



DETERMINAÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE COM A QUEDA LIVRE: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA COM ESTUDANTES DO ENSINO SUPERIOR

Renato Ribeiro GUIMARÃES¹

Pablo Nabuco PORTES²

Cassiane Beatrís Pasuck BENASSI³

Deisiane de Toni ALVES⁴

Queli Ghilardi CANCIAN⁵

Dulce Maria STRIEDER⁶

RESUMO: Atualmente, observa-se a necessidade de o professor de Física ampliar metodologias de aprendizagem e despertar um maior interesse dos estudantes pelos conteúdos e práticas experimentais. Nesse contexto, o presente artigo relata uma prática desenvolvida com uma turma secundarista de Engenharia Agrícola de uma universidade pública da cidade de Cascavel/PR sobre a determinação da aceleração da gravidade, onde a coleta de dados foi realizada usando apenas um cronômetro e uma trena. Para a prática, levou-se em consideração o conhecimento prévio dos estudantes e suas habilidades de planejamento para a execução das medidas. Usando-se uma equação que leva em conta a latitude e a altitude local, comparou-se o valor da aceleração da gravidade obtido por eles com a teoria. Com intuito de promover uma maior troca de ideias entre os estudantes, foram divididos em grupos e responderam questões sobre a atividade, as quais tinham por objetivo identificar se a prática contribuiu para uma construção/reconstrução dos seus saberes. Após análise dos dados, verificou-se que houve um aumento significativo nos conceitos próprios do conteúdo, além de um envolvimento maior dos estudantes. Comprovou-se que, além de proporcionar um maior interesse pela Física, a atividade prática favoreceu a construção de um conhecimento mais elaborado sobre os objetos de conhecimento, proporcionado pelo experimento realizado, favorecendo a associação destes com situações cotidianas. Tais resultados demonstram o potencial dessa atividade como um instrumento didático que pode auxiliar o professor de Física em sua prática docente.

Palavra chaves: Ensino de Física; Aceleração da Gravidade; Física Experimental.

INTRODUÇÃO

¹ Doutor em Física, Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

² Doutor em Física, Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

³ Doutoranda em Educação em Ciências e Educação Matemática, Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

⁴ Mestranda em Educação em Ciências e Educação Matemática, Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

⁵ Doutoranda em Educação, Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

⁶ Doutora em Educação, Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE.



A busca por metodologias ativas no ensino de Física tem ganhado destaque nos últimos anos como uma alternativa para tornar o processo de aprendizagem mais significativo e envolvente. As metodologias ativas, conforme Studart (2019, p. 2), “são, portanto, aquelas em que, durante a ensinagem, os alunos participam ativamente do processo, ao invés de apenas escutar de modo passivo o professor”. Especificamente na Física, podemos citar algumas dessas metodologias que tem sido utilizadas: *Just in Time Teaching* (Ensino sob Medida), que consiste em uma abordagem pedagógica que exige respostas dos alunos a perguntas relacionadas a uma aula subsequente, com algumas horas de antecedência, usando um sistema de gerenciamento de cursos on-line (NOVAK et al., 1999); *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas), que caracteriza-se por exposição dialogada curta pelo professor, apresentando em seguida um teste com questões conceituais de múltipla escolha relacionadas aos conteúdos estudados. É dado algum tempo para o aluno pensar e depois votar individualmente na resposta que julga correta. Conforme a distribuição de respostas, o instrutor promove a formação de grupos de alunos para discutirem as questões e, após um tempo, refaz o questionário explicando a resposta certa (FAGEN et al., 2002); Aprendizagem Baseada em Problemas, que estimula os alunos entrarem em contato com situações-problemas ou problemas pouco estruturados, visando a aprendizagem de conceitos, teorias e desenvolvimento de habilidades na solução destes dentro da sala de aula (MUNHOZ, 2016); e os Três Momentos Pedagógicos (3MP), em que as aulas são estruturadas em termos da problematização inicial, da organização do conhecimento e da aplicação do conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990).

Ao longo dos anos, a pesquisa e desenvolvimento das metodologias e aprendizagens ativas têm levado os educadores a um certo consenso do que, de fato, caracteriza essa abordagem. Por exemplo, do ponto de vista do aluno, ele está envolvido em algo mais do que simplesmente ouvir o professor; as instruções enfatizam o desenvolvimento de habilidades mais do que apenas transmitir informações; os alunos desenvolvem habilidades como análise, síntese e avaliação; e eles exploram suas próprias atitudes e valores (STUDART, 2019; BONWELL;



EISON, 1990). Ao mesmo tempo, alguns desafios para o emprego dessa abordagem pedagógica surgem para os professores, por exemplo: leva mais tempo para preparar; salas de aula inadequadas; perda de controle do professor na sala de aula; falta de disposição dos alunos em se engajar; número e heterogeneidade dos alunos, e duração da aula; tradição cultural de professores e alunos; falta de maturidade pessoal e profissional (STUDART, 2019; MICHAEL, 2007). Mesmo assim, é perceptível que a insistência em superar tais desafios faz valer a pena, dado os benefícios que a aprendizagem ativa pode proporcionar ().

Nesse contexto, este relato de experiência apresenta a aplicação de uma metodologia ativa utilizando a Queda Livre como recurso didático para o estudo da aceleração da gravidade em uma aula de Física. A Queda Livre é um fenômeno físico simples e intrigante, no qual um objeto é deixado cair em queda vertical livre, sujeito apenas à aceleração da gravidade (HALLIDAY et al., 2016). Ao permitir que os estudantes vivenciem esse fenômeno na prática, torna-se possível promover uma compreensão mais profunda dos conceitos envolvidos e estimular o pensamento crítico e investigativo. Além disso, a prática experimental contribui para a aprendizagem significativa, permitindo que os estudantes construam seus próprios conhecimentos a partir de vivências concretas (ARAÚJO, 2018; JÚNIOR, 2020; DOS SANTOS et al., 2022).

Portanto, este relato de experiência apresenta a aplicação da metodologia ativa utilizando a Queda Livre como recurso didático para o estudo da aceleração da gravidade em uma aula de Física. Acreditamos que essa abordagem pode contribuir significativamente para a melhoria da aprendizagem dos estudantes, promovendo uma maior compreensão dos conceitos físicos e despertando o interesse pela disciplina.

PROPOSTA DE PRÁTICA

Nessa seção, apresentaremos nossa proposta de atividade prática para a determinação da aceleração da gravidade via o estudo da queda livre. Antes disso, é



interessante mostrar também como essa parte do conteúdo da disciplina é comumente visto no ensino superior. Em um primeiro momento, os alunos, depois terem sido introduzidos aos movimentos com aceleração constante nas aulas teóricas, se deparam com um caso específico que é o da aceleração gravitacional. Essa aceleração é facilmente contextualizada no caso de um objeto que é solto de uma certa altura e cai livremente aumentando sua velocidade. Na sequência, os alunos são levados a um laboratório didático para realização da atividade experimental sobre esse assunto.

O equipamento que é comumente usado nessa aula experimental está mostrado na figura 1. O objeto a ser solto em queda livre é uma esfera pequena que fica presa na parte de cima do equipamento por um eletroímã. Com um interruptor, podemos desligar o eletroímã e permitir que a esfera caia sem velocidade inicial, passando por 5 sensores que registram o tempo de queda da esfera. Com esses dados coletados, o tempo e a distância percorrido pela esfera, os alunos vão para a análise e determinação da aceleração gravitacional.

Figura 1: Equipamento para o estudo da queda livre, com 5 sensores.



Congresso Internacional de Educação

Formação de professores e professoras para a educação básica, diversidade, tecnologias e pesquisa científica

1º Congresso Internacional de Educação



01 a 06 de Junho de 2023



FACULDADE
ASSIS GURGACZ
TOLEDO



PÓS-GRADUAÇÃO
LAP 2019



Fonte: Azeheb Laboratórios Educaionais. Disponível em: <https://azeheb.com.br/queda-livre-415.html>.

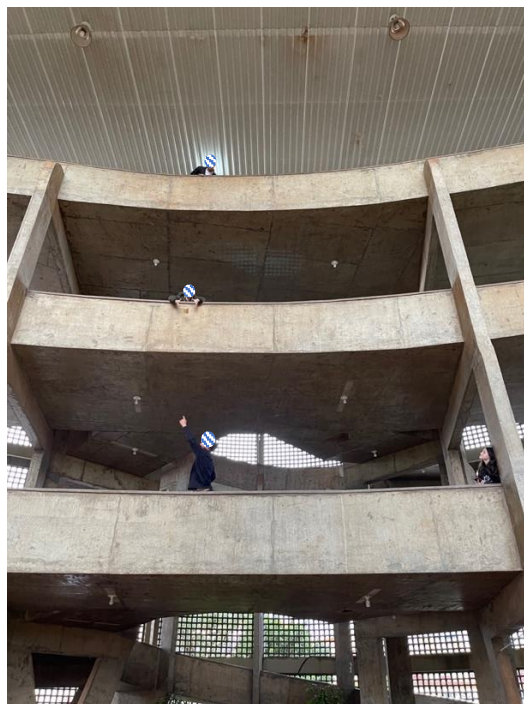
Esse aparato experimental apresenta uma execução rápida, o que pode ser útil em alguns casos, mas que desfavorece o envolvimento do aluno com a atividade em si. Além disso, como já é uma montagem experimental pronta, também não exige um planejamento inicial por parte dos alunos, ou seja, eles não refletem ou discutem sobre como realizar o experimento. Ainda, a coleta de dados, ou dos tempos, é automatizada. Mesmo que a vantagem disso é se ter uma menor imprecisão nos valores medidos, os alunos deixam de se envolver com a otimização de uma tomada de dados mais manual por exemplo. Outra desvantagem aqui, do ponto de vista da aprendizagem ativa, é que, embora os alunos sejam divididos em grupos para a realização da prática, seja por falta de equipamentos ou pelo incentivo do trabalho em grupo, somente um aluno pode fazer a coleta de dados.

Nesse cenário de passividade dos alunos, surgiu a seguinte pergunta: é possível determinar a aceleração gravitacional fora do laboratório? Na instituição em



que aplicamos nossa atividade prática, a Unioeste – Campus de Cascavel, há uma passarela que conecta dois prédios de 3 andares, como mostra a figura 2. Esse é um cenário bastante propício para os alunos planejarem e desenvolver um experimento de queda livre, visto que um objeto pode ser solto do último andar e o tempo de queda pode ser acompanhado e anotado quando ele passa pelos andares por exemplo. Os únicos equipamentos fornecidos para os alunos foram trena e cronômetro. Isso provocou os alunos a planejarem a execução do experimento e a se adaptarem ao realizar as medidas, percebendo o que funciona bem ou não. O objeto a ser solto foi trazido pelos grupos de alunos, o que já caracteriza um envolvimento maior na realização da atividade. Alguns grupos trouxeram bolas de futsal e de vôlei, enquanto outros utilizaram seus próprios tênis. Na próxima seção, apresentaremos como as medidas foram pensadas e feitas pelos grupos de alunos.

Figura 2: Passarela que conecta 2 prédios na Unioeste – Campus de Cascavel.



Fonte: Os autores (2022).

RELATO DE EXPERIÊNCIA



As turmas que desenvolveram a proposta de prática da determinação da queda livre, fora do laboratório, foram alunos do segundo ano do curso de Engenharia Agrícola da Unioeste, matriculados na disciplina de Física I. Inicialmente, os alunos tiveram uma revisão teórica do conteúdo abordado anteriormente e receberam instruções sobre a atividade proposta no Laboratório Didático (figura 3-a). Após isso, eles foram para a passarela de 3 andares para executarem suas medidas. Com a trena, eles mediram a distância entre os andares (figuras 3-b e 3-c). Um modo que os grupos pensaram para realizar as medidas foi posicionar uma pessoa em cada andar para registrar o tempo, com o cronômetro, quando o objeto solto passar por ele (figura 3-d). O aluno que estava no térreo foi o encarregado de avisar aos outros para que iniciassem seus cronômetros, além de registrar o tempo total de queda quando o objeto atingisse o chão.

Foi possível notar um engajamento maior de todos os membros do grupo, seja no planejamento e execução do experimento, ou ainda no cuidado para obter resultados mais precisos. Eles fizeram diversos testes para verificar o melhor método de coletar os dados, e repetiram o procedimento de 3 a 5 vezes para obter uma média dos valores registrados. É fato que realizar as medidas dessa forma, somente com o cronômetro e dependendo do tempo de reação dos alunos, faz com que a precisão diminua, mas acreditamos que isso é compensado pela participação ativa dos estudantes em todas as outras etapas da atividade prática.

Como um exemplo da obtenção da aceleração da gravidade, utilizaremos um conjunto de dados obtido por um dos grupos. A tabela 1 mostra os valores obtidos. A primeira coluna mostra as posições dos andares da passarela, em metros. Na segunda coluna até a sexta coluna, estão os tempos registrados na queda do objeto, totalizando 5 repetições. E, na última coluna, está o valor médio dos tempos.

Tabela 1: Dados obtidos por um dos grupos.

Posição (m)	Tempo1 (s)	Tempo2 (s)	Tempo3 (s)	Tempo4 (s)	Tempo5 (s)	Média
0	0	0	0	0	0	0
3,58	0,29	0,34	0,36	0,35	0,30	0,33
7,13	1,00	1,10	1,05	1,02	1,11	1,06



Congresso Internacional de Educação

Formação de professores e professoras para a educação básica, diversidade, tecnologias e pesquisa científica

1º Congresso Internacional de Educação



01 a 06 de Junho de 2023



FACULDADE
ASSIS GURGACZ
TOLEDO



PÓS-GRADUAÇÃO
EM PEDAGOGIA

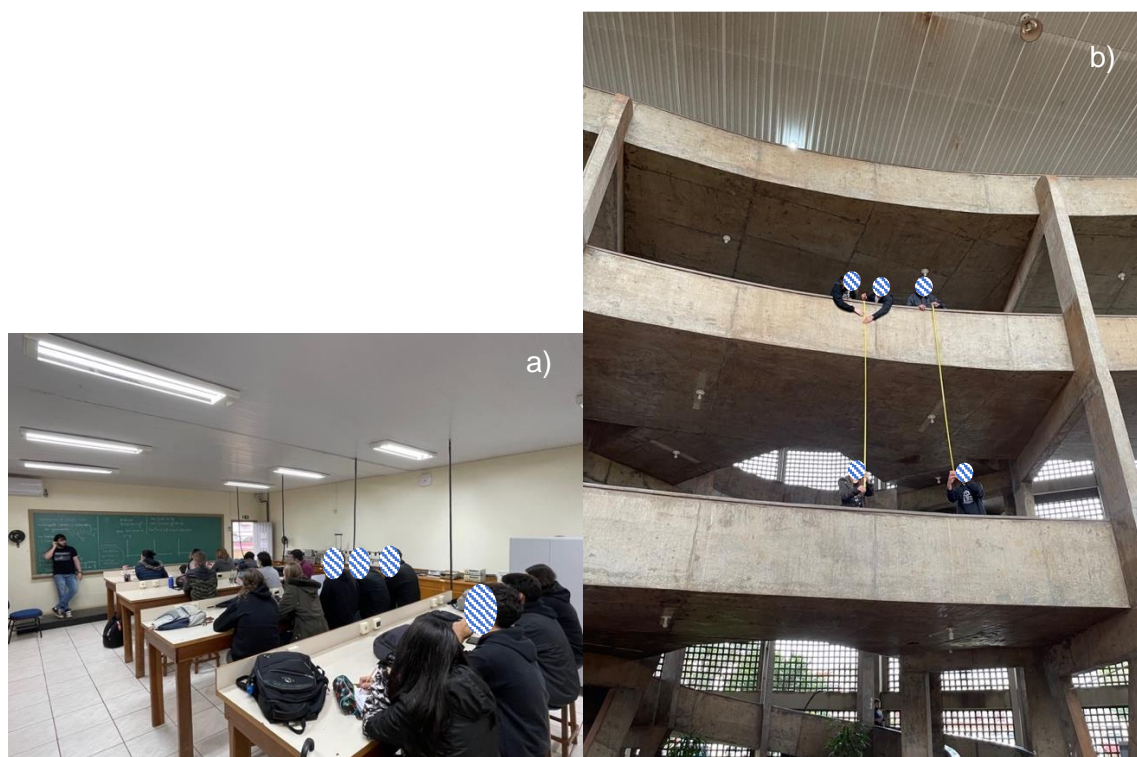


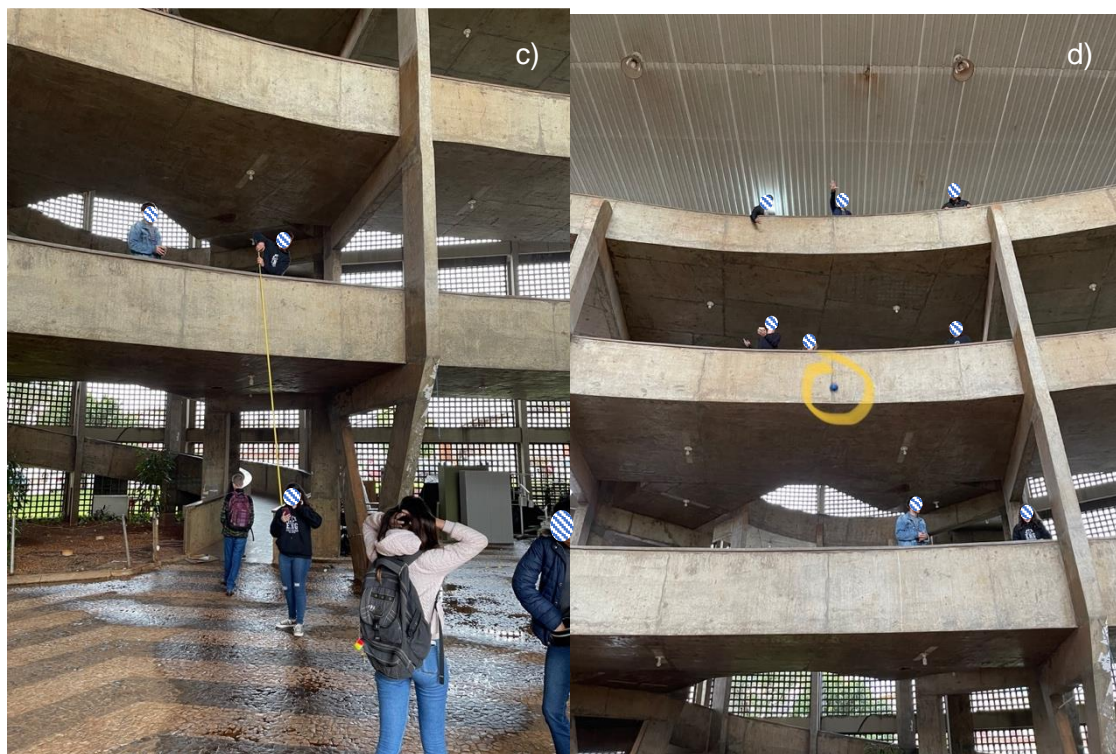
PEDAGOGIA

11,56	1,40	1,60	1,50	1,45	1,42	1,47
-------	------	------	------	------	------	------

Fonte: Os autores (2022).

Figura 3: Registros da Aplicação da Atividade Prática.

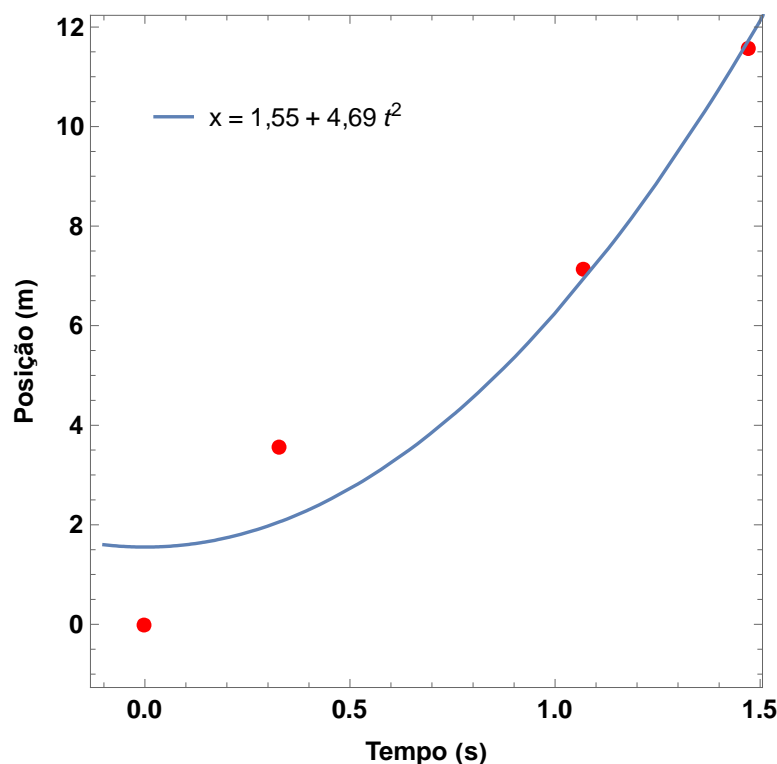




Fonte: Os autores (2022).

Com os valores das médias dos tempos e da posição, podemos determinar a aceleração gravitacional por meio de uma análise gráfica da relação entre essas duas grandezas. Nessa parte, os estudantes foram encorajados a utilizarem um *software* que tivessem mais afinidade. A figura 4 mostra o gráfico do tempo, em segundos, em função da posição, em metros. Os pontos vermelhos são os valores registrados pelos alunos e a linha azul representa o ajuste teórico dos dados.

Figura 4: Exemplo de gráficos do tempo em função da posição.



Fonte: Os autores (2022).

O ajuste teórico é determinado pela lei física por trás dos movimentos com aceleração constante, que é o caso do objeto em queda livre. Assim, a posição x do objeto depende do tempo t da seguinte forma: $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$, em que x_0 é a posição inicial do objeto, v_0 é a velocidade inicial dele e g é a aceleração da gravidade. A velocidade inicial pode ser considerada como zero, pois o objeto é solto e não arremessado nesse experimento. A posição inicial pode variar de acordo com os dados obtidos, principalmente por causa dos erros que podem ocorrer na realização das medidas, como o já mencionado tempo de reação dos alunos ao parar o cronômetro.

O parâmetro que estamos, de fato, interessados é o g . Se compararmos a equação teórica e o ajuste obtido no gráfico, vemos que $g = 2 \cdot 4,69 = 9,38 \text{ m/s}^2$. Ainda, juntando os valores obtidos pelos 4 grupos, temos que a média da aceleração gravitacional obtida nessa atividade é: $\bar{g} = \frac{9,38+9,8+8,44+9,84}{4} = 9,37 \text{ m/s}^2$. O valor esperado da aceleração da gravidade local que foi utilizado aqui, pode ser obtido via



uma equação que relaciona a altitude e a latitude local (LOPES, 2008), o que resulta em $g = 9,78 \text{ m/s}^2$. Dessa forma, vemos que, embora exista uma maior imprecisão nas medidas feitas fora do laboratório se comparado com o equipamento experimental utilizado comumente, ainda é possível obter um resultado bastante satisfatório. Dito de outra forma, 9,37 para 9,78 apresenta em erro percentual de $\sim 4,2\%$, o que é aceitável nas práticas experimentais didáticas (MARINELLI; PACCA, 2006). Isso dá um valor maior ao empenho dos alunos em planejar e executar as medidas. Além disso, o maior envolvimento dos estudantes solidifica mais o aprendizado relacionado ao conteúdo proposto. Na próxima seção, faremos nossas considerações finais e apresentaremos as conclusões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade prática proposta aqui, visando a determinação da aceleração gravitacional por meio da queda livre, revelou-se uma experiência extremamente enriquecedora e estimulante para o processo de aprendizagem. Os resultados positivos obtidos, como o engajamento dos estudantes no processo e a busca por superar o desafio proposto, destacam o potencial dessa abordagem para promover uma maior compreensão dos conceitos físicos, bem como o estímulo ao pensamento investigativo e à interação entre os estudantes.

Primeiramente, constatou-se um alto nível de envolvimento e motivação dos alunos durante a atividade. O ambiente externo da universidade proporcionou um contexto mais próximo da realidade, além de representar também um ambiente diferente ao da sala de aula, tornando a experiência mais atrativa e significativa para os estudantes. Essa imersão na caracterização, medição e determinação da queda livre permitiu uma vivência concreta dos conceitos teóricos abordados em sala de aula, o que contribuiu para a construção de um conhecimento mais profundo, o que pôde ser verificado nos relatórios entregues pelos grupos.

Em segundo lugar, a atividade prática em grupo estimulou a colaboração entre os estudantes, favorecendo a troca de ideias e a resolução de problemas de forma



conjunta. A interação entre os colegas promoveu um ambiente de aprendizagem cooperativo, no qual os alunos puderam compartilhar suas experiências e auxiliar uns aos outros na realização das medições e cálculos necessários. Essa dinâmica colaborativa reforçou a importância do trabalho em equipe no contexto acadêmico e profissional.

Outro resultado positivo foi a percepção dos alunos sobre a aplicabilidade dos conceitos físicos estudados em sua área de atuação, principalmente no que diz respeito à determinação de parâmetros como a velocidade ou a aceleração de um objeto. Isso levou os estudantes a reconhecerem a relevância da Física para o entendimento e a solução de problemas. Essa conexão entre teoria e prática despertou um maior interesse e motivação para o estudo da disciplina, proporcionando uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

Apesar dos resultados positivos mencionados, um ponto negativo identificado foi que os alunos ainda apresentam uma dependência grande de instruções sobre como obter e analisar os dados, o que pode ser atribuído a uma defasagem que é trazida de formações anteriores, principalmente na área de Matemática. Esse aspecto observado pode representar um desafio para futuras aplicações da prática, exigindo talvez um planejamento mais adequado e alternativas para fazer com os alunos sejam mais ativos e cada vez mais capazes de cumprir os objetivos de forma mais independente.

Em suma, a atividade prática para determinação da aceleração gravitacional por meio da queda livre revelou-se uma estratégia eficaz para aprofundar o aprendizado dos alunos. Os resultados positivos obtidos, como o elevado envolvimento dos estudantes, a colaboração entre os grupos e a percepção da aplicabilidade dos conceitos estudados, corroboram a relevância dessa abordagem. Apesar da dificuldade com os aspectos matemáticos, acredita-se que com um planejamento adequado e adaptações, essa metodologia pode continuar a enriquecer o processo de ensino-aprendizagem em futuras experiências acadêmicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ARAÚJO, L. R. **Proposta didática diferenciada para o estudo de queda livre**. 109 f. Dissertação (Mestre em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campos dos Goytacazes - RJ, 2018. Disponível em: https://portal1.iff.edu.br/pesquisa-e-inovacao/pos-graduacao-stricto-sensu/mestrado-nacional-profissional-em-ensino-de-fisica/projetos-e-dissertacoes-defendidas/dissertacoes-defendidas/proposta-didatica-diferenciada-para-o-estudo-de-queda-livre/view/++widget++form.widgets.dissertacao/@@download/Leandro_Dissertação.pdf. Acesso em: 21 jul. 2023.

BONWELL, C. C; EISON, J. A. Active Learning: Creating Excitement in the Classroom. **ASHE - ERIC Higher Education Report N. 1**. 1991. Disponível em: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED336049.pdf>.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. Cortez. 1990. Disponível em: <http://bit.ly/2JPAwEL>.

DOS SANTOS, A. M.; FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L. da; DA SILVA VERDEAUX, M. de F.; LESSA DO COUTO, R. V. Ensino de Física: possibilidades e perspectivas associadas ao uso de tecnologias digitais e experimentação. **Revista do Professor de Física**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 1–9, 2022. DOI: 10.26512/rpf.v6i2.44949. Disponível em:

<https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/44949>. Acesso em: 24 jul. 2023.

FAGEN, A. P.; CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms. **The Physics Teacher**, v. 40, n. 4, p. 206–209. 2002.

DOI: <https://doi.org/10.1119/1.1474140>

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física. Vol. I**. Grupo Gen-LTC. 2016.

JÚNIOR, V. K. **A utilização de tecnologias e atividades experimentais no ensino de queda livre: um estudo de caso**. 108 f. Dissertação (Mestre em Educação e Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em:

<https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/16721/1/000498324-Texto+Completo-0.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2023.

LOPES, W. Variação da aceleração da gravidade com a latitude e altitude. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 561-568. 2008. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165503>. Acesso em: 25 jul. 2023.

MARINELLI, F.; PACCA, J. L. de A. Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de física. **Revista Brasileira de Ensino**



Congresso Internacional de Educação

Formação de professores e professoras para a educação
básica, diversidade, tecnologias e pesquisa científica

1º Congresso Internacional de Educação



01 a 06 de Junho de 2023



FACULDADE
ASSIS GURGACZ
TOLEDO



PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO
LAPIS E LÁPIS



de Física, v. 28, n. 4, p. 497–505. 2006. DOI:10.1590/s1806-11172006000400012.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/zGxWQ3TpZwDBsKZyLKW53bx/?lang=pt>. Acesso em:
25 jul. 2023.

MICHAEL, J. Faculty perceptions about barriers to active learning. **College Teaching**, v. 55, n. 2, 42-47. 2007.

MUNHOZ, A. S. **Aprendizagem baseada em problemas: Ferramenta de apoio ao docente no processo de ensino e aprendizagem**. Cengage. 2016.

NOVAK, G. M.; PATTERSON, E. T.; GAVRIN, A. D.; and W. CHRISTIAN, W. **Just-in-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology**. Prentice Hall. 1999.

STUDART, N. Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas. **Revista do Professor de Física**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 1–24, 2021. DOI:
10.26512/rpf.v3i3.28857. Disponível em:
<https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/28857>. Acesso em: 24 jul. 2023.