e prototipagem em sala de aula, como uma forma de minimizar a intenção de evasão dos discentes, bem como inseri-los na idealização que eles têm do curso de engenharia, de

construir equipamentos e robôs (ARAÚJO *et al.*, 2007; CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2011; FREITAS *et al.*, 2019; SOUSA *et al.*, 2018).

Alinhado a essa compreensão, o documento *Grandes Desafios da Educação em Computação 2025–2035*, publicado pela Sociedade Brasileira de Computação (2024), evidencia que as matrizes curriculares dos cursos de Engenharia ainda se apresentam de forma estática, enquanto os projetos pedagógicos demonstram baixa flexibilidade e recorrente utilização de metodologias de ensino consideradas tradicionais. Nesse contexto, o documento ressalta não apenas a necessidade de uma formação docente adequada às demandas contemporâneas, mas também a importância de fomentar o desenvolvimento e a adoção de novas abordagens metodológicas voltadas ao ensino de Computação.

Trabalhos correlatos à presente pesquisa são observados em Ramos et al. (2025), que empregaram a robótica educacional como recurso pedagógico no ensino de Computação. Por meio de práticas interdisciplinares fundamentadas na abordagem STEAM em espaços não formais, os autores destacam a articulação entre tais conceitos e o desenvolvimento do pensamento computacional. Ademais, o estudo evidenciou que a resolução de desafios reais não apenas favorece a apreensão de conteúdos e o engajamento estudantil, como também fomenta o desenvolvimento de competências técnicas e socioemocionais.

Nessa mesma perspectiva, Farias Junior & Vieira (2022) construíram oficinas de estudo em robótica com estudantes e professores. Os autores mencionaram que diante do impacto positivo do ensino de robótica educacional livre, evidenciou-se a necessidade de desenvolver ações contínuas. As experiências adquiridas contribuíram para o despertar da prática profissional dos participantes e para a compreensão da temática, por meio de discussões sobre o uso da robótica como ferramenta pedagógica. Observou-se, ainda, um impacto social positivo, reforçando a importância de replicação da proposta em outros contextos, com o intuito de estimular e transformar a forma de pensar dos envolvidos, assim como mencionado na proposta deste trabalho.

Complementando essa visão, Castro et al., 2024, analisam a atuação de monitores em aulas de robótica educacional, destacando que a abordagem prática com projetos em equipe foi eficaz no desenvolvimento do pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho colaborativo. Além disso, observou-se impactos positivos nas habilidades sociais dos estudantes. O estudo também evidenciou benefícios para alunos e educadores, bem como os desafios e aprendizados ao longo do processo. Todos esses estudos supracitados evidenciam o potencial do uso de plataformas embarcadas como ferramenta didática no ensino de disciplinas de Engenharia, reforçando a relevância e a viabilidade da proposta desta pesquisa.

Dessa forma, a prototipagem eletrônica com a ESP32 surge não apenas como um recurso técnico, mas como uma estratégia de permanência estudantil. Ao transpor conceitos abstratos de Física para sistemas reais e tangíveis, promove-se o que a referida entidade (SBC, 2024) define como uma formação dinâmica e flexível.

2.1 Trabalhos Relacionados

Conforme discutido por Vieira e Leão (2026), a robótica educacional tem se consolidado como uma ferramenta capaz de aproximar teoria e prática, favorecendo o envolvimento dos estudantes com os conteúdos trabalhados e contribuindo para uma aprendizagem mais dinâmica e significativa. Nesse contexto, diferentes pesquisas vêm utilizando plataformas embarcadas no desenvolvimento de práticas experimentais voltadas à coleta automatizada de dados e à aplicação de metodologias ativas de aprendizagem.

Em seu estudo, Silva (2018) desenvolveu três experimentos na área da Física utilizando Arduino e sensores, com o objetivo de tornar as aulas experimentais mais dinâmicas e interativas.

A pesquisa foi aplicada a estudantes ingressantes da graduação, que tiveram contato com os experimentos e com os dados de medição obtidos pelo Arduino. Posteriormente, foi aplicado um questionário para validação da proposta, o qual evidenciou que o uso do Arduino e do computador possibilita a realização de práticas experimentais de baixo custo, mesmo em contextos sem laboratório didático, além de favorecer maior interação dos estudantes com os conteúdos e aproximá-los da prática científica por meio da experimentação.

Nesse contexto, Guedes (2019) investigou o uso do Arduino como ferramenta de apoio ao ensino de Cinemática no ensino médio, utilizando experimentos práticos como estratégia para aproximar os estudantes dos conceitos físicos. O estudo destacou que a inserção de recursos tecnológicos e atividades experimentais contribuiu para tornar as aulas mais dinâmicas e menos abstratas, favorecendo a participação ativa dos alunos. Além disso, a pesquisa evidenciou que a utilização do Arduino, associada a questionários discursivos, possibilitou uma abordagem avaliativa mais reflexiva e interativa, promovendo maior engajamento dos estudantes.

Na pesquisa de Clementino Neto (2019), foi desenvolvido um material didático voltado ao ensino de Movimento Circular, utilizando um robô de baixo custo controlado via *Bluetooth* por *smartphone*. Os resultados indicaram maior envolvimento dos estudantes nas atividades, incluindo aqueles com menor participação em aulas expositivas tradicionais, além de favorecer a aproximação entre os conceitos teóricos e a prática experimental. Entretanto, o estudo também evidenciou desafios relacionados à autonomia discente e às limitações estruturais das escolas públicas, especialmente quanto ao custo e à disponibilidade de materiais.

Nessa perspectiva, Sousa Jr. et al., (2020) desenvolveram um aparato experimental para o estudo de ondas em cordas tensionadas, utilizando sensores integrados ao Arduino para a coleta e análise de dados sonoros e mecânicos. O estudo possibilitou o entendimento sobre as propriedades físicas das cordas, como velocidade de propagação e densidade linear, apresentando resultados compatíveis com métodos tradicionais. Além disso, a pesquisa destacou o potencial do Arduino no desenvolvimento de experimentos didáticos e investigativos voltados ao ensino de Física e à área de acústica.

Sendo assim, esta pesquisa propõe o uso da prototipagem eletrônica de baixo custo como metodologia ativa no ensino de Física, por meio da construção de experimentos que aproximam teoria e prática. Diferentemente dos estudos anteriores, baseados predominantemente em Arduino, esta proposta utiliza a ESP32 como plataforma embarcada, ampliando as possibilidades de processamento e conectividade.

Uma das principais limitações nos trabalhos supracitados é a não disponibilização dos códigos-fonte. Na pesquisa de Silva (2018), os códigos mencionados nos apêndices não permaneceram acessíveis na versão final do documento, dificultando sua localização. No estudo de Clementino Neto (2019), foram apresentados apenas trechos dos códigos desenvolvidos, sem a disponibilização completa da estrutura utilizada, enquanto Sousa Jr. et al. (2020) não disponibilizaram os códigos empregados nos experimentos. Como diferencial, esta pesquisa disponibiliza integralmente todos os códigos-fonte utilizados em um repositório no GitHub, buscando facilitar o acesso, à reprodução e a adaptação dos experimentos.

Além disso, diferentemente da proposta de Silva (2018), esta pesquisa apresenta uma definição mais específica do público-alvo, sendo direcionada principalmente a estudantes ingressantes matriculados na disciplina de Física I, ainda que não restrinja a participação de discentes de períodos mais avançados. Essa delimitação busca favorecer a associação entre os experimentos desenvolvidos e os conteúdos abordados em sala de aula, contribuindo para a compreensão das temáticas estudadas e para o fortalecimento do vínculo dos estudantes com o curso.

Assim como em Sousa Jr. et al. (2020), este estudo também propõe a construção de aparatos experimentais. Entretanto, devido às limitações encontradas durante o desenvolvimento da pesquisa, não foi possível realizar a aplicação prática dos experimentos com os discentes. Ainda assim, os experimentos foram construídos e validados, permitindo sua utilização em aplicações futuras. Como outro diferencial, esta pesquisa realizou o levantamento detalhado dos custos de construção de cada experimento, com o objetivo de evidenciar o caráter de baixo custo da proposta, aspecto não apresentado de forma explícita nos trabalhos relacionados analisados.

2.2 Referenciais Pedagógicos para o Ensino da Robótica: STEAM e Construtivismo

Com as transformações tecnológicas e a exposição precoce à tecnologia, os discentes que ingressam no ensino superior apresentam novas dinâmicas formativas, o que gera a necessidade das instituições acompanharem tais mudanças. Essas mudanças podem ser realizadas por meio da abordagem STEAM, que utiliza metodologias ativas e colaborativas para facilitar a integração entre saberes e a resolução de desafios (CONDE et al., 2020).

Essa abordagem, além de contemplar as quatro áreas do conhecimento da Science, Technology, Engineering, Mathematics, incorpora as Artes no processo educativo com o propósito de potencializar a expressão criativa dos envolvidos. A integração interdisciplinar promovida por essa metodologia pode contribuir para a construção de soluções voltadas a problemas complexos, incluindo estudantes com diferentes aptidões e despertando o senso crítico (AGUILERA; ORTIZ-REVILLA, 2021).

Considerando o perfil de estudantes ingressantes no ensino superior, observa-se um perfil de com domínio intuitivo da tecnologia e que valorizam práticas educacionais mais dinâmicas e interativas. Nesse contexto, abordagens que eram eficazes no passado tendem a se mostrar insuficientes para atender às demandas dessa nova geração (GRAEFF; GUSMÃO, 2025).

Embora o ensino tradicional, em que o professor assume um papel expositivo e o estudante atua como receptor, seja eficaz na transmissão de conhecimento, nem sempre favorece o engajamento ativo necessário para a compreensão aprofundada dos conteúdos. Por outro lado, a Teoria da Aprendizagem Construtiva propõe uma alternativa centrada no estudante, na qual a aprendizagem é construída com base em experiências pessoais e conhecimentos prévios, que devem ser valorizados no processo (MENG et al., 2025).

De acordo com o estudo de José Junior e Nascimento (2018), a partir das obras de Jean Piaget, o processo de ensino deve estar fundamentado na participação ativa do discente na construção do próprio conhecimento. Nessa perspectiva, os métodos de ensino ativo são apontados como estratégias capazes de estimular o estudante a se engajar na busca pelo aprendizado. Os autores destacam ainda que, nas concepções de Piaget, o esforço está diretamente relacionado ao interesse, cabendo ao docente a tarefa de articular o conteúdo didático por meio de ferramentas que promovam o envolvimento dos estudantes.

Seymour Papert desenvolveu o construcionismo, teoria baseada no construtivismo de Jean Piaget, segundo a qual a aprendizagem ocorre pela construção de esquemas mentais por meio da manipulação de objetos concretos e da reflexão sobre as próprias ações. Nesse contexto, o estudante é colocado como participante ativo na construção do próprio conhecimento. Para o autor, o professor enfrenta desafios nesse cenário, especialmente ao deixar o papel estritamente instrutor para assumir uma postura de mediador, acompanhando e compreendendo a forma como o estudante pensa e constrói seu conhecimento (ACKERMANN, 2001).

No que se refere às dificuldades enfrentadas pelos docentes nesse contexto, Linhares e Santos (2021) discutem a adequação da formação docente às demandas contemporâneas, destacando aspectos essenciais para o fortalecimento da área. O autor destaca a importância estratégica desses cursos em uma sociedade tecnológica, bem como a necessidade de aprimorar a formação docente

por meio de metodologias inovadoras voltadas à resolução de problemas reais no contexto escolar.

Assim, a concepção de experimentos por meio do desenvolvimento de módulos eletrônicos pode estimular outras competências cognitivas dos estudantes, podendo impactar positivamente sua compreensão dos conteúdos da Física. Essa estratégia torna o aprendizado mais dinâmico e contextualizado, ao trabalhar com a resolução de problemas, proporcionar ao docente alternativas de atividades interativas para o contexto da sala de aula, fomentar o senso crítico dos estudantes, estimular a atuação em equipe e envolver os discentes, desde o início do curso, com práticas de prototipagem, robótica e aulas experimentais. A robótica, nessa perspectiva, atua como uma ferramenta didática alinhada aos princípios do construtivismo e da abordagem STEAM no processo de ensino-aprendizagem.

2.3 Componentes Eletrônicos

Nesta subseção será abordado sobre os componentes eletrônicos fundamentais para a construção dos experimentos propostos.

2.3.1 ESP32

A ESP32 é um microcontrolador de baixo custo, que contém conectividade Wi-Fi e *bluetooth* integrado e pode ser utilizado em diversas aplicações. Tem um microprocessador dual-core Tensilica LX6 240 MHz com um desempenho de 600 DMIPS, possui 520 KB de SRAM, 16 MB de memória flash, suporta temperaturas entre -40°C a 125°C , e com tensão de alimentação de 2,2V a 3,6V (ESPRESSIF, 2025). Além de tudo isso, a ESP32 tem em sua estrutura a integração de interruptores de antena, Radio Frequency Balun (RF Balun), amplificador de potência e recepção de baixo ruído, filtros e módulos de gestão energética, que reduz o número de componentes externos e torna o protótipo de pequena escala (ESPRESSIF, 2025).

Na Figura 1 observa-se a pinagem do módulo ESP-WROOM-32 utilizado nesta pesquisa, o qual dispõe de 38 pinos. Entre eles, destacam-se os pinos GND, Vin (Voltage Input) e 3,3 V, destinados à alimentação da placa, bem como os pinos TX0 e RX0, utilizados como interface padrão para comunicação serial. Os demais pinos são classificados como de uso geral (GPIO), embora cada um possua especificações e restrições próprias de funcionamento. Ainda nesta Figura pode-se observar os pinos associados aos conversores Analog-to-Digital Converter (ADC) e Digital-to-Analog Converter (DAC), empregados na conversão de sinais analógicos e digitais (ESPRESSIF, 2025). No contexto da prototipagem eletrônica, a correta interpretação dessas especificações é fundamental para garantir conexões adequadas e o funcionamento apropriado do sistema, em conformidade com a pinagem da ESP32.

2.3.2 Módulo de detecção de obstáculos KY-032

O KY-032 é um módulo sensor infravermelho destinado à detecção de obstáculos. Seu funcionamento baseia-se na emissão de radiação infravermelha por meio de um diodo emissor (LED IR); quando essa radiação incide sobre um objeto, parte do sinal é refletida e captada por um receptor infravermelho integrado ao módulo. A partir dessa detecção, o sensor fornece uma saída digital, na qual nível lógico alto (1) indica ausência de obstáculo e nível lógico baixo (0) indica a presença de um objeto na área monitorada. O sensor conta com 2 potenciômetros para ajuste da sensibilidade e de distância de detecção do obstáculo, a qual varia entre 2 cm a 40 cm (IT, 2025). Na Figura 2 é possível observar as quatro estruturas principais do módulo de detecção de obstáculos KY-032: 1: Light Emitting Diode (LED) IR; 2: receptor infravermelho; 3: *jumper* que une o *Enable* a alimentação; 4: os potenciômetros de controle.

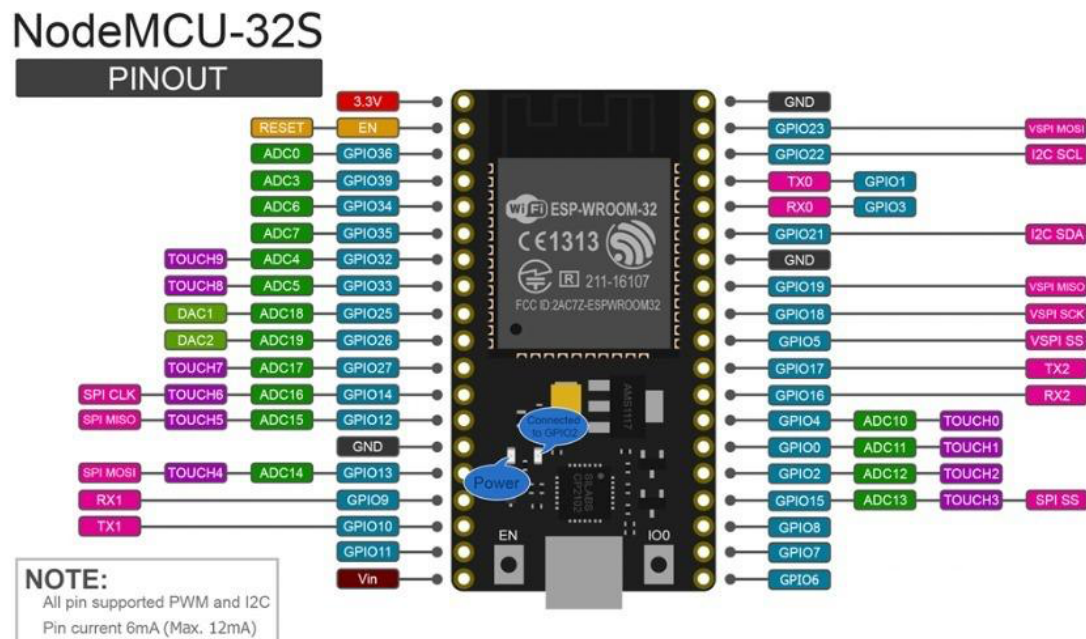


Figura 1: Pinagem da ESP-WROOM-32. Fonte: Santos, 2019.

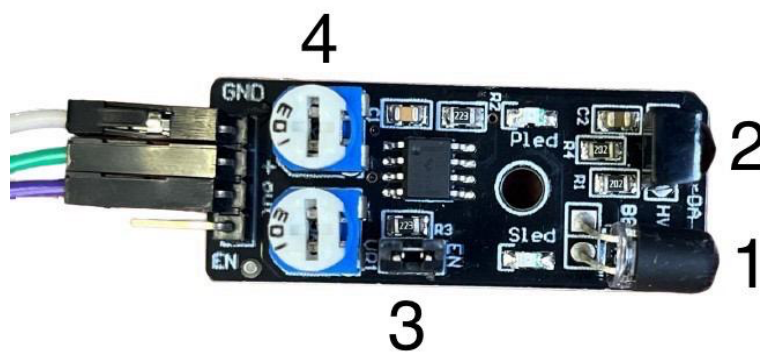


Figura 2: Módulo de detecção de obstáculos KY-032.

2.3.3 Sensor de temperatura

O sensor de temperatura DS18B20 possui leitura digital, tem um cabo de 1 m de comprimento maleável que também permite o contato com a água sem prejuízos ao equipamento. Ele utiliza tecnologia *one-wire*, a qual permite a comunicação através de um único fio condutor. O sensor opera na faixa de leitura de temperatura entre -55 a $+125$ °C, com tensão de alimentação de 3 V a 5,5 V, seu tempo de atualização é menor que 0,75 s e sua precisão é de aproximadamente 0,5 °C (CORDOVA *et al.*, 2017). Na Figura 3, pode-se observar que o sensor é composto por um encapsulamento de fios preto, onde se encontra nas pontas: 1: revestimento em aço inoxidável que é a parte que entra em contato com a água; 2: Voltage at the Collector (VCC); 3: fio de dados; 4: GND.

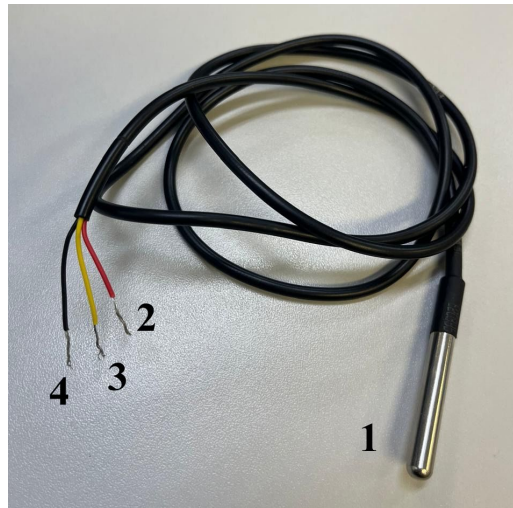


Figura 3: Sensor de temperatura DS18B20.

2.3.4 Display LCD 16x2 com comunicação I2C

O display LCD, tal como apresentado na Figura 4, é constituído por um controlador IC AC780S ou equivalente, que é um chip controlador responsável por operar o display, integrado diretamente no módulo. Esse display tem uma tensão de alimentação de 5 V e dimensão de 16 caracteres por 2 linhas. O protocolo de comunicação normalmente utilizado é o I2C (DISPLAY, 2022).



Figura 4: Display LCD 16x2. Fonte: Orient Display, 2022.

2.3.5 Sensor de Obstáculos Reflexivo Infravermelho

O módulo sensor apresenta capacidade de adaptação à luminosidade ambiente e é composto por um par emissor–receptor de infravermelho. O emissor transmite radiação infravermelha em uma frequência específica e, ao incidir sobre um obstáculo, o sinal refletido é captado pelo receptor. Esse sinal é então processado por um circuito comparador interno, que, ao detectar a presença do objeto, aciona o LED indicador (verde) e fornece na saída um nível lógico baixo (sinal digital) (USINAINFO, 2018).

A distância de detecção pode ser ajustada por meio de um potenciômetro integrado ao módulo, permitindo um alcance efetivo entre aproximadamente 2 cm e 30 cm. O dispositivo opera com tensão de alimentação entre 3,3 V e 5 V (USINAINFO, 2018). Na Figura 5 é possível observar o módulo sensor de obstáculos reflexivo infravermelho: 1: LED emissor infravermelho e o receptor; 2: potenciômetro para ajuste da distância e regulagem da distância de detecção; 3: VCC, GND e saída de dados (OUT).

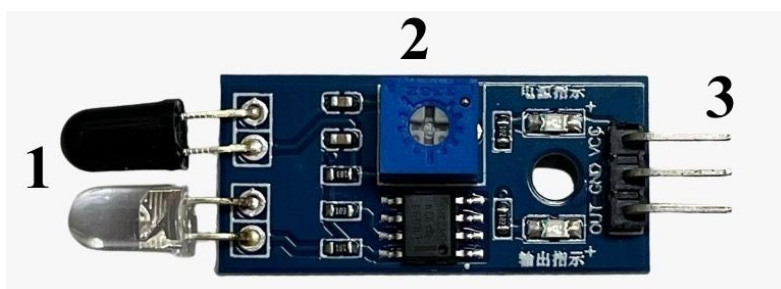


Figura 5: Sensor de Obstáculos Reflexivo Infravermelho.

3 Metodologia

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de desenvolvimento tecnológico de natureza aplicada, com abordagem mista para a coleta e análise de dados. Sob a ótica da Informática na Educação, este trabalho configura-se como uma pesquisa experimental, voltada à criação e validação de recursos educacionais abertos (*hardware* e *software*) para o ensino de Ciências e Engenharia.

A metodologia deste trabalho foi organizada em cinco etapas principais, sintetizadas no fluxograma da Figura 6: (1) Concepção pedagógica, etapa na qual foram definidos os conceitos físicos e elaborado o roteiro do guia prático, considerando as temáticas previamente selecionadas nas áreas da Física; (2) Prototipagem Virtual, utilizando a plataforma Wokwi foram realizadas a simulação dos experimentos e a validação da lógica de programação e dos circuitos; (3) Montagem Física, nesta etapa, os esforços foram concentrados na montagem dos experimentos físicos, contemplando a organização dos componentes, a integração dos circuitos, a verificação do funcionamento e a integração da ESP32 e sensores; (4) Calibração, etapa destinada ao ajuste da sensibilidade dos componentes, à verificação do funcionamento inicial do sistema e à análise de conformidade dos resultados obtidos com o comportamento esperado; e (5) Validação, etapa destinada à realização de repetições dos experimentos, com o objetivo de coletar e registrar os dados obtidos. Esses resultados foram analisados e confrontados com os modelos teóricos clássicos, a fim de verificar a consistência e a confiabilidade dos experimentos desenvolvidos. Cabe salientar que todos os materiais listados neste trabalho, foram comprados pelos autores para o desenvolvimento dos experimentos.

Destaca-se aqui que a “Etapa 2: Prototipagem virtual” para todos os experimentos exemplificados e explicados a seguir foi realizada por meio da plataforma Wokwi. Assim, assumimos um papel estratégico tanto do ponto de vista técnico quanto pedagógico, possibilitando que o estudante explore diferentes conexões e lógicas de programação sem o risco de danos físicos aos componentes reais.

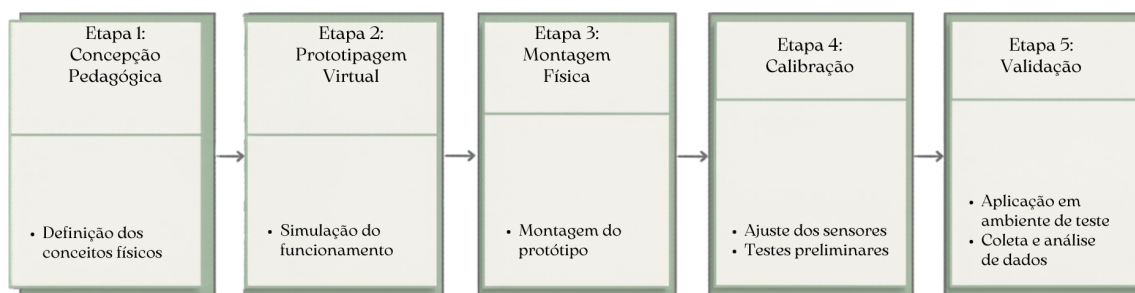


Figura 6: Fluxograma das etapas para elaboração dos experimentos.

Para garantir o rigor da análise na “Etapa 5: Validação” foram realizadas múltiplas repetições de cada experimento, permitindo o cálculo do desvio padrão e da incerteza

experimental. Dados esses que são apresentados na Seção de Resultados. Os dados e códigos de suporte a este artigo para todos os experimentos estão disponíveis no repositório GitHub do projeto sob o link <https://github.com/VitoriaFreitaxs/ExperimentosdeFisicaESP32/tree/main> e foram preservados via Zenodo sob o DOI 10.5281/zenodo.19053900.

3.1 Queda Livre

O experimento de queda livre foi concebido, conforme a etapa de concepção pedagógica, para confrontar a concepção intuitiva de que objetos mais pesados caem mais rápido e para desconstruir o senso comum aristotélico em favor do rigor científico galileano. Tema que é considerado um obstáculo comum na aprendizagem de cinemática (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1983).

A prototipagem virtual foi realizada no Wokwi para validar o experimento de queda livre. Na Figura 7 é possível visualizar o display LCD, a ESP32 e os dois LDR que foram utilizados apenas para simulação, pois o sensor KY-032 não está disponível na plataforma. Na instrumentação eletrônica, diferentes componentes apresentam comportamentos, lógicas de calibração e respostas de sinal distintas; assim, a substituição em ambiente de simulação foi realizada apenas para validação da montagem. Esse procedimento se repetirá nos demais experimentos devido à indisponibilidade de alguns sensores de detecção de obstáculos.

A montagem física consistiu na utilização de uma haste vertical com um ponto de lançamento no topo e dois sensores KY-032 instalados ao longo do corpo, separados por uma distância pré-definida. O experimento será repetido com ambos os objetos para registrar o tempo de queda em diferentes pontos e verificar se caem em sincronia, validando a teoria da queda livre. A Figura 8 mostra uma visão lateral do suporte experimental: S1 e S2 indicam os locais dos sensores KY-032; o topo é o ponto de lançamento dos objetos; d é a distância da base da esfera até o primeiro LDR, D é a distância do ponto de lançamento ao primeiro LDR, e S é a distância entre os dois LDRs.

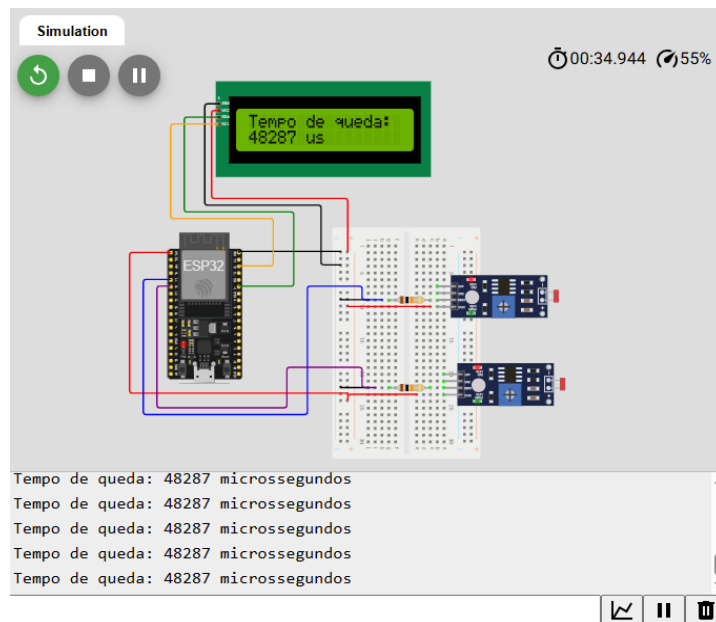


Figura 7: Simulação do experimento de queda livre no Wokwi.

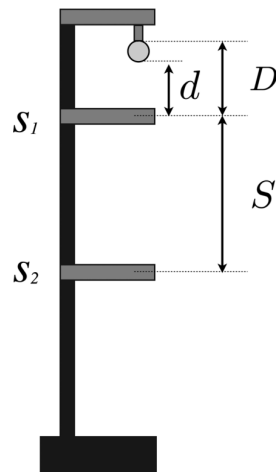


Figura 8: Ilustração do suporte para o experimento de queda livre. Fonte: Coluci et al., 2013.

Para esse experimento utilizamos os seguintes materiais:

- 1 ESP-WROOM-32
- 2 sensores KY-032
- 2 resistores de 10 k Ω
- 2 objetos de massas diferentes
- 1 Protoboard
- Jumpers

Na etapa de calibração, realizaram-se ajustes nos potenciômetros de sensibilidade dos sensores KY-032 para garantir que a detecção ocorresse apenas com a passagem central do objeto, mitigando disparos falsos causados pela luminosidade ambiente. Por fim, a validação seguiu o protocolo descrito na Seção 3, com múltiplas repetições e análise estatística.

3.2 Canhão de Gauss

O desenvolvimento do experimento atendeu à fase de concepção educacional, centrando-se na construção do Canhão de Gauss, em que são analisados os fenômenos de aceleração e desaceleração associados à ejeção controlada do projétil, decorrentes da interação com o campo magnético gerado por ímãs permanentes (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012). Esse aparato experimental aparece também como canhão magnético ou rifle de Gauss, exemplificando um problema clássico da física, a conversão de energia magnética em energia cinética (CHEMIN *et al.*, 2017). Para esse experimento, a prototipagem virtual foi realizada de acordo com a Figura 9, onde é possível visualizar a ESP32 e os dois LDR que foram utilizados apenas para simulação.

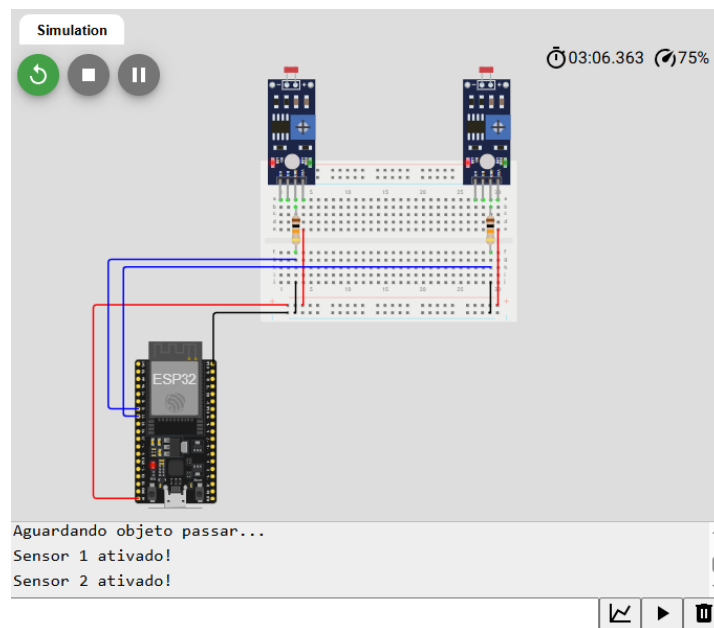


Figura 9: Simulação do experimento do canhão de Gauss no Wokwi.

Para a implementação prática, usamos um sistema que utiliza uma calha (ou cano), como mostrado na parte superior da Figura 10, com ímãs dispostos linearmente e equidistantes. Esferas de aço são posicionadas em sequência, com duas após cada ímã e uma adicional responsável por iniciar o processo (visível na parte inferior esquerda da Figura 10). Na extremidade do cano, há dois furos separados por uma distância pré-definida, cada um com um LDR e um feixe de luz direcionado. Quando a esfera passa, interrompe a luz, permitindo registrar o tempo e calcular a velocidade média do lançamento.

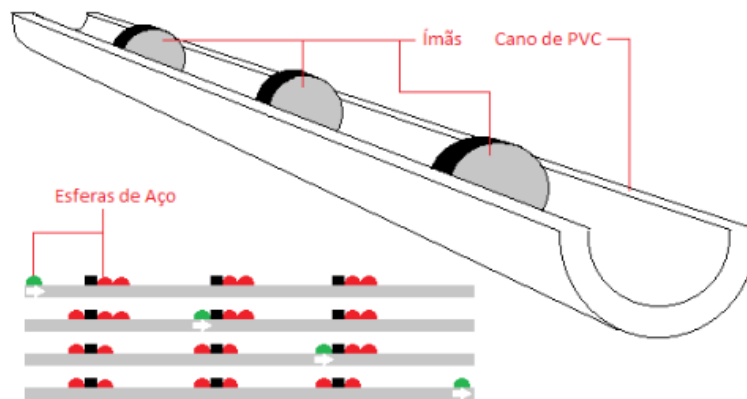


Figura 10: Representação da disposição das esferas de aço e o funcionamento teórico. Fonte: Guedes, 2019.

Para esse experimento, utilizamos os seguintes materiais:

- ESP-WROOM-32
- Protoboard
- Jumpers
- 2 sensor infravermelho
- Calha ou cano
- 17 esferas de aço
- 4 ímãs de neodímio.

A etapa de calibração consistiu no ajuste fino dos sensores infravermelhos posicionados nas extremidades do cano, visando garantir a detecção precisa da passagem das esferas de aço. Para isso, foram regulados os potenciômetros dos sensores para ajustar a sensibilidade, de modo a

evitar falsos disparos causados por interferências luminosas externas ou pela proximidade dos ímãs. A disposição linear e equidistante dos ímãs foi conferida para garantir a aceleração adequada do projétil, evitando interferências magnéticas entre eles que pudessem comprometer o movimento das esferas. A análise dos resultados foi conduzida com múltiplas medições e tratamento estatístico.

3.3 Calor Sensível e Latente

A formulação do experimento alinhou-se à etapa de planejamento didático, com foco na Termologia, onde a distinção entre os conceitos de temperatura e calor constitui um recorrente obstáculo de aprendizagem. Essa complexidade intensifica-se na diferenciação entre calor sensível e calor latente, fenômenos cujas nuances de variação térmica e mudança de estado físico exigem uma observação experimental precisa (SICCA; GONÇALVES, 2002).

A fase de prototipagem digital utilizou o Wokwi para assegurar a funcionalidade do experimento. Nessa fase, foi utilizado a ESP32, o sensor à prova d'água e o display LCD. O simulador disponibiliza através de um clique no sensor, opções de variação da temperatura, variação de leitura através do *OneWire debug control* e *device serial number*, também é possível observar o serial monitor. Na Figura 11 é possível observar a simulação que foi construída no Wokwi.

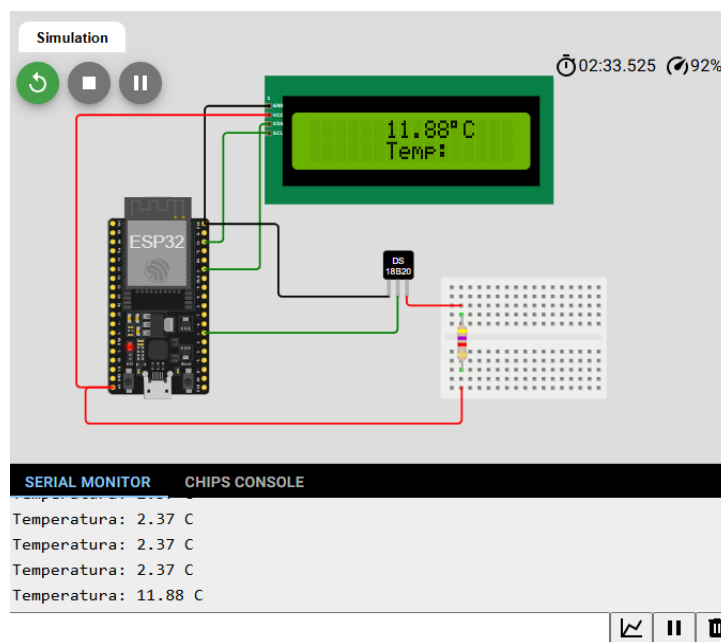


Figura 11: Simulação do experimento de termologia no Wokwi.

A construção física envolveu a integração do sensor de temperatura à prova d'água e cubos de gelo. O sensor entrará em contato com os cubos de gelo, os quais são aquecidos ao longo do tempo e vão mudando de seu estado sólido para líquido. Essa primeira fase de transformação é definida por calor latente. A segunda fase de transformação é quando sua temperatura se modifica, mas não é possível observar mudança no estado físico, que é definida por calor sensível. Nessa segunda fase, é possível observar a mudança de temperatura em relação ao tempo e através da ESP-WROOM-32 e do display LCD, pode-se observar a oscilação de temperatura. Para esse experimento é utilizado os seguintes materiais:

- ESP-WROOM-32
- Display 16x2
- Resistor de 4,7 k Ω
- Sensor de temperatura DS18B20

- Protoboard
- Jumpers

A calibração consistiu na validação das leituras do sensor em pontos de controle (0°C e temperatura ambiente), garantindo a precisão do protocolo *OneWire* através do ajuste do resistor de pull-up. A validação foi realizada por meio de uma coleta contínua de dados durante o processo de fusão e aquecimento. Cabe salientar que devido à natureza qualitativa e demonstrativa do experimento apenas um teste foi realizado, visto que o objetivo principal era observar visualmente os fenômenos de calor latente e calor sensível e uma única execução foi suficiente para validar o funcionamento do protótipo.

3.4 Pêndulo Simples

A formulação do experimento alinhou-se à etapa de planejamento didático, com foco na exploração das propriedades dos osciladores harmônicos, cujo movimento de retorno é regido pela força gravitacional em vez da elasticidade (SILVA, 2018). Historicamente fundamentado nos estudos de Galileu Galilei sobre o isocronismo das pequenas oscilações, este arranjo experimental do pêndulo simples (Figura 12), tem uma base superior, um fio de comprimento L fixado no meio da base (Y) e o ângulo (θ) que se forma e que varia com o tempo (t), a esfera de massa c está presa na ponta do fio suspensa e livre para fazer o movimento pendular, a as forças peso ($\vec{V}$) e tração ($\vec{F}$) que são exercidas na esfera, em um caso ideal.

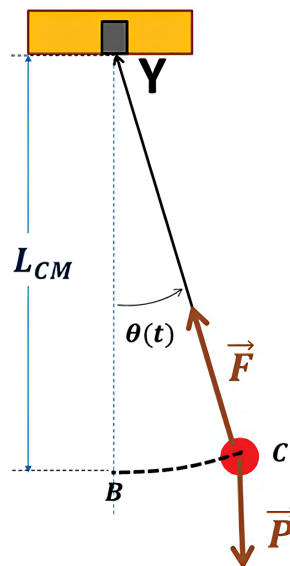


Figura 12: Exemplo do pêndulo simples. Fonte: Rossini *et al.*, 2024.

O ambiente virtual Wokwi foi utilizado para validar a lógica e o funcionamento do experimento. Na Figura 13, observa-se a simulação do pêndulo simples, na qual o display LCD exibe uma mensagem indicando que o sistema está pronto para iniciar o experimento. Também é possível visualizar a ESP32 e o sensor LDR integrados ao circuito virtual.

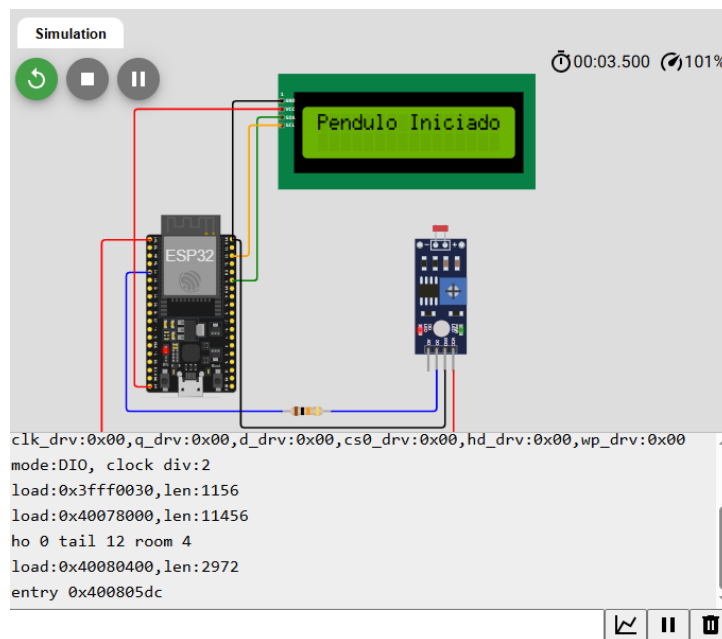


Figura 13: Simulação do início do experimento do pêndulo simples no Wokwi.

A Figura 14 mostra a montagem experimental, a qual foi composta pelo sensor de obstáculo infravermelho KY-032 posicionado na haste vertical na mesma altura da esfera, um transferidor na área superior da haste, além de uma ESP-WROOM-32 e uma *protoboard*. A esfera será liberada a partir de um ângulo x . Ao passar pela posição central, estará alinhada com o sensor KY-032. No instante que o peso do pêndulo passar sobre esse ponto, o sinal infravermelho do sensor KY-032 irá atingi-lo e o receptor infravermelho marcará este momento.

Para este experimento, utilizamos os seguintes materiais:

- 1 ESP-WROOM-32
- 1 sensor de obstáculo infravermelho KY-032
- 1 resistor de $10k\Omega$
- 2 pesos de pêndulo
- 1 protoboard
- 1 transferidor
- Jumpers
- Uma base fixa



Figura 14: Aparato do experimento do pêndulo simples.

A calibração do experimento consistiu no ajuste da sensibilidade do sensor infravermelho KY-032 para garantir a detecção precisa da passagem da esfera na posição central da haste. Foram realizados testes para minimizar interferências externas e falsos disparos, ajustando o resistor de $10\text{ k}\Omega$ para otimizar o sinal recebido pelo receptor infravermelho. Além disso, a posição do sensor foi cuidadosamente alinhada com a altura da esfera para assegurar que o momento exato da passagem fosse registrado com precisão. A validação dos experimentos seguiu o padrão de repetição dos testes e análise estatística.

4 Resultados

Nesta Seção, serão apresentados os resultados dos experimentos desenvolvidos com base nas distintas áreas da Física selecionadas que são: Queda livre, Canhão de Gauss, Calor sensível e latente e Pêndulo simples. Para cada tema, serão exibidas imagens dos experimentos, a discussão dos resultados obtidos e uma tabela individual de custos. Destaca-se que, para cada experimento, foram realizados 20 testes, com exceção do experimento de calor sensível e latente, no qual essa estrutura não foi aplicada.

4.1 Queda Livre

A Figura 15 mostra a montagem do experimento de queda livre, com os sensores KY-032 posicionados a 50 cm de distância um do outro. Ainda nesta Figura, os números identificados de 1 a 5 referem-se ao sensor 1 (superior), sensor 2 (inferior), ESP-WROOM-32, os corpos que foram escolhidos para fazer os testes de queda livre e o display LCD, respectivamente. A estrutura foi feita com cano de PVC 25 mm e as conexões em formato de “T” de PVC.

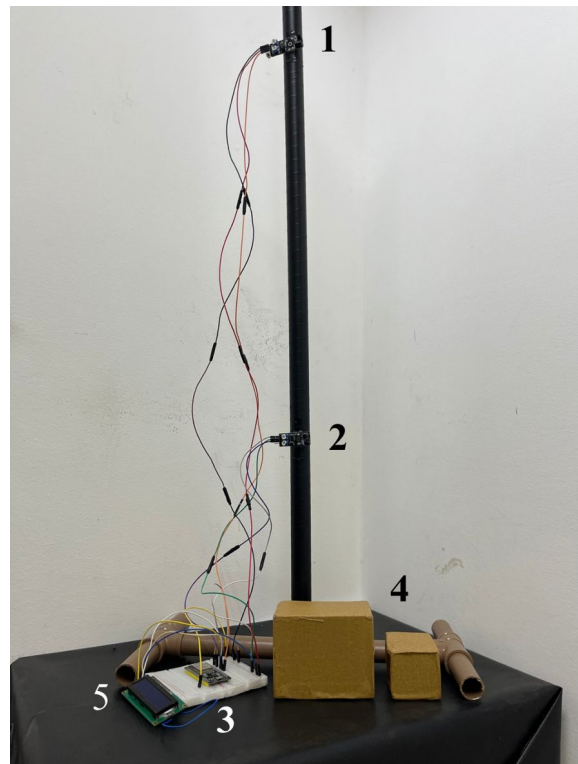


Figura 15: Estrutura desenvolvida para o experimento de queda livre.

Nota: Sensores KY-032, ESP-WROOM-32, Display LCD e jumpers.

Os corpos utilizados nos testes do experimento de queda livre, também podem ser observados na Figura 15, identificados com o número 4, o objeto à esquerda pesa 21g e mede 10,5 cm × 8,5 cm × 6 cm, totalizando 535,5 cm³ de volume, enquanto o corpo à direita pesa 9g e mede 5 cm × 5 cm × 5,7 cm, com volume de 142,5 cm³.

A Figura 16 mostra as mensagens exibidas no display em cada etapa do experimento. No passo (a), o sistema entra em modo de espera, aguardando a ativação do primeiro sensor. No passo (b), o objeto ativa o primeiro sensor e inicia a queda. No passo (c), o segundo sensor é acionado e exibe o tempo de queda em microssegundos (μs). No passo (d), após 5 segundos, o sistema é reiniciado e fica pronto para uma nova medição.

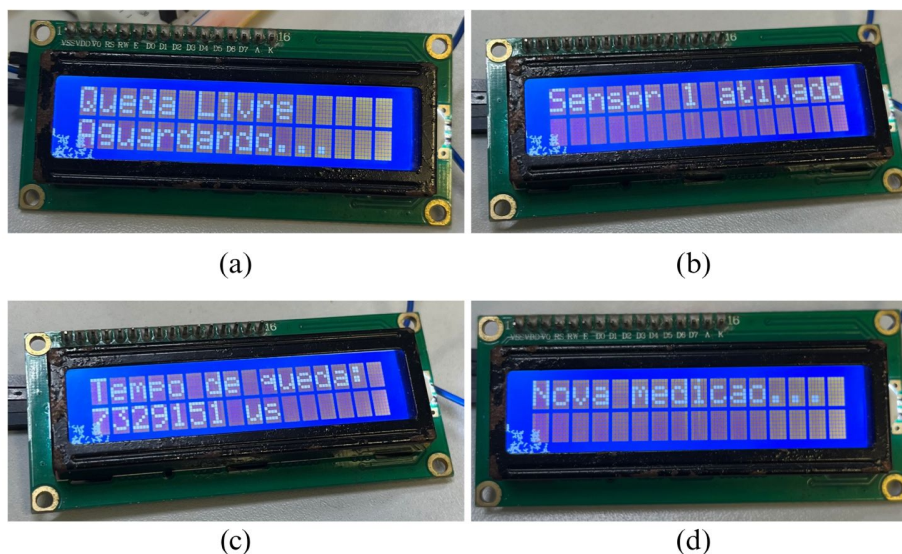


Figura 16: Mensagens que são visualizadas durante o experimento no display LCD.

A média do tempo de queda para o objeto menor, de 9 g, foi de 269,79 ms , enquanto para o objeto maior, de 21 g, foi de 254,729 ms . Considerando que o segundo objeto possui mais que o dobro da massa e quase quatro vezes o volume do primeiro, seria esperado, intuitivamente, que houvesse uma diferença proporcional no tempo de queda, o que não foi observado.

O resultado está em conformidade com os fundamentos da Física, os quais indicam que, na ausência significativa da resistência do ar, todos os corpos em queda livre aceleram igualmente sob a ação da gravidade. Assim, a pequena diferença registrada entre os tempos pode ser atribuída a variações experimentais e é considerada desprezível para a análise.

4.2 Canhão de Gauss

A Figura 17 apresenta a estrutura do experimento do canhão de Gauss. Na referida Figura, identificam-se: (1) e (2) os sensores infravermelhos, sendo o sensor 1 o primeiro a ser acionado durante o experimento; (3) o circuito eletrônico contendo o módulo ESP-WROOM-32; e (4) o rifle inicial, constituído por um ímã e esferas de aço. À direita desse conjunto, encontra-se a esfera responsável por iniciar o experimento. Ao longo da calha, dispõem-se quatro rifles, sendo possível visualizar, em cada um deles, a configuração das esferas utilizadas no arranjo experimental.

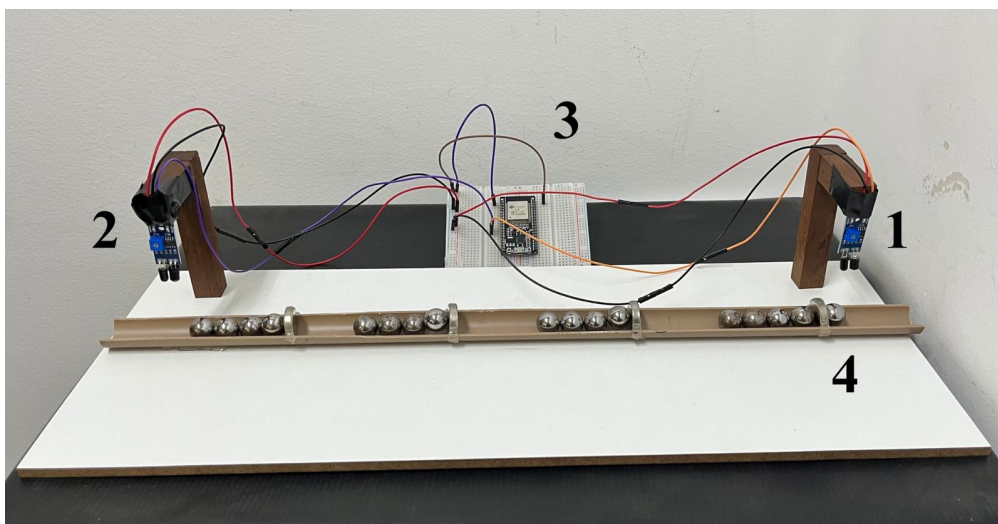


Figura 17: Estrutura desenvolvida para o experimento do canhão de Gauss.

A quantidade de esferas posicionadas após o ímã foi definida com base na força de atração que ele exerce sobre elas. Também é necessário estabelecer uma distância ideal entre os ímãs, de modo que a força de um não interfira no outro nem nas esferas de cada rifle. No experimento, a distância entre cada rifle foi de 10 cm. Os sensores infravermelhos foram posicionados de forma estratégica: um ligeiramente antes do primeiro rifle e o outro logo após a última esfera do último rifle. O ímã de neodímio utilizado no experimento, tem 2 cm de diâmetro, 0,5 cm de espessura e força de tração de 6,4 kg, conforme especificações do fabricante.

A Figura 18 apresenta o resultado de um dos testes com a estrutura do canhão de Gauss. No Serial Monitor da IDE do Arduino, foram exibidos os tempos em microssegundos e segundos, sendo este último utilizado para o cálculo da velocidade média em cm/s. Após os testes, os resultados foram consistentes, apresentando uma velocidade média convertida de aproximadamente 13,69 km/h.


```

Output  Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'ESP32-WROOM-DA Module' on 'COM7')

-----

Aguardando novo objeto...
Sensor 1 ativado!
Sensor 2 ativado!
Tempo (us): 107842
Tempo (s): 0.107842
Velocidade média: 380.19 cm/s

Aguardando novo objeto...

```

Figura 18: Resultado da velocidade atingida pelo canhão de Gauss do experimento.

O resultado obtido foi satisfatório. No experimento, é possível observar a conversão da força magnética em força cinética, o que permite, por exemplo, derrubar estruturas leves. Essa dinâmica possibilita uma interação ativa dos estudantes com os conceitos físicos envolvidos, favorecendo a compreensão prática do conteúdo abordado.

4.3 Calor Sensível e Latente

Na Figura 19, observa-se o experimento em funcionamento, os números identificados de 1 a 5 referem-se ao display LCD, protoboard com a ESP-WROOM-32, o sensor DS18B20, o recipiente transparente com gelo em estado sólido e saída de calor do projetor multimídia para acelerar o processo, respectivamente. A alimentação do circuito é feita por um cabo micro-USB conectado ao notebook. Na Figura 19, observa-se que os cubos de gelo se encontram na fase de calor latente, momento em que ocorre a mudança de estado físico da matéria. Ressalta-se que o experimento deve ser acompanhado pelos estudantes para que também seja possível observar a fase de calor sensível, na qual há variação de temperatura sem alteração do estado físico.



Figura 19: Experimento do calor sensível e calor latente em funcionamento.

4.4 Pêndulo Simples

Na Figura 20, observa-se a estrutura do experimento, onde o identificador. (1): Transferidor semicircular, usado para marcar o ângulo correto de soltura do peso do pêndulo; (2): Sensor infravermelho, posicionado centralmente; (3): circuito montado com o módulo ESP-WROOM-32.

Na Figura 21, observam-se as esferas utilizadas no experimento, revestidas com fita branca para melhorar a reflexão da luz infravermelha, já que a cor original preta dificultava a detecção

pelo sensor. Além de tamanhos diferentes, as esferas possuem massas distintas: a maior pesa 13g e a menor, 3g. Já a Figura 22 apresenta a posição do sensor infravermelho na estrutura do experimento e o posicionamento da esfera. O fio utilizado é inelástico, com 57,5 cm de comprimento, e possui um gancho metálico na extremidade para facilitar a troca das esferas durante o experimento.

O experimento consistiu na liberação do pêndulo a partir de um ângulo de 20 graus. O código foi programado para registrar os dados até completar 20 ciclos ou até o peso entrar em repouso antes disso. Um ciclo completo foi considerado desde o momento em que o pêndulo cruza o eixo central, atinge a maior amplitude em um dos lados e retorna, passando novamente pelo eixo central. A Figura 23 mostra o resultado obtido com o peso de pêndulo menor de 3g (A) e o peso de pêndulo maior de 13g (B).



Figura 20: Estrutura desenvolvida para o experimento do pêndulo simples.



Figura 21: Esferas utilizadas como peso de pêndulo no experimento.

À primeira vista, pode-se supor que a esfera de maior massa teria uma aceleração muito superior, já que pesa mais de quatro vezes que a menor. No entanto, os resultados mostraram que o período médio da esfera maior foi de 0,790 s e o da menor, 0,775 s — uma diferença de apenas 0,015 s, considerada desprezível. Assim, o experimento demonstra que, mesmo com massas diferentes, os pêndulos apresentam comportamentos praticamente idênticos sob a mesma gravidade.



Figura 22: Estrutura do experimento com foco na posição do sensor e do peso do pêndulo.

A	B
Output Serial Monitor X Message (Enter to send message to 'ESP32-WROOM') <pre> === Fim do experimento === Ciclo 1: 0.768 s Ciclo 2: 0.789 s Ciclo 3: 0.764 s Ciclo 4: 0.790 s Ciclo 5: 0.762 s Ciclo 6: 0.789 s Ciclo 7: 0.762 s Ciclo 8: 0.791 s Ciclo 9: 0.761 s Ciclo 10: 0.792 s Ciclo 11: 0.757 s Ciclo 12: 0.792 s Ciclo 13: 0.756 s Ciclo 14: 0.791 s Ciclo 15: 0.754 s Ciclo 16: 0.791 s Ciclo 17: 0.756 s Ciclo 18: 0.791 s Ciclo 19: 0.752 s Ciclo 20: 0.795 s ==== Resultado Final ==== Períodos medidos: 20 Período Médio: 0.775 s === Fim do experimento === </pre>	Output Serial Monitor X Message (Enter to send message to 'ESP32-WROOM') <pre> Ciclo 1: 0.770 s Ciclo 2: 0.807 s Ciclo 3: 0.791 s Ciclo 4: 0.797 s Ciclo 5: 0.775 s Ciclo 6: 0.806 s Ciclo 7: 0.778 s Ciclo 8: 0.799 s Ciclo 9: 0.770 s Ciclo 10: 0.806 s Ciclo 11: 0.771 s Ciclo 12: 0.808 s Ciclo 13: 0.777 s Ciclo 14: 0.806 s Ciclo 15: 0.755 s Ciclo 16: 0.823 s Ciclo 17: 0.762 s Ciclo 18: 0.813 s Ciclo 19: 0.753 s Ciclo 20: 0.821 s ==== Resultado Final ==== Períodos medidos: 20 Período Médio: 0.790 s === Fim do experimento === </pre>

Figura 23: Comparativo dos dados de saída do monitor serial entre os experimentos A e B.

4.5 Custo total dos experimentos

Na Tabela 1, apresentam-se os custos referentes a cada experimento, detalhando os valores individuais dos componentes utilizados, bem como o custo total por montagem e o valor global do conjunto. A pesquisa de preços foi realizada em sites nacionais, desconsiderando o frete, tendo em vista que esse varia conforme a região.

Tabela 1: Custos de cada experimento construído e valor total final.

Custos do experimento de Queda Livre				
Item	Valor (R\$)	Quant. (und)	Utilizado (und)	Total Final (R\$)
ESP-WROOM-32	R\$ 33,94	1	1	R\$ 33,94
Display LCD 16x2	R\$ 16,88	1	1	R\$ 16,88
Módulo serial I2C (compatível com display LCD)	R\$ 15,84	1	1	R\$ 15,84
Sensor KY-032	R\$ 14,57	1	2	R\$ 29,14
Cano PVC 25mm	R\$ 4,50	1m	2	R\$ 9,00
Tê de PVC	R\$ 17,46	6	3	R\$ 8,73
Protoboard 400 pontos	R\$ 7,53	1	2	R\$ 15,06
Jumpers	R\$ 32,75	120	25	R\$ 6,82
				R\$ 135,71
Custos do experimento do Canhão de Gauss				
Item	Valor (R\$)	Quant. (und)	Utilizado (und)	Total Final (R\$)
ESP-WROOM-32	R\$ 33,94	1	1	R\$ 33,94
Sensor infravermelho	R\$ 10,90	1	2	R\$ 21,80
Cano PVC 25mm	R\$ 4,50	1m	0,5	R\$ 2,25
Esferas de aço	R\$ 24,90	10	17	R\$ 42,33
Ímãs de Neodímio 2cm	R\$ 55,41	5	4	R\$ 44,33
Protoboard 400 pontos	R\$ 7,53	1	2	R\$ 15,06
Jumpers	R\$ 32,75	120	14	R\$ 3,82
				R\$ 163,53
Custos do experimento de Calor Sensível e Latente				
Item	Valor (R\$)	Quant. (und)	Utilizado (und)	Total Final (R\$)
ESP-WROOM-32	R\$ 33,94	1	1	R\$ 33,94
Display LCD 16x2	R\$ 16,88	1	1	R\$ 16,88
Módulo serial I2C	R\$ 15,84	1	1	R\$ 15,84

(compatível com display LCD)				
Resistor de 4,7 kΩ	R\$ 11,70	10	1	R\$ 1,17
Sensor DS18B20	R\$ 18,39	1	1	R\$ 18,39
Protoboard 400 pontos	R\$ 7,53	1	2	R\$ 15,06
Jumpers	R\$ 32,75	120	10	R\$ 2,73
				R\$ 105,71
Custos do experimento de Calor Sensível e Latente				
Item	Valor (R\$)	Quant. (und)	Utilizado (und)	Total Final (R\$)
ESP-WROOM-32	R\$ 33,94	1	1	R\$ 33,94
Cano PVC 25mm	R\$ 4,50	1m	2	R\$ 9,00
Tê de PVC	R\$ 17,46	6	4	R\$ 11,64
Sensor infravermelho	R\$ 10,90	1	1	R\$ 10,90
Transferidor semicircular	R\$ 9,30	1	1	R\$ 9,30
Protoboard 400 pontos	R\$ 7,53	1	2	R\$ 15,06
Jumpers	R\$ 32,75	120	10	R\$ 2,73
				R\$ 92,57
Valor total final				R\$ 497,52

5 Discussão

A proposta original desta pesquisa previa a construção colaborativa dos experimentos com os estudantes, fundamentada nos princípios do STEAM e metodologias ativas. Como resultado esperado, previa-se o envolvimento dos estudantes nas problemáticas propostas pelos experimentos, possibilitando, por meio dessa participação, o contato com a robótica no contexto do curso de Engenharia, que naturalmente carrega a expectativa de construção e aplicação prática. A proposta inicial era direcionada a discentes ingressantes e dos semestres iniciais, sem caráter restritivo, permitindo a participação de estudantes de outros períodos. Dessa forma, buscava-se promover maior engajamento e integração entre discentes de diferentes etapas do curso, favorecendo a troca de experiências entre aqueles que já vivenciaram determinadas disciplinas e os que ainda estão em processo de formação.

Contudo, a implementação dessa etapa enfrentou obstáculos logísticos significativos, centrados na complexa conciliação de agendas entre o corpo discente, a disponibilidade dos laboratórios e o cronograma dos pesquisadores. Embora houvesse flexibilidade inicial, o decorrer do semestre letivo impôs sobreposições com atividades extracurriculares de disciplinas obrigatórias, inviabilizando os encontros presenciais previstos. Esse cenário corrobora as críticas de Brasil (2019) e Telles (2023) sobre a rigidez das estruturas curriculares na

Engenharia, evidenciando a urgência de uma flexibilização que integre atividades práticas e investigativas ao núcleo das disciplinas teóricas, em vez de tratá-las como apêndices extracurriculares.

Além das dificuldades relacionadas à conciliação de horários, outra limitação significativa identificada foi a escassez de espaços físicos disponíveis para a realização das atividades. A superlotação, realidade recorrente em campi de universidades públicas, frequentemente dificulta a realização de projetos de pesquisa e extensão. Embora tenha ocorrido a ampliação do acesso à universidade pública e o aumento do número de vagas, o investimento na expansão da infraestrutura dos campi não acompanhou esse crescimento de forma proporcional. Tal fato é ainda mais agravado para os campi do interior, como é o caso desta pesquisa. Como consequência, surgem obstáculos para o desenvolvimento de atividades acadêmicas, incluindo projetos de pesquisa e extensão, conforme preconizado pelas DCNs para os cursos de Engenharia (BRASIL, 2019; MORO; GISI, 2023).

Essa realidade impacta diretamente na disponibilidade de espaços físicos com horários livres, dificultando a realização de atividades extracurriculares, como as propostas nesta pesquisa. Dessa forma, essa limitação inviabilizou a realização das aulas destinadas à construção dos experimentos com os estudantes. Ainda assim, a pesquisa foi mantida com o objetivo de desenvolver os experimentos, de modo que possam ser aplicados em turmas futuras, buscando gerar impacto na assimilação dos conteúdos pelos estudantes. De maneira semelhante, Guedes (2019), em sua pesquisa, também propôs a ampliação das possibilidades de aplicação de sua proposta.

Um dos diferenciais desta proposta reside na sua elevada relação custo-benefício quando comparada às soluções comerciais de laboratórios didáticos. Enquanto conjuntos experimentais de Física produzidos por empresas especializadas (Planeta Pedagógico, 2026; Garota, 2026; Fractal, 2026; Cidep, 2026), muitas vezes, são financeiramente inacessíveis, principalmente, para campi do interior ou instituições com orçamentos restritos, os experimentos desenvolvidos nesta pesquisa apresentaram um custo total de aproximadamente R\$ 497,52. Esse baixo custo viabilizado pelo uso da ESP32 e sensores de prateleira, não compromete a precisão científica, como demonstrado nos testes de validação. Sob a ótica da Informática na Educação, essa economia representa a democratização do acesso à experimentação, permitindo que o recurso deixe de ser um item coletivo e escasso do laboratório para se tornar um kit individual ou de pequenos grupos, fomentando a autonomia estudantil e a reprodutibilidade em larga escala (Lisboa et al., 2024).

O levantamento detalhado dos custos de construção dos experimentos, apresentado nesta pesquisa, evidencia o caráter de baixo custo da proposta, aspecto que não foi explicitado nos trabalhos de Clementino Neto (2019), Guedes (2019), Silva (2018) e Sousa Jr. et al. (2020). Além disso, todos os códigos-fonte desenvolvidos foram disponibilizados em um repositório no GitHub, favorecendo a replicação dos experimentos e ampliando o acesso de outros pesquisadores. Nos trabalhos relacionados, observou-se que Clementino Neto (2019) disponibilizou apenas trechos dos códigos, Silva (2018) os apresentou em apêndices que não permanecem acessíveis na versão final do texto, e Sousa Jr. et al. (2020) não disponibilizaram os códigos utilizados. Outro diferencial desta pesquisa foi a elaboração de guias práticos para cada experimento, contendo o passo a passo de montagem e programação, facilitando futuras reproduções, adaptações e melhorias, aspecto pouco explorado nos trabalhos analisados.

Apesar das limitações enfrentadas, os experimentos desenvolvidos demonstraram potencial significativo para a promoção de uma aprendizagem mais ativa e concreta dos conceitos físicos. A integração da prototipagem eletrônica com a abordagem STEAM favorece não apenas a compreensão teórica, mas também o desenvolvimento de habilidades práticas e digitais

essenciais para a formação dos futuros engenheiros. A disponibilização dos materiais em plataformas abertas assegura a reprodutibilidade e a possibilidade de adaptação em diferentes contextos educacionais, especialmente em instituições com recursos limitados (Castro et al., 2024; Farias Junior & Vieira, 2022; Ramos et al., 2025). Futuramente, pretende-se ampliar a aplicação desses experimentos em turmas regulares e avaliar sistematicamente seu impacto na motivação e desempenho dos estudantes.

Entretanto, apesar desse potencial, a implementação efetiva de metodologias ativas de aprendizagem enfrenta desafios significativos. Entre as principais dificuldades, destacam-se a falta de familiaridade de docentes e estudantes com essas abordagens, a complexidade na avaliação das atividades propostas, o tempo limitado para o desenvolvimento de tarefas mais elaboradas e a necessidade de adequação curricular para sua aplicação. Além disso, os próprios estudantes podem, inicialmente, demonstrar resistência à metodologia, uma vez que estão habituados a um modelo de aula expositiva, no qual assumem uma postura mais passiva no processo de aprendizagem (TELLES, 2019).

Nesse contexto, as pesquisas de Ackermann (2001) e José Júnior e Nascimento (2018), ressaltam que a abordagem construtivista tem como princípio colocar o estudante como participante ativo no processo de ensino-aprendizagem, indo além da simples exposição de conceitos e incorporando a construção de objetos físicos que dialoguem com o conteúdo teórico. Alinhado a essa perspectiva, o presente trabalho propõe uma maior integração entre as áreas da STEAM no contexto dos cursos de Engenharia, frequentemente caracterizados por estruturas curriculares intensas e predominantemente expositivas. Além disso, o desenvolvimento da cognição científica não se resume ao acúmulo de conhecimentos, mas envolve a capacidade de utilizá-los de forma prática e voltada à resolução de problemas. Assim, a educação STEAM não deve atuar como um mecanismo de seleção ou segregação de vocações, mas como um processo contínuo de desenvolvimento de competências e de democratização do conhecimento técnico (MOREIRA, 2018).

6 Conclusão

Abordagens pedagógicas ativas apresentam grande potencial de aplicação em diversas disciplinas da Engenharia, sobretudo quando articulam teoria e prática por meio de atividades experimentais. Nesta pesquisa, foi proposta e descrita a utilização de experimentos físicos de baixo custo, desenvolvidos com o uso de plataformas e dispositivos embarcados, como ferramenta de apoio ao ensino da disciplina de Física para discentes ingressantes. Os experimentos construídos: Queda Livre, Canhão de Gauss, Calor Sensível e Latente, e Pêndulo Simples, evidenciam a viabilidade de elaborar atividades práticas com recursos limitados, baseadas em metodologias ativas, e com possibilidade de adaptação a diferentes contextos de ensino.

Embora a proposta tenha sido concebida com foco em turmas ingressantes, sua estrutura pode ser estendida a componentes curriculares frequentados por estudantes veteranos. A construção de novos experimentos em diferentes áreas do conhecimento é factível, a partir do uso de componentes eletrônicos básicos e de baixo custo, como os apresentados ao longo deste trabalho. Essa proposta tem potencial para favorecer engajamento, protagonismo e envolvimento dos discentes entre conteúdos. Dessa forma, a prova de conceito para o ensino da Física demonstrada nesta pesquisa revela potencial para ser aplicada em diversas disciplinas, alcançando um número maior de estudantes e colaborando para a redução do sentimento de não pertencimento ao curso de Engenharia.

Como limitação, destaca-se que este estudo se concentrou no desenvolvimento e na descrição dos experimentos, não contemplando, nesta etapa, sua aplicação sistemática com estudantes nem a avaliação de impactos na aprendizagem. Recomendamos fortemente que em pesquisas futuras, sejam incluídas análises quantitativas e qualitativas do desempenho e da motivação discente. Na organização dessas atividades, é importante considerar a realização de práticas introdutórias, utilizando os sensores empregados nos experimentos, para que os estudantes adquiram um conhecimento básico sobre seu funcionamento e se sintam participantes ativos no processo de construção.

Do ponto de vista técnico, recomenda-se ainda a construção das PCBs para cada um dos experimentos se mostra ideal, uma vez que o uso exclusivo da *proto-board* apresentou diversas dificuldades, tornando os circuitos sensíveis a interferências externas que comprometem o desempenho e a estabilidade dos experimentos. A adoção de PCBs tende a aumentar a robustez dos circuitos e pode facilitar a ampliação de escala das atividades, seja por grupos construindo os módulos, seja por demonstrações experimentais em sala com melhor estabilidade operacional.

A prova de conceito apresentada nesta pesquisa, amplia o acesso a recursos didáticos inovadores, ao apresentar alternativas viáveis e adaptáveis a diferentes realidades educacionais, especialmente em contextos com limitações estruturais e orçamentárias. Dessa forma, reforça-se a relevância da Informática na Educação como campo capaz de promover a integração entre tecnologia e pedagogia, contribuindo para a formação de estudantes mais preparados para lidar com desafios práticos e para a construção de soluções no âmbito da Engenharia.

Por fim, este estudo contribui de forma significativa para a área de Informática na Educação ao evidenciar que a articulação entre metodologias ativas e a prototipagem eletrônica de baixo custo pode favorecer a construção de uma aprendizagem experimental mais efetiva no contexto dos cursos de Engenharia. Ao integrar o uso de plataformas embarcadas e sensores com práticas pedagógicas centradas no estudante, a pesquisa demonstra o potencial das tecnologias digitais como mediadoras do processo de ensino-aprendizagem, promovendo maior engajamento, autonomia e protagonismo discente.

References

- Ackermann, N. (2001). Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the difference? *Constructivism: Use and Perspectives in Education*, 1 and 2, 85–94. [GS Search]
- Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM education and student creativity: a systematic literature review. *Education Sciences*, 11(7), 331. <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>. [GS Search]
- Araújo, Í., Souto, F., Júnior, A., & Sousa, C. (2007). Desenvolvimento de Um Protótipo de Automação Predial/residencial Utilizando a Plataforma de Prototipagem Eletrônica Arduino. *Cobenge*, XL. [GS Search]
- BRASIL. Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília: MEC, 2019b. P.1-6. Acesso em: 12 dez. 2025.
- Castro, S. de O., Sousa, R. M. de, Freire, T. P., Ibiapina, A. C., & Aquino, S. A. B. de M. (2024). ROBÓTICA COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM: A experiência de uma aluna

- de computação como monitora de robótica para crianças do Ensino Fundamental. *Anais Do XXXII Workshop Sobre Educação Em Computação (WEI 2024)*, 91–102. <https://doi.org/10.5753/wei.2024.2397>. [GS Search]
- Cavalcante, M. A., Tavoraro, C. R. C., & Molisani, E. (2011). Física com Arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(4), 4503–4503. <https://doi.org/10.1590/s1806-11172011000400018>. [GS Search]
- Chagas, P. A., Gomide, J. S., & Santana, L. E. A. dos S. (2025). Previsão do risco de evasão universitária utilizando aprendizado de máquina: Características e dinâmica da evasão nos cursos de Engenharia da UFRJ-Macaé. *Revista Brasileira de Informática Na Educação*, 33, 1226–1247. <https://doi.org/10.5753/rbie.2025.5196>. [GS Search]
- Chemin, A., Besserve, P., Caussarieu, A., Taberlet, N., & Plihon, N. (2017). Magnetic cannon: The physics of the Gauss rifle. *American Journal of Physics*, 85(7), 495–502. <https://doi.org/10.1119/1.4979653>. [GS Search]
- Cidepe. (2026). Cidepe. Centro Industrial de Equipamentos de Ensino e Pesquisa. Disponível em: <https://www.cidepe.com.br/index.php/br/home>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- Clementino Neto, L. (2019). *Roteiro de Experimentos Sobre Movimento Circular Utilizando Robótica Educacional*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/items/7cc4b44f-6478-4791-8638-9c9392f17ca>. Acesso em: 15 mai. 2024.
- Coluci, V. R., Paulino, G., Souza, D. C. de, & Vasconcelos, E. P. R. (2013). Ilustração de incertezas em medidas utilizando experimentos de queda livre. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(2). <https://doi.org/10.1590/s1806-11172013000200026>. [GS Search]
- Conde, M. Á., Rodríguez-Sedano, F. J., Fernández-Llamas, C., Gonçalves, J., Lima, J., & García-Peñalvo, F. J. (2020). Fostering STEAM through challenge-based learning, robotics, and physical devices: A systematic mapping literature review. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 46–65. <https://doi.org/10.1002/cae.22354>. [GS Search]
- Cordova, H. P., Aguiar, C. E., Amorim, H. S. de, Sathler, K. S. O. M., & Santos, A. C. F. dos. (2017). Audietermômetro: Um termômetro para a inclusão de estudantes com deficiência visual. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(2). <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0299>. [GS Search]
- Display, O. (2022). *I2C 16x2 LCD module - AMC1602AR-B-Y6WFDY-I2C*. Orient Display. Disponível em: https://www.orientdisplay.com/products/amc1602ar-b-y6wfdy-i2c-16x2-character-lcd-module-i2c-interface/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 25 jun. 2025.
- Espressif Systems. (2025, August 8). Esp32-wroom-32. In *ESP32-WROOM-32 Datasheet* (Issue v3.6, pp. 8–39). Espressif. Disponível em: https://documentation.espressif.com/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf. Acesso em: 10 set. 2025.
- Farias Junior, I., & Vieira, J. K. M. (2022). Oficinas de Robótica Livre Educacional: Relato de experiência de um projeto de inovação pedagógica. *Caminho Aberto: Revista de Extensão Do IFSC*, 16, 1–10. <https://doi.org/10.35700/2359-0599.2022.16.3219>. [GS Search]
- Felizardo, L. F., Do Carmo, G., Silva, V. de S., & Antonialli, L. M. (2022). Estudo da evasão dos alunos de engenharia de produção em uma instituição de ensino federal utilizando análise

- Crosstabs. *Revista de Gestão e Secretariado*, 13(4), 2615–2632. <https://doi.org/10.7769/gesec.v13i4.1490>. [GS Search]
- Filho, J. (2009). *As Reprovações Em Disciplinas Nos Cursos de Graduação Da Universidade Federal Do Ceará (ufc) No Período de 2000 a 2008 E Suas Implicações Na Evasão Discente*. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. [GS Search]
- Fractal. (2026). *Fractal*. Indústria, Comércio e Serviços LTDA. Disponível em: <https://fractal.ind.br/#mec>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- Freitas, A. de O., Freitas, F. A. S., Pinto, V. P., Almeida, R. N. de C., & Lima, F. dos S. (2019). Curso de prototipagem de robôs com arduino para alunos dos cursos de engenharia elétrica e da computação com o objetivo de reduzir a evasão e aumentar o contato com a robótica. *Brazilian Journal of Development*, 5(9), 13750–13763. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n9-009>. [GS Search]
- GAROSA. Kit de Experimento de Física Conjunto de Aprendizagem Elétrica e Magnética para Alunos de Projetos Científicos do Ensino Médio e Fundamental. Disponível em: https://www.amazon.com.br/s?rh=n%3A16194299011%2Cp_4%3AGarosa&ref=bl_dp_s_web_16194299011. Acesso em: 25 mar. 2026.
- Gilioli, R. (2016). *Evasão em instituições federais de ensino superior no Brasil: expansão da rede, SISU e desafios*. Consultoria Legislativa da Área XV – Educação, Cultura e Desporto. [GS Search]
- Graeff, P. S., & Gusmão, D. (2025). INOVAÇÕES EM APRENDIZAGEM MULTIMODAL PARA EDUCADORES: ESTRUTURANDO CURSOS DE FORMAÇÃO DOCENTE PARA A GERAÇÃO ALPHA. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 11(4), 1171–1187. <https://doi.org/10.51891/rease.v11i4.18705>. [GS Search]
- Guedes, G. (2019). *O Uso do Arduino Como Uma Ferramenta Avaliativa No Ensino de Cinemática*. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.
- Halliday, D., & Resnick, R. (1983). *Física I* (J. Walker, Ed.; 4th ed., Vol. 1, pp. 44–54). Livros técnicos e científicos editora LTDA. (1983)
- Halliday, D., & Resnick, R. (2012a). *Fundamentos de Física - Eletromagnetismo* (J. Walker, Ed.; 9th ed., Vol. 3). LTC/Grupo GEN. (2012)
- Halliday, D., & Resnick, R. (2012b). *Fundamentos de Física - Gravitação, Ondas e Termodinâmica - Volume 2* (J. Walker, Ed.; 9th ed., Vol. 2, pp. 117–150). Livros técnicos e científicos editora. (2012)
- Hoed, R. M. (2016). *Análise da evasão em cursos superiores: O caso da evasão em cursos superiores da área de computação* [Biblioteca Central da UNB]. <https://doi.org/10.26512/2016.12.d.22575>. [GS Search]
- Inep/MEC. (2023, October 10). *Indicadores de Fluxo da Educação Superior*. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira | Inep; Inep. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/indicadores-educacionais/indicadores-de-fluxo-da-educacao-superior>. Acesso em: 1 mar. 2026.

- José Júnior, L., & Nascimento, P. (2018). Contribuições de Jean Piaget à educação profissional: Apontamentos para a prática docente. *Cadernos Da Pedagogia*, 11(v.11 n.22), 145–156. *Cadernos de Pedagogia*. [GS Search]
- Lima Junior, P., Andrade, V. C. de, Fraga Junior, J. C., Silva, J. A. E., Goulart, F. M., & Araújo, I. M. (2020). Excelência, evasão e experiências de integração dos estudantes de graduação em física. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 22. <https://doi.org/10.1590/21172020210140>. [GS Search]
- Linhares, A. C. O., & Santos, K. S. (2021). A Licenciatura em Computação no Brasil: Histórica e contexto atual. *Revista Brasileira de Informática Na Educação*, 29, 188–208. <https://doi.org/10.5753/rbie.2021.29.0.188>. [GS Search]
- Lisboa, Y., Silva, K., Rodrigues, I., & Fonseca, W. (2024). Explorando o Potencial Pedagógico da ESP32 como Ferramenta de Ensino IoT em Oficina Educacional de Automação Residencial. *Sociedade Brasileira de Automática (SBA)*, 25, 1973–1978. <https://doi.org/10.29327/1407130.1-20>. [GS Search]
- Maciel, C. E., Cunha Júnior, M., & Lima, T. da S. (2019). A produção científica sobre permanência e evasão na educação superior no Brasil. *Educação e Pesquisa*, 45. <https://doi.org/10.1590/s1678-4634201945198669>. [GS Search]
- Magalhães, G. R. R., Nunes, R. da S., Salustiano, A. F., Lima, K. M. de, & Nascimento, J. C. do. (2024). Aplicação do Moodle em metodologias ativas para alavancar o desempenho em disciplinas de cálculo. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 32(Vol. 32 (2024)), 617–641. *Revista Brasileira de Informática na Educação*. <https://doi.org/10.5753/rbie.2024.3873>. [GS Search]
- Meng, X., Yang, B., Yang, L., Zhang, J., & Liu, Y. (2025). A novel AI-empowered, student-centered teaching strategy for large classes in higher education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23(7), 3093–3121. <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10573-8>. [GS Search]
- Moreira, M. A. (2018). O ensino de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) no século XXI. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 11(2). <https://doi.org/10.3895/rbect.v11n2.8416>. [GS Search]
- Moro, G. A. D., & Gisi, M. L. (2023). FIES, PROUNI e REUNI: Caminhos inacabados para a democratização do acesso à educação superior. *Avaliação: Revista Da Avaliação Da Educação Superior (Campinas)*, 28(v. 28). <https://doi.org/10.1590/s1414-40772023000100017>. [GS Search]
- Ouyang, F., & Xu, W. (2024). The effects of educational robotics in STEM education: A multilevel meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00469-4>. [GS Search]
- Pinheiro, S. M. C., Neto, R. G. do C., Mota, T. B., Rocha, I. dos S., & Oliveira-Esquerre, K. P. (2026). Desafios do primeiro ano: Como disciplinas iniciais influenciam a evasão em engenharia. *REVISTA DELOS*, 19(76), e8329. <https://doi.org/10.55905/rdelosv19.n76-074>. [GS Search]

- Planeta Pedagógico. (2026). *Kitslab*. KitsLab. <https://www.kitslab.com.br/fisica>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- Ramos, N. F., Mendonça, E. de A., Melo, J. P. P., & Trindade, G. M. (2025). Robótica Educacional e o Ensino de Computação em Práticas Interdisciplinares Baseadas na Abordagem STEAM em um Espaço Não-Formal. *Anais Do XXXI Workshop de Informática Na Escola (WIE 2025)*, 577–587. <https://doi.org/10.5753/wie.2025.13570>. [GS Search]
- Rossini, M. R., Alves, M. J., Camargo Filho, P. S. de, Piccinato, M. T., & Amorin, L. H. C. (2024). Análise gravimétrica por meio de smartphones e aprimoramentos nas equações do experimento do pêndulo simples como subterfúgio para o ensino de Física Clássica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 46(e20230327). <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2023-0327>. [GS Search]
- Saccaro, A., Aniceto França, M. T., & de Andrade Jacinto, P. (2020). Dropout in tertiary education in Brazil: An analysis of the effects of the PNAES Bolsa Permanência. *Economia*, 21(3), 407–421. <https://doi.org/10.1016/j.econ.2020.08.001>. [GS Search]
- Sicca, N. A. L., & Gonçalves, P. W. (2002). História da química e da geologia: Joseph Black e James Hutton como referências para educação em ciências. *Química Nova*, 25(4), 689–695. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422002000400027>. [GS Search]
- Silva, A. (2018). *Experimentos Com O Arduino® Nas Aulas de Física*. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. [GS Search]
- Sociedade Brasileira de Computação (SBC). (2025). *Resumo Executivo: Grandes Desafios da Educação em Computação 2025-2035*. Sociedade Brasileira de Computação (SBC). Disponível em: <https://books-sol.sbc.org.br/index.php/sbc/catalog/view/163/721/1324>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- Sousa, F. T. R., Filho, F. M. F. M., Nascimento, A. S., Couto, M. R. L. de, Júnior, F. L. de A. S., & Moraes, J. L. de. (2018). Metodologia de ensino moderna orientada a projetos: Modelo colaborativo de aprendizagem aplicado à disciplina de Eletrônica Digital. *Revista de Informática Aplicada*, 14(1). <https://doi.org/10.13037/ria.vol14n1.222>. [GS Search]
- Sousa Jr., I. V. de, Miranda, J. O. S., Nascimento, A. C. S., & Araújo, F. R. V. (2020). Física experimental com Arduino: Ondas em uma corda tensionada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42(e20200177). <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2020-0177>. [GS Search]
- Telles, F. (2023). Um olhar sobre as mudanças e os desafios para a implementação das Diretrizes Curriculares Nacionais de 2019 nos cursos de engenharia. *Revista Thema*, 22(2), 565–583. <https://doi.org/10.15536/thema.v22.2023.565-583.2988>. [GS Search]
- UsinaInfo. (2018). *Sensor de Obstáculo Reflexivo Infravermelho HW-201 com Ajuste de Sensibilidade*. UsinaInfo. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-linha-arduino/sensor-de-obstaculo-reflexivo-infravermelho-hw-201-com-ajuste-de-sensibilidade-8379.html?srsId=AfmBOoraoNTSyRzqrVbpfEdau1KMLgqCNTq7zZaFn4Y4QkhJwFIkXo8Q>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- Vieira, J. L. da S., & Leão, M. F. (2026). A robótica educacional como ferramenta para o ensino de Física: Evidências em pesquisas contemporâneas. *Revista Educar Mais*, 10, 1–11. <https://doi.org/10.15536/reducarmais.10.2026.4300>. [GS Search]

- Vitoria Freitas. (2026). VitoriaFreitaxs/ExperimentosdeFisicaESP32: versão 1 (0.1.0). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19053900>. Acesso em: 16 mar. 2026.
- Widianto, M. H., & Cahaya Putra, V. H. (2023). Utilization of Wokwi simulation application in supporting Internet of Things learning (IoT). *2023 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, 807–812. <https://doi.org/10.1109/icimtech59029.2023.10277981>. [[GS Search](#)]