MATEMÁTICA, FÍSICA E MÚSICA: CONSTRUÇÃO DE UM PIANO DE GARRAFAS DE VIDRO

Lis R. Lopes Dutra Dias[1], Gleydson José Bianquini Couto[2], Francisco Lindoval de Oliveira[3], Patrícia Ferreira de Andrade Campos[4] , Luiz Fernando Ferreira dos Santos[5]

[1] Técnico em Assuntos Educacionais/Divisão de Assuntos Pedagógicos/Colégio Técnico da UFRRJ, lislopesdutra@ufrrj.br
[2] Professor de Matemática/Colégio Técnico da UFRRJ, gleydson@ufrrj.br
[3] Professor de Hospedagem/Colégio Técnico da UFRRJ, franciscoldeoliveira02@gmail.com
[4] Professora de AEE/Colégio Técnico da UFRRJ, aeectur@ufrrj.br
[5] Professor de Física/Colégio Técnico da UFRRJ

INTRODUÇÃO

A oficina Matemática, Física e Música foi concebida com o objetivo de ensinar conceitos básicos de Matemática e Física por meio de uma abordagem lúdica, evidenciando a relação histórica entre as ciências exatas e as artes. Desde Pitágoras, reconhece-se que os intervalos musicais são regidos por proporções numéricas simples (Teixeira, 2006), e esse princípio fundamenta a proposta da atividade. Assim, a oficina busca resgatar essa conexão interdisciplinar e, ao mesmo tempo, promover a construção de um experimento que possibilite aos estudantes compreender visual e auditivamente os conteúdos trabalhados.

A atividade foi proposta por professores de Matemática e Física, com apoio pedagógico de professoras de Educação Especial e de um professor com conhecimentos teóricos e práticos de Música, todos de uma Escola Técnica Federal Rural, e foi direcionada a estudantes do ensino médio e de cursos técnicos integrados ao ensino médio, visando demonstrar a aplicabilidade da Matemática, especificamente o cálculo fracionário e da Física pela acústica e ondas sonoras em um contexto tangível.

Na perspectiva do Ensino de Ciências por Investigação, aprender Ciências significa operar intelectualmente de modo semelhante ao trabalho científico, ainda que em uma versão didática e orientada. A investigação escolar não se reduz à realização de experimentos, mas constitui um processo estruturado em que os estudantes mobilizam conhecimentos prévios, realizam ações práticas e constroem explicações fundamentadas, desenvolvendo autonomia, pensamento crítico e compreensão conceitual (Zômpero; Laburú, 2011). O uso de atividades práticas em ensino pode acessibilizar os conteúdos aos diferentes públicos (Abib; Araújo, 2003), onde as dificuldades e complexidades de reprodução de fenômenos são enriquecidos pelo uso de experimentos.Essa metodologia constitui um caminho estruturado no qual os estudantes são levados a problematizar, formular hipóteses e buscar explicações embasadas em evidências. Nessa perspectiva, a atividade com as garrafas é um cenário de investigação onde conceitos de Matemática e Física são mobilizados e reconstruídos de forma significativa, alinhando-se ao que propõem os princípios da Sequência de Ensino Investigativo.

O emprego de materiais de fácil acesso e presentes no cotidiano dos estudantes contribui para atribuir maior sentido às atividades pedagógicas, favorecendo uma aprendizagem significativa. De acordo com Ausubel (2003), aprender de modo significativo implica um processo ativo, no qual novos conhecimentos se conectam de maneira substantiva aos saberes prévios dos alunos. Nessa perspectiva, a aprendizagem deixa de ser passiva e passa a exigir a predisposição do estudante para relacionar, analisar e integrar informações, desenvolvendo competências essenciais, como o pensamento crítico e a capacidade de resolver problemas (Moreira, 2011; Carril, Natário e Zoccal, 2017).

Uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), constitui-se como um conjunto planejado, articulado e intencional de atividades pedagógicas organizadas em torno de situações-problema. Essa abordagem tem como finalidade promover a aprendizagem ativa e significativa dos estudantes, colocando-os no centro do processo de construção do conhecimento científico (Carvalho, 2018). Assim**,** uma metodologia ativa pode ser compreendida como uma abordagem pedagógica na qual os estudantes participam ativamente da construção do conhecimento**,** em oposição ao papel passivo que lhes é atribuído nos métodos tradicionais. Isso significa que os alunos se envolvem em atividades que reproduzem aspectos do trabalho científico em vez de apenas receber informações de forma expositiva. Assim, o estudante é o agente ativo do processo, investigando, interagindo e modelando, de forma significativa, seu processo de aprendizagem. Ao pensar, partindo de organizadores prévios, argumentar, demonstrar o início do processo de aprendizagem, entender criticamente o conteúdo e demonstrar autonomia e clareza em suas ideias, podemos afirmar que houve aprendizagem significativa no processo de ensino por investigação.

O objetivo geral deste estudo foi analisar as contribuições da construção e da afinação experimental de um instrumento musical de copos para a compreensão interdisciplinar de conceitos de Matemática e Física, especialmente aqueles relacionados à acústica e às proporções numéricas que fundamentam a harmonia musical. Como objetivos específicos, estabeleceu-se:

* Investigar a compreensão dos estudantes acerca da relação entre diferentes volumes de água e sua representação por meio de frações no contexto da Sequência de Ensino Investigativo;
* Analisar o desenvolvimento do raciocínio proporcional aplicado ao dimensionamento dos volumes necessários para obtenção das frequências correspondentes a uma escala musical;
* Examinar a apropriação, pelos estudantes, dos conceitos de frequência fundamental, ressonância e altura do som, a partir da experimentação com recipientes contendo diferentes volumes de água;
* Identificar indícios do desenvolvimento de habilidades investigativas, como formulação de

hipóteses, observação crítica e resolução de problemas durante o processo de afinação;
* Avaliar evidências de aprendizagem ao longo e após a realização da atividade.

METODOLOGIA

A oficina foi realizada no mês de outubro de 2025, com estudantes entre 15 e 18 anos, nas dependências da biblioteca escolar, espaço que dispõe de mesas amplas e comporta público superior a 25 pessoas por período. A proposta foi estruturada segundo os princípios do Ensino de Ciências por Investigação, organizando-se em etapas sequenciais articuladas, nas quais os estudantes participaram ativamente do processo de exploração conceitual e experimental. Inicialmente, foi apresentada uma situação-problema: compreender como seria possível produzir uma escala musical completa e afinada utilizando apenas garrafas de vidro e água, bem como identificar quais fatores determinariam a altura do som produzido. A partir dessa problematização, os estudantes foram incentivados a levantar hipóteses, sugerindo que a quantidade de água, o tamanho dos recipientes ou o próprio material das garrafas poderiam interferir nos sons emitidos e registrando essas ideias para posterior verificação experimental.

A primeira etapa prática consistiu na escolha e separação dos materiais a serem utilizados. Por se tratarem de objetos presentes no cotidiano dos estudantes, estes materiais funcionam como organizadores prévios (Moreira, 2012), favorecendo a mobilização de conhecimentos anteriormente construídos. Nessa fase, foi definida a escala musical a ser construída, juntamente à introdução das razões de frequência entre cada nota e sua tônica, estabelecendo as bases conceituais necessárias para as etapas seguintes.

Na segunda etapa, os recipientes foram organizados em sequência e realizou-se o planejamento dos volumes necessários para obtenção das notas desejadas, configurando a atividade como parte de uma Sequência de Ensino Investigativo. Inicialmente, foi feita a medição de um recipiente-modelo, considerando seu volume máximo e sua altura útil para o experimento. A partir desse parâmetro, calcularam-se as proporções entre volumes de água e ar correspondentes aos sons pretendidos. O processo de divisão e simplificação dessas proporções possibilitou o trabalho com frações equivalentes e frações irredutíveis, integrando o estudo do cálculo fracionário à situação experimental proposta. Além disso, os estudantes registraram dados, medições e cálculos em tabelas e anotações, enquanto variáveis importantes foram controladas, como a utilização de garrafas do mesmo modelo e medições precisas dos volumes de água, evidenciando a importância do controle de variáveis nos procedimentos científicos.

Figura 1: tabela das quantidades de água



Fonte: elaborada pelos autores

A terceira etapa consistiu na afinação experimental dos recipientes, utilizando afinador digital, por meio de aplicativo de celular ou diapasão, para verificação da frequência produzida ao serem percutidos. O ajuste fino das notas exigiu a adição ou remoção de pequenas quantidades de água, evidenciando, na prática, a relação direta entre variação de volume e alteração da altura sonora. Nesse momento, os estudantes compararam os resultados obtidos com os sons esperados, discutiram possíveis diferenças e causas de erro, revisaram hipóteses e ajustaram os recipientes conforme necessário, desenvolvendo processos de argumentação, análise e validação de ideias, aspectos centrais do ensino por investigação. Essa etapa articulou, de forma integrada, os conceitos matemáticos de proporção e fração aos fundamentos físicos da acústica.

Na etapa final, os estudantes executaram pequenos trechos de músicas populares no instrumento construído, tocando melodias simples previamente disponibilizadas. A atividade foi concluída com uma roda de conversa, na qual se discutiram a precisão da afinação, os desafios encontrados ao longo do processo, o resultado sonoro obtido e a influência de variáveis físicas, como volume, material do recipiente e ambiente. Esse momento permitiu a sistematização dos conceitos mobilizados durante a oficina, a reflexão coletiva acerca da experiência desenvolvida e a aplicação prática dos conhecimentos construídos. A avaliação da aprendizagem considerou não apenas o resultado final da execução musical, mas também a participação dos estudantes, a

elaboração de hipóteses, os registros realizados, a capacidade investigativa e o envolvimento demonstrado em todas as etapas do processo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a experimentação, a principal dificuldade observada foi a obtenção de uma extensão mais ampla da escala e de afinação precisa, mesmo com a utilização de copos ou garrafas do mesmo modelo. Essa limitação, longe de comprometer a proposta, constituiu elemento relevante do processo investigativo, pois exigiu dos estudantes a formulação e reformulação de hipóteses acerca das variáveis envolvidas na produção sonora, como volume de água, material do recipiente e condições do ambiente.

À luz do Ensino de Ciências por Investigação, conforme discutido por Zômpero e Laburú (2011), situações em que os resultados não correspondem imediatamente às expectativas configuram oportunidades privilegiadas de aprendizagem, na medida em que demandam argumentação, análise de evidências e revisão de explicações. Nesse sentido, as dificuldades encontradas favoreceram o engajamento ativo dos estudantes, que passaram a discutir coletivamente possíveis justificativas para as discrepâncias observadas.

Durante as observações, constatou-se a mobilização de conhecimentos matemáticos e físicos na resolução das situações-problema propostas, como o cálculo das quantidades de água e sua representação por meio de frações. O levantamento de hipóteses sobre o formato dos recipientes e os ajustes necessários à afinação evidenciou a passagem de uma postura inicialmente operacional para uma postura investigativa, característica central do ensino por investigação (Abib; Araújo, 2003). A experimentação não se limitou à execução de procedimentos, mas envolveu comparação de resultados, tomada de decisão e argumentação acerca das variáveis em jogo.

Ao manipular o volume de água em cada recipiente, os estudantes foram levados a articular proporção matemática e variação de frequência sonora, estabelecendo relações entre representação fracionária e fenômeno físico. Esse movimento de transposição entre o abstrato e o concreto aproxima-se da perspectiva da aprendizagem significativa, ao possibilitar a ancoragem de conceitos formais em experiências sensoriais vivenciadas durante a atividade.

A atividade do “piano de garrafas”, inserida em uma Sequência de Ensino Investigativo mais ampla nas disciplinas de Física e Matemática, demonstrou que a experimentação orientada por problematização favorece o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de resolução de problemas. A oficina, portanto, não se configurou apenas como momento lúdico ou demonstrativo, mas como situação estruturada de investigação, na qual a construção do

conhecimento ocorreu por meio da interação entre hipótese, teste experimental e análise coletiva dos resultados.

Os resultados que não correspondiam ao esperado foram tratados como momentos privilegiados de aprendizagem. Ao perceber que mesmo com volumes calculados os sons não saíam exatos, os estudantes foram levados a investigar outras variáveis, como a espessura do vidro ou a temperatura ambiente, demonstrando o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de questionamento, habilidades centrais dessa abordagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma ambiência educativa que se preocupa somente em ensinar contas e passar o conteúdo de um currículo engessado e passivo, desconsidera a riqueza de valores e singularidade de sua comunidade estudantil, não colaborando para uma sociedade mais responsável, solidária, empática e inclusiva (Freire, 1997). A aprendizagem é um processo coletivo, e os integrantes da ação educativa devem possibilitar uma escola direcionada para experiências pedagógicas mais significativas.

O ensino por investigação para desenvolvimento da oficina colocou o estudante no centro do processo de ensino, envolvendo-o em atividades de problematização, experimentação, argumentação e análise de evidências. Assim, o processo de ensino foi enriquecido e os resultados de aprendizagem passaram a ser considerados como significativos, despertando o interesse e a curiosidade dos discentes (Zômpero; Laburú, 2011).

A análise da oficina evidenciou que a construção e a afinação experimental de um instrumento musical, quando organizadas segundo os princípios do Ensino de Ciências por Investigação, constituem estratégia pedagógica capaz de favorecer a articulação entre conceitos matemáticos e físicos em contexto interdisciplinar.

Os resultados indicaram que as dificuldades encontradas durante a experimentação, especialmente no que se refere à precisão da afinação e à extensão da escala, desempenharam papel formativo relevante, ao exigirem dos estudantes a formulação de hipóteses, a análise de variáveis e a revisão de procedimentos. Tais movimentos são coerentes com a perspectiva investigativa descrita na literatura, na qual o erro e o imprevisto se configuram como oportunidades para aprofundamento conceitual.

Os conhecimentos construídos ao longo da oficina foram aplicados na execução de pequenos trechos de músicas populares no instrumento confeccionado pelos próprios estudantes, permitindo que relacionassem, na prática, os conceitos de frequência sonora, proporção, fração e variação de volume estudados durante a atividade investigativa. Durante esse momento, os

participantes puderam verificar a precisão das notas produzidas, realizar novos ajustes quando necessário e compreender como os conceitos matemáticos e físicos estavam diretamente envolvidos na produção musical. A avaliação da aprendizagem ocorreu de maneira processual, considerando não apenas o resultado final obtido na execução das músicas, mas também todo o percurso investigativo desenvolvido pelos estudantes, incluindo a participação nas discussões, a elaboração e revisão de hipóteses, os registros realizados, o controle de variáveis, a análise dos resultados experimentais, a capacidade de argumentação e o envolvimento nas diferentes etapas da investigação.

Observou-se que a manipulação concreta dos volumes de água favoreceu a compreensão da relação entre proporção matemática e variação de frequência sonora, possibilitando que conceitos tradicionalmente considerados abstratos fossem experienciados de maneira sensorial e argumentativa. Esse processo contribuiu para a mobilização ativa de conhecimentos prévios e para o desenvolvimento de habilidades investigativas, como observação sistemática, comparação de resultados e tomada de decisão fundamentada.

Ao integrar a oficina a uma Sequência de Ensino Investigativo mais ampla nas disciplinas de Física e Matemática, a experiência reforçou a potencialidade de práticas pedagógicas que deslocam o foco da transmissão de conteúdos para a problematização e construção coletiva do conhecimento. Assim, conclui-se que a proposta analisada favorece condições para aprendizagem conceitual articulada, pensamento crítico e resolução de problemas, evidenciando a viabilidade do Ensino de Ciências por Investigação no contexto do Ensino Médio Técnico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos : Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

CAMPOS, José Galúcio; KALHIL, Josefina Barrera. **Uma análise crítica da literatura nacional sobre o ensino de Ciências por investigação**. Revista Ciências & Ideias, v. 10, n. 3, p. 152-177, set./dez. 2019. DOI: 10.22047/2176-1477/2019.v10i3.1099.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. Sao Paulo: Cegange Learning, 2013.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação.**Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765–794, dez. 2018.Disponível em: https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765. Acesso em: 15 out. 2025.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. A pesquisa no ensino, sobre o ensino e sobre a reflexão dos professores sobre seus ensinos. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 28, n. 2, p. 57-67, jul.-dez. 2002. Acesso em: 28 de julho de 2025.

CARRIL, Maria Graça Pimentel; NATÁRIO, Elisete Gomes; ZOCCAL, Sirlei Ivo. Considerações sobre aprendizagem significativa a partir da visão de Freire e Ausubel - uma reflexão teórica. **e-Mosaicos.** Rio de Janeiro, v. 6, n. 13, p. 68-78, dezembro de 2017. Disponível em : andreamarques,+CARRIL_NATARIO_ZOCCAL_ed13_4.pdf. Acesso em: 17 de agosto de 2025.

FREIRE, Paulo**. Educação como prática da liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Centauro, 2005.

MOREIRA, Marco Antônio. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. Porto Alegre: Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares.** São Paulo: Livraria da Física, 2012.

NASCIMENTO, Camila Souza; UIBSON, José. Uso de experimentos no ensino de física: uma revisão sistemática da literatura. **In: COLÓQUIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE (EDUCON**), 15., 2021, Sergipe. Anais... Sergipe: [s. n.], 2021. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/16377/2/UsoExperimentosEnsinoFisica.pdf. Acesso em: 22 out 2025.

TEIXEIRA, Manoel Lima Cruz. **SONS, NÚMEROS E GEOMETRIA,** *Revista da Faculdade de Educação*, Ano IV, n. 5/6, jan./dez, 2006.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: possibilidades e limitações. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 17, n. 3, p. 613–628, 2011.

Foi utilizada a versão gratuita do Chat GPT para correção ortográfica e ajustes ao longo do texto.