



# APRENDIZAGEM DE ENGENHARIA COM SHAKER ELETRODINÂMICO E GESTÃO VISUAL NO ENSINO TÉCNICO

ENGINEERING LEARNING WITH AN ELECTRODYNAMIC SHAKER AND VISUAL MANAGEMENT IN TECHNICAL EDUCATION

Magno de Oliveira Silva<sup>1</sup>, Bruno Cesar Cayres<sup>2</sup>,  
Eduarda da Silva Belloni<sup>3</sup>, Leonardo Pereira Vieira<sup>4</sup>

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v45p127-143.2026

**RESUMO:** Este artigo apresenta os resultados de um projeto de ensino realizado com estudantes do curso técnico em Mecânica do Cefet/RJ. O objetivo foi investigar se a aprendizagem de conceitos de engenharia, em particular o movimento vibratório, pode ser promovida por meio de metodologias ativas de ensino em nível técnico. A abordagem metodológica combinou fundamentos de Física, Matemática e Engenharia com estratégias de autoavaliação e avaliação por pares. Para a análise dos resultados, adotaram-se os referenciais da Análise de Conteúdo e os fundamentos do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK). Aos estudantes foi proposta a aplicação de conhecimentos teóricos na modelagem e no projeto de um *shaker* eletrodinâmico, utilizando o *Product Canvas* como ferramenta de gestão visual. Como principal resultado, observou-se a confirmação da aprendizagem conceitual e o desenvolvimento de competências técnicas dos estudantes, demonstrados na produção acadêmica e em sua apresentação, premiada em evento institucional. Verificou-se, ainda, a adaptação didática dos conteúdos ao nível do Ensino Técnico e a articulação entre teoria e prática. A principal contribuição do trabalho consiste em demonstrar a viabilidade de práticas de metodologias ativas de ensino e interdisciplinares na formação técnica, favorecendo uma abordagem verticalizada do Ensino de Engenharia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aprendizagem de Engenharia; Ensino Técnico; Interdisciplinar; Análise de Vibrações; *Shaker* Eletrodinâmico.

**ABSTRACT:** This article presents the results of an educational project carried out with students from the technical program in mechanical engineering at Cefet/RJ. The objective was to investigate whether the learning of engineering concepts, particularly vibratory motion, can be fostered through active teaching methodologies at the technical education level. The methodological approach combined principles of Physics, Mathematics, and Engineering with strategies of self-assessment and peer assessment. To analyze the results, the study adopted the theoretical frameworks of Content Analysis and Pedagogical Content Knowledge (PCK). Students were challenged to apply theoretical knowledge in the modeling and design of an electrodynamic shaker, using Product Canvas as a visual management tool. The main result was the confirmation of conceptual understanding and the development of technical competencies, as demonstrated by the students' academic outputs and their award-winning presentation at an institutional event. Furthermore, the study revealed the didactic adaptation of content to the context of technical education and the articulation between theory and practice. The primary contribution of this work lies in demonstrating the feasibility of implementing active and interdisciplinary teaching practices in technical education, thus supporting a verticalized approach to engineering learning.

**KEYWORDS:** Engineering Learning; Technical Education; Interdisciplinary; Vibration Analysis; Electrodynamic Shaker.

<sup>1</sup> Professor, Mestre em Matemática, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ), magno.silva@cefet-rj.br

<sup>2</sup> Professor, Doutor em Engenharia Mecânica, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ), bruno.cayres@cefet-rj.br

<sup>3</sup> Professora, Mestre em Engenharia Mecânica, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ), eduarda.belloni@cefet-rj.br

<sup>4</sup> Professor, Mestre em Física, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ), leonardo.vieira@cefet-rj.br



## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de produtos e sistemas exige que estes sejam submetidos a testes rigorosos, a fim de assegurar sua funcionalidade, segurança e durabilidade ao longo do tempo. Em especial, quando tais sistemas estão sujeitos a esforços dinâmicos, como vibrações e choques mecânicos, torna-se indispensável a realização de ensaios que simulem condições reais de operação. Entre os dispositivos utilizados para esse fim, destaca-se o excitador eletrodinâmico, ou *shaker*, amplamente empregado na indústria (Martino e Harri, 2019) e que também pode ser utilizado em contextos acadêmicos para ensaios de vibração (Silva *et al.*, 2024).

O uso pedagógico de *shakers* eletrodinâmicos mostra-se uma alternativa para o ensino de conteúdos complexos da engenharia, como os movimentos oscilatórios e a análise de vibrações. Silva *et al.* (2024) destacam a aplicação didática de um *shaker* de baixo custo em atividades experimentais, aliando fundamentos da estatística descritiva à análise prática de sinais vibratórios. Os autores observaram que a literatura sobre Ensino de Engenharia tende a priorizar o uso de simulações computacionais, sendo ainda limitada a frequência de trabalhos mais recentes com abordagem experimental em sala de aula (Li e Liang, 2024; Negahban, 2024).

Do ponto de vista educacional, o estudo aplicado de um *shaker* eletrodinâmico pode proporcionar uma oportunidade concreta de aprendizagem ativa, permitindo que os estudantes, nos mais diferentes níveis, compreendam teoricamente o comportamento vibratório de sistemas e sejam desafiados a propor soluções para a mitigação de vibrações indesejáveis. Tais competências são esperadas na formação de engenheiros mecânicos e profissionais de áreas correlatas (Brasil, 2019), além de desejáveis para formação profissional tecnológica, tal qual a formação técnica em Mecânica (Brasil, 2021).

Pesquisas que abordam a verticalização do ensino na formação profissional apontam desafios enfrentados por egressos de cursos técnicos ao ingressarem na graduação em Engenharia (Policena, 2024). Entretanto, quando esses estudantes são inseridos em contextos educacionais que valorizam trajetórias formativas contínuas e o aproveitamento de competências previamente desenvolvidas, são observados ganhos significativos em sua formação no Ensino Superior. Segundo Sales, Heijmans e Silva (2017), a transição bem-sucedida do Ensino Técnico para o Ensino Superior está relacionada, entre outros fatores, à qualidade da formação acadêmica recebida. Assim, no contexto educacional aplicado, iniciativas



pedagógicas como Projetos de Ensino (PE), com estudantes do Ensino Técnico, podem contribuir tanto para o acesso aos cursos superiores de Engenharia quanto para a permanência nestes e para a sua conclusão.

Nesse sentido, revela-se pertinente a inserção, nos currículos de cursos de Engenharia Mecânica e formações correlatas, inclusive em nível técnico, de PEs que integrem saberes relacionados à análise de vibrações, à experimentação mecânica e à interpretação de dados, além da adoção de estratégias avaliativas centradas no estudante, como a autoavaliação e a avaliação por pares (Topping, 2009). A implementação dessas práticas pode favorecer o desenvolvimento de competências metacognitivas e colaborativas, consideradas essenciais para a formação integral de profissionais na área tecnológica (De Maman *et al.*, 2021; Seifert e Feliks, 2019).

Em um cenário educacional cada vez mais orientado pela demanda por profissionais tecnicamente qualificados e com perfil inovador, iniciativas que integram teoria e prática ganham importância estratégica (Abdelmouli *et al.*, 2021). É nesse contexto que se insere o presente estudo, desenvolvido com estudantes do curso técnico em Mecânica do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ), *campus* Itaguaí. A proposta foi estruturada como um PE com abordagem interdisciplinar, visando à construção colaborativa de saberes e competências para a confecção de um *shaker* eletrodinâmico e à elaboração de um guia técnico para sua replicação em contextos educacionais.

Este trabalho busca responder a seguinte pergunta de pesquisa: *é possível promover a aprendizagem de conceitos de engenharia, especialmente aqueles relacionados a movimentos vibratórios, por meio de projetos integradores com estudantes do Ensino Técnico em Mecânica?* Parte-se da hipótese de que a aplicação de metodologias ativas, baseadas na compreensão do funcionamento de dispositivos funcionais e no uso de ferramentas de gestão visual, como o *Product Canvas* (Pichler, 2012), contribui para o desenvolvimento da aprendizagem de conceitos teóricos, de habilidades práticas e da visão empreendedora dos estudantes.

Para alcançar esse objetivo, o artigo está estruturado da seguinte forma: inicialmente, apresenta-se a contextualização teórica, abordando metodologias para o Ensino de Engenharia e os fundamentos técnicos e teóricos de *shakers* eletrodinâmicos. Em seguida, detalha-se a metodologia adotada no presente trabalho. Posteriormente, são apresentados e discutidos os resultados obtidos. Por fim, são expostas as conclusões e as perspectivas futuras.



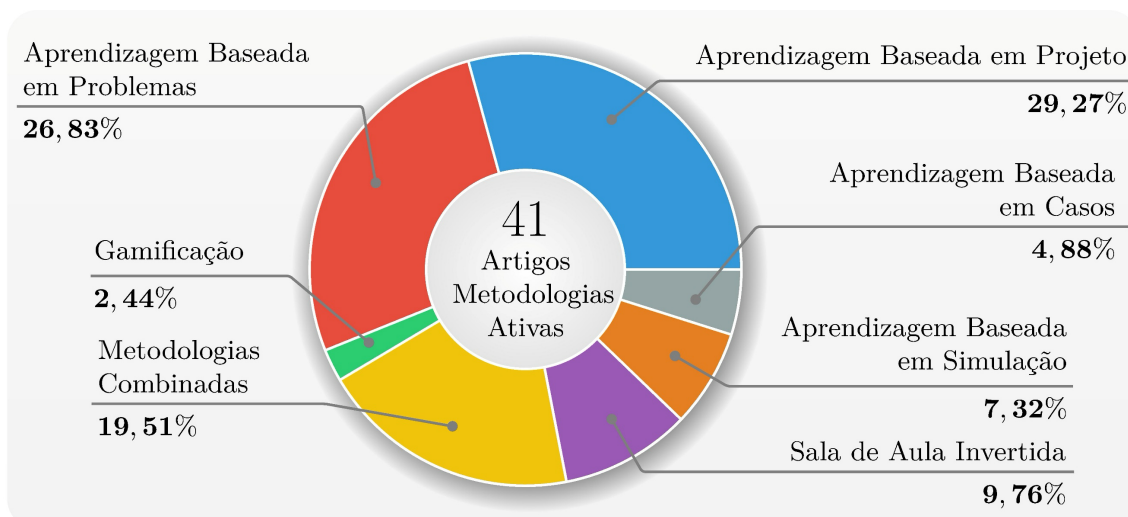
## CONTEXTUALIZAÇÃO

### Metodologias para o Ensino de Engenharia e formação técnica afim

Nas últimas décadas, o Ensino de Engenharia passou por transformações metodológicas significativas, impulsionadas pela necessidade de formar profissionais capazes de enfrentar desafios complexos e constantes inovações tecnológicas. No final do século XX e início do XXI, diversos autores já apontavam a insuficiência de um ensino pautado apenas em teoria e fórmulas, defendendo a integração entre teoria e prática como elemento central da aprendizagem significativa (Carvalho, Porto, Belhot, 2001).

Trabalhos recentes de revisão sistemática têm apresentado a crescente adoção de metodologias ativas de aprendizagem no Ensino de Engenharia, o que reflete uma mudança de paradigma em direção a práticas mais centradas no estudante (Do e Pham, 2025; Reis, Santos Baptista e Duarte, 2025). Revisões bibliométricas apontam aumento no uso de metodologias ativas, como Aprendizagem Baseada em Problemas/Projetos e Sala de Aula Invertida, especialmente a partir da segunda metade da década de 2010 (Valença, 2023). Esses dados estão representados na Figura 1, na qual se observa a predominância das metodologias mencionadas, bem como a ocorrência de abordagens híbridas. Destaca-se que 19,51% dos estudos analisados adotaram abordagens pedagógicas híbridas no Ensino de Engenharia, combinando diferentes estratégias de forma integrada.

**Figura 1 – Distribuição percentual de artigos sobre metodologias ativas no Ensino de Engenharia**



Fonte: adaptada de Valença (2023).



Paralelamente, estudiosos voltaram-se para a integração de diferentes teorias educacionais. Por exemplo, Hassan (2011) revisou criticamente perspectivas behavioristas, socioculturais e construtivistas, propondo uma abordagem integrada que combina níveis cognitivos, fatores sociais (trabalho em equipe) e elementos comportamentais para otimizar a aprendizagem em cursos de Engenharia. Essa evolução metodológica, ao alinhar técnicas pedagógicas ativas com fundamentos teóricos diversos, reforça a conexão entre os conceitos ensinados e sua aplicação prática, preparando os alunos para resolver problemas complexos de forma colaborativa e inovadora.

Recentemente, abordagens como o *Challenge-Based Learning* (CBL) (Doulougeri *et al.*, 2024) aprofundam a conexão entre Educação em Engenharia e problemas reais. Essa abordagem emergente mantém os alunos engajados em problemas complexos do mundo real, reforçando a interdisciplinaridade e a aplicação prática do conhecimento durante a formação.

Em síntese, as metodologias de ensino de engenharia evoluíram de abordagens tradicionais para práticas ativas e integradoras. No contexto deste estudo, a inserção de estudantes do Ensino Técnico como protagonistas em um projeto de engenharia representa a aplicação concreta de princípios pedagógicos contemporâneos. Essa abordagem pode favorecer uma aprendizagem significativa e contribuir para a preparação dos discentes para enfrentar desafios acadêmicos e profissionais futuros.

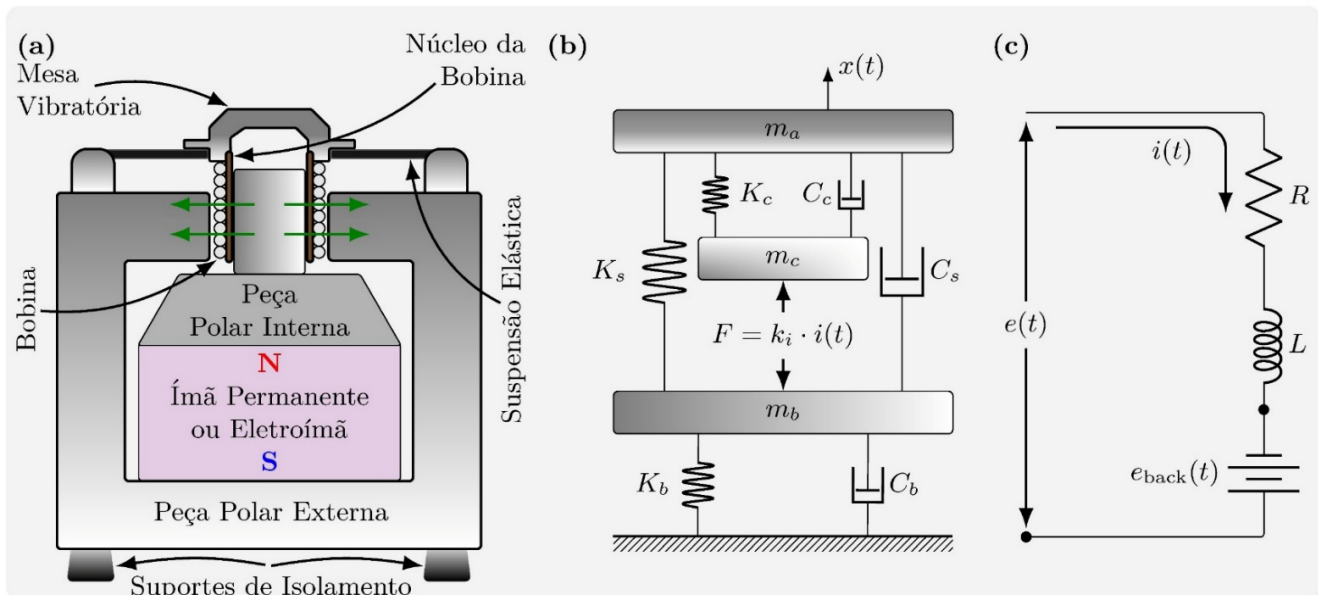
## Modelagem e fundamentos operacionais de um *shaker* eletrodinâmico

O *shaker* eletrodinâmico opera de maneira semelhante a um alto-falante (Martino e Harri, 2019), isto é, uma bobina percorrida por corrente elétrica se movimenta dentro de um campo magnético, convertendo energia elétrica em energia mecânica e vice-versa.

A Figura 2(a) ilustra a construção típica de um *shaker* eletrodinâmico, que é basicamente composta por uma mesa vibratória, ou seja, uma plataforma na qual a peça de teste é montada, acoplada a uma bobina móvel inserida em um entreferro magnético, normalmente gerado por um ímã permanente e peças polares que concentram o fluxo magnético. A bobina é suportada por elementos de suspensão, como molas ou membranas flexíveis, que a mantêm centrada e permitem seu deslocamento axial, o que também fornece certo amortecimento mecânico. Quando uma corrente elétrica percorre a bobina imersa no campo magnético, é gerada uma força linear, também chamada de eletromagnética,

que movimenta a bobina e a mesa para cima e para baixo. Esse conjunto, formado pela bobina e pela mesa, constitui a parte móvel do *shaker*, enquanto a carcaça externa e o ímã formam a base fixa do sistema.

**Figura 2 – Representação de um *shaker* eletrodinâmico: (a) corte esquemático da construção física, destacando bobina, ímã e estrutura vibratória; (b) modelo mecânico por elementos concentrados, com massas, molas, amortecedores e força eletromagnética; (c) circuito elétrico da bobina, com resistência  $R$ , indutância  $L$  e força contra-eletromotriz  $e_{back}(t)$**



Fonte: adaptada de Machado, Appert e Khalij (2019).

Para fins de estudo, essa estrutura pode ser representada por um modelo de elementos concentrados, conforme a Figura 2(b). Nele, a massa da parte móvel, constituída pelas massas da mesa ( $m_a$ ) e da bobina ( $m_c$ ), é conectada à base do *shaker* por uma mola ( $K_s$ ), representando a rigidez da suspensão, e por um amortecedor ( $C_s$ ), representando as perdas viscoelásticas e os efeitos dissipativos. Trata-se essencialmente de um oscilador massa-mola-amortecedor acionado por uma força externa  $F(t) = k_i \cdot i(t)$ , onde  $k_i$  é uma constante de força que depende do fluxo magnético e das características da bobina e  $i(t)$  é a corrente no instante de tempo  $t$ .

A equação de movimento de um sistema harmônico amortecido, considerando uma massa móvel  $m$  e deslocamento  $x(t)$  em relação à base, pode ser expressa de forma genérica e didaticamente simplificada pela Equação [1], onde  $K$  é a constante de mola,  $C$  é o coeficiente de amortecimento total e  $F(t)$  é a força eletromagnética aplicada pela bobina. A partir dos conceitos de dinâmica



representados na Equação [1], é possível obter as equações completas de movimento do *shaker* eletrodinâmico.

$$mx''(t) + Cx'(t) + Kx(t) = F(t). \quad \text{Eq. [1]}$$

A Figura 2(c) representa o circuito elétrico equivalente da bobina do *shaker*. Nela, tem-se a resistência  $R$  do enrolamento, que provoca queda de tensão  $Ri(t)$  e é proporcional à corrente, e a indutância  $L$ , que gera uma oposição à variação de corrente, com tensão  $L \frac{di(t)}{dt}$ . Além disso, quando a bobina se desloca com velocidade  $x'(t)$ , surge uma tensão induzida  $e_{back}(t) = k_e x'(t)$ , sendo  $k_e$  uma constante de acoplamento eletromecânico, nos terminais da bobina, de polaridade oposta à tensão de entrada. Aplicando a lei das malhas de Kirchhoff ao circuito (Verma, Sivaselvan e Rajasankar, 2019), a equação que rege a corrente no enrolamento, sob uma tensão de alimentação  $e(t)$ , é dada pela Equação [2].

$$L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) + e_{back}(t) = e(t) \Rightarrow Li'(t) + Ri(t) + k_e x'(t) = e(t). \quad \text{Eq. [2]}$$

Do ponto de vista educacional, a partir dos fundamentos apresentados, a exploração dos conceitos de vibração e eletrodinâmica pode proporcionar uma oportunidade de ensino diferenciada. Nesse sentido, constitui-se uma alternativa aos processos de ensino atuais, que são, em geral, segmentados por disciplinas.

Em termos pedagógicos, considerando a aplicação prática dos conceitos, ao envolver estudantes de nível técnico na montagem e experimentação com um *shaker*, promove-se a aprendizagem ativa, conectando a teoria vista em sala, tais como as leis de Newton, as oscilações e o eletromagnetismo, tópicos da Física recorrentes no Ensino Médio, com a aplicação prática em um projeto real. Para discentes de graduação, as Equações [1] e [2] podem ser utilizadas para modelagem matemática e solução numérica, buscando otimizar os melhores parâmetros para a construção de um *shaker* eletrodinâmico, associadas a alguma proposta de metodologia ativa de aprendizagem na Engenharia.



## METODOLOGIA

Os resultados da presente pesquisa decorreram da aplicação de um PE, cadastrado na instituição Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ), *campus* Itaguaí, como "Engenharia em ação: guia de construção de *shaker* eletrodinâmico com estudantes do Ensino Médio". Tal projeto é compreendido como uma iniciativa pedagógica autônoma, desvinculada de uma disciplina específica da grade curricular. Nessa modalidade, a proposta de desenvolvimento curricular pode apresentar menor aderência ao conteúdo formal das disciplinas, configurando-se como uma atividade complementar ou aplicada, voltada ao enriquecimento da formação discente por meio de experiências integradoras, interdisciplinares e práticas. A abordagem adotada se alinha aos estudos de Hassan (2011) e às metodologias de ensino baseadas em projetos.

Considerando a questão norteadora (como construir um *shaker* eletrodinâmico?) e a diversidade de conteúdos envolvidos, constituiu-se uma equipe de docentes colaboradores, um deles sendo o coordenador, para o desenvolvimento do projeto. Participaram quatro docentes – dois com formação em Engenharia Mecânica, um em Matemática (coordenador) e um em Física. Além disso, cinco alunos atuaram como "voluntários" após assinarem termos de compromisso com o projeto. Esses termos, também assinados por responsáveis legais no caso de discentes menores de idade, incluíam as condições de participação e a autorização para uso de imagem para fins acadêmicos, culturais ou de divulgação. Ao todo, participaram do projeto quatro docentes e nove discentes (cinco voluntários e quatro não voluntários).

O projeto foi conduzido basicamente em duas etapas principais e concomitantes. Na primeira etapa, os estudantes foram introduzidos aos conceitos fundamentais por meio de disciplinas integradas. Em Física, foram abordados os conceitos relacionados ao funcionamento do *shaker*, conforme discutidos na seção anterior. Em Matemática, houve enfoque na modelagem e na análise de sistemas, incluindo cálculos de frequência e amortecimento. A Engenharia Mecânica contemplou princípios de *design*, agregação de valor e prototipagem do *shaker*.

A segunda etapa consistiu na realização de atividades práticas, incluindo a elaboração de tarefas e apresentações. Essas atividades foram fundamentadas em estudos de Efrom (2019), Ferreira (2017) e Moreno (2021), que discutem conceitos e protótipos de *shakers* eletrodinâmicos. A integração desses estudos permitiu que os alunos aplicassem os conceitos teóricos em contextos práticos e



em equipe, culminando na última fase de execução do projeto, que envolveu o uso de ferramenta de gestão visual, o *Product Canvas* do *shaker* eletrodinâmico.

A avaliação dos alunos se deu com estratégias de autoavaliação e avaliação por pares, conforme sugerido por Ndoye (2017). Essa abordagem promove o desenvolvimento metacognitivo e colaborativo dos estudantes, incentivando a reflexão crítica e a revisão contínua dos trabalhos (Bell, 2010), os quais culminaram na produção de pôsteres e apresentações dos resultados obtidos.

Quanto aos resultados gerais, realizou-se uma reflexão sobre o processo de ensino, apoiada no conceito de Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) (Abell, 2008; Fernandez, 2015). Observou-se como o corpo docente organizou o ensino de forma integrada, selecionando conteúdos pertinentes; se houve promoção da interdisciplinaridade; como as estratégias avaliativas centradas no estudante, como a autoavaliação e a avaliação por pares beneficiaram os estudantes no projeto.

Os resultados gerados pelos estudantes foram analisados de forma qualitativa, por meio de uma Análise de Conteúdo (AC) (Bardin, 2015; Mendes e Miskulin, 2017; Valle e Ferreira, 2025). O *corpus* foi composto pelas produções escritas dos estudantes, registros das tarefas, pelo *Product Canvas* elaborado em grupo e por observações das apresentações em evento científico.

As categorias analíticas foram definidas de forma indutiva, a partir da leitura inicial do *corpus*, resultando em três dimensões: aprendizagem conceitual, interdisciplinaridade e desenvolvimento técnico. Como unidades de análise, foram considerados trechos das produções, elementos do *Product Canvas* e evidências observadas nas apresentações.

A análise seguiu três etapas: (1) pré-análise, com organização do *corpus* e leitura inicial; (2) exploração do material, por meio de codificação temática, na qual os dados foram classificados nas categorias definidas; e (3) interpretação, com identificação de indícios de compreensão teórica, articulação interdisciplinar e aplicação prática.

Por se tratar de um estudo qualitativo, a análise se reservou à interpretação dos significados no contexto do projeto, sem quantificação das ocorrências. Como limitação, destaca-se a ausência de triangulação com outros instrumentos sistemáticos de coleta.



## APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Um dos principais resultados observados durante a fase de exposição dos conteúdos teóricos foi a identificação da necessidade de adaptação didática dos conceitos de vibrações mecânicas, considerando as diferenças entre a formação no Ensino Técnico e no Ensino Superior. Essa distinção, apresentada na Tabela 1, reflete uma possibilidade de verticalização do ensino de vibrações. No Ensino de Engenharia, o enfoque está na modelagem matemática, nas transformadas e na análise de sistemas dinâmicos (Brasil, 2019). Por outro lado, no ensino técnico, busca-se a aplicação prática, como os ensaios mecânicos, o uso de sensores (acelerômetros) e a interpretação de espectros de vibração para diagnóstico de falhas (Brasil, 2016; Brasil, 2021).

As distinções observadas na Tabela 1 não são apenas curriculares, mas didático-pedagógicas, exigindo do professor a capacidade de transformar conteúdos complexos em representações acessíveis, adequadas ao contexto e ao público-alvo. Essa prática se alinha ao conceito de PCK como um saber situado, reflexivo e transformador, conforme discutido por Fernandez (2015) ao apontar que o conhecimento pedagógico do conteúdo se constitui na mediação entre o saber técnico e a prática pedagógica.

Para a presente pesquisa, a seleção de tópicos sobre funcionamento do *shaker* eletrodinâmico, como ressonância, força eletromotriz e resposta dinâmica, tal como apresentado na subseção de modelagem e fundamentos de funcionamento, precisou ser adaptada para favorecer a compreensão e a aplicação pelos estudantes do Ensino Médio Técnico.

A análise da atuação docente no projeto revelou uma prática coerente com os princípios do PCK conforme os fundamentos teóricos discutidos por Abell (2008). Observou-se uma organização didática que combinou o conteúdo técnico com estratégias pedagógicas centradas no estudante, tais como a autoavaliação e a avaliação por pares, possibilitando a metacognição e a aprendizagem significativa. Essa articulação foi possível por meio de uma abordagem interdisciplinar entre Física, Matemática e Engenharia, em que os docentes atuaram como mediadores da aprendizagem, transformando conceitos de difícil abstração, tais como frequência natural, rigidez e amortecimento, em atividades concretas, vinculadas ao funcionamento e à construção de um *shaker*.



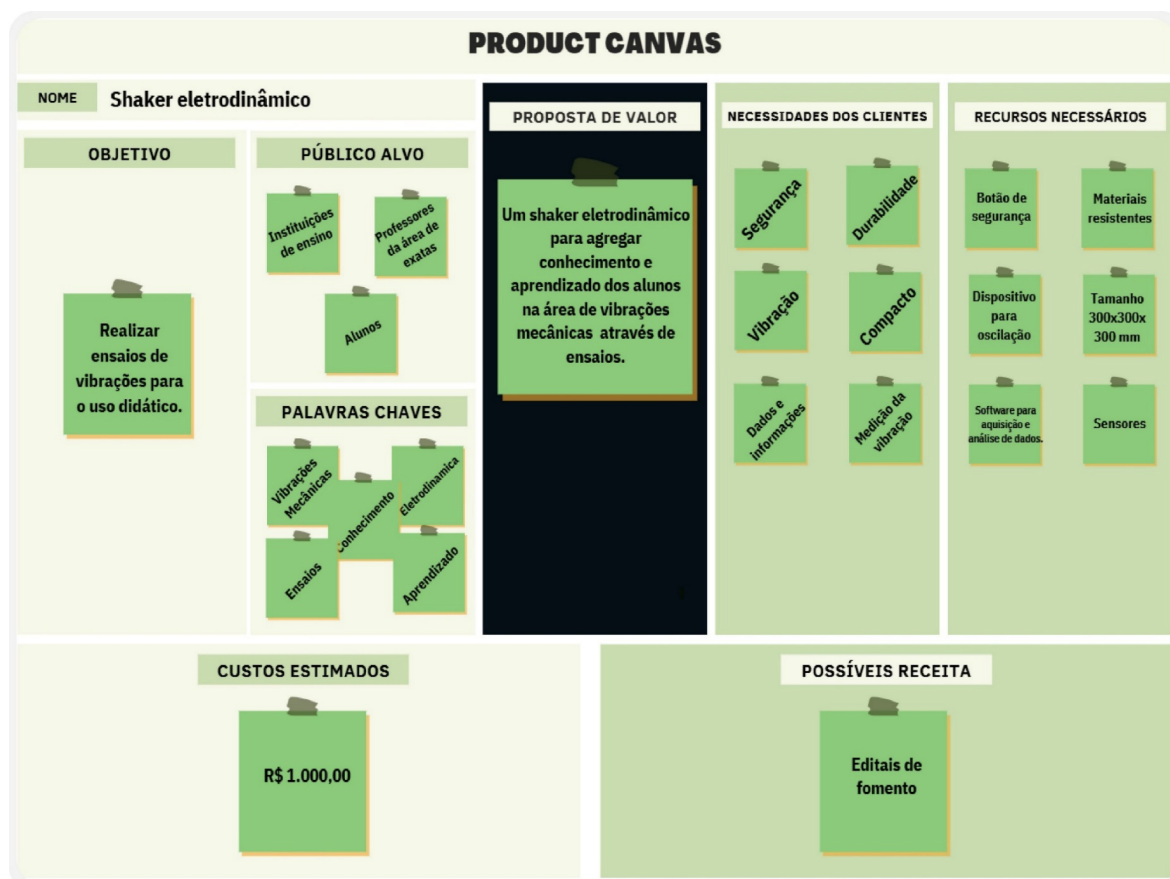
**Tabela 1 – Proposta de diferenças na abordagem no ensino de vibrações para curso de Engenharia versus Ensino Técnico**

Aspecto	Ensino de Engenharia (Bacharel)	Ensino Técnico (Ensino Médio)
<b>Objetivo principal</b>	Entender o fenômeno físico em sua totalidade, ser capaz de modelar matematicamente sistemas vibratórios e desenvolver novas técnicas de análise.	Utilizar a análise de vibração como uma ferramenta para diagnosticar problemas em máquinas e implementar programas de manutenção preditiva.
<b>Foco do conteúdo</b>	Estudo abrangente de equações diferenciais, dinâmica de sistemas, transformadas de Fourier, análise de sinais e a física por trás da vibração.	Foco na aplicação prática; o que é vibração, por que ela é prejudicial para a máquina, como usar os sensores, por exemplo, acelerômetros; como operar o <i>software</i> de coleta e como interpretar os gráficos para identificar falhas comuns.
<b>Exemplo prático</b>	O estudante de engenharia calcula e projeta um sistema de amortecimento para controlar a vibração em um motor.	O estudante técnico aprende a identificar, por meio de gráficos, o espectro de vibração como a assinatura característica de um rolamento defeituoso, um eixo desbalanceado ou um desalinhamento.
<b>Resultado Esperado</b>	Um profissional capaz de projetar, criar e inovar.	Um profissional capaz de operar, diagnosticar e manter.

Fonte: elaborada pelos autores.

No PE, objeto de pesquisa do presente artigo, a abordagem não se limitou à transmissão de conceitos, mas se ajustou como um processo de elaboração coletiva de saberes, com base em contextos reais e funcionais. Durante o desenrolar do projeto, os alunos conseguiram produzir o *Product Canvas* (Figura 3) e pôsteres que resultaram em premiação em uma feira acadêmica. A prática adotada confirma que o PCK não é um conhecimento isolado, mas a intersecção entre o que se ensina, como se ensina e para quem se ensina, sendo uma estratégia em projetos que buscam integrar teoria e prática na formação técnica.

Figura 3 – *Product Canvas* elaborado pelos participantes do Projeto de Ensino sobre a construção de um *shaker* eletrodinâmico



Fonte: acervo dos autores.

### Análise de conteúdo gerado pelos discentes

A Análise de Conteúdo (AC) é um método que valoriza o contexto e o sentido das mensagens, sendo adequado para a análise de discursos, documentos e práticas pedagógicas (Mendes e Miskulin, 2017). Na análise preliminar, definiu-se o *corpus* de análise contendo as produções escritas e os registros do projeto, que incluíram as tarefas desenvolvidas pelos estudantes, um *Product Canvas* elaborado em grupo (Figura 3) e as observações da apresentação do projeto na Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão (SEPEX 2024) do Cefet-RJ (Figura 4). Assim, pode-se fazer a discussão de três categorias de análise: aprendizagem conceitual, interdisciplinaridade e desenvolvimento técnico.

A análise da categoria “aprendizagem conceitual” mostrou que os estudantes compreenderam os conceitos de vibrações mecânicas e eletromagnetismo ao aplicar a teoria em contextos práticos durante o projeto. Os registros indicam que



os estudantes definiram o *shaker* como um excitador de vibrações, composto por bobina e ímã, e relacionaram suas aplicações em ensaios industriais, pesquisas científicas e práticas didáticas, reforçando a pertinência do tema. As tarefas propostas envolveram a aplicação de conceitos fundamentais, evidenciando a compreensão de dispositivos eletrodinâmicos e sua relevância didática. Observou-se que essas produções explicitam a importância de utilizar o *shaker* em aula para demonstrar conceitos de vibração e movimento. Os registros analisados indicaram evidências de compreensão e aplicação de conceitos de movimento harmônico, ressonância e princípios de eletromagnetismo. De fato, ao produzirem o *Product Canvas*, os discentes empregaram corretamente a terminologia especializada e os princípios físicos estudados (ver, por exemplo, “Palavras-chave” na Figura 3).

**Figura 4 – Alguns resultados do Projeto de Ensino proposto: (a) participação dos discentes na elaboração do pôster; (b) apresentação do trabalho para o público; e (c) premiação da SEPEX 2024 na categoria de pôsteres.**



Fonte: acervo dos autores.

O PE desenvolvido teve como problema real de engenharia o desenvolvimento de um desenho para a confecção de um *shaker* eletrodinâmico. A interação entre docentes e discentes favoreceu a integração de conhecimentos de Física, Matemática e Engenharia, caracterizando a “interdisciplinaridade” de saberes dessas áreas com técnicas de prototipagem. As produções dos discentes



evidenciam que o *Product Canvas* possibilitou a definição do objetivo do produto, do público-alvo, dos requisitos de segurança, da durabilidade e da precisão, além dos recursos necessários (sensores, materiais e *software*), favorecendo a colaboração e o planejamento em equipe. Observou-se que o processo de discussão coletiva permitiu alinhar as necessidades dos usuários com as funcionalidades técnicas. Essa articulação é evidenciada na Figura 3, na qual os estudantes relacionam princípios científicos com considerações de *design* de produto e necessidades de usuários, incluindo testes de segurança e geração de dados para confiabilidade.

Por fim, os resultados na categoria “desenvolvimento técnico” indicaram a aquisição e a aplicação de competências práticas importantes de engenharia ao longo do projeto. Os estudantes foram desafiados a conceber e a detalhar um protótipo funcional de *shaker* eletrodinâmico, selecionando materiais adequados, compreendendo o funcionamento de componentes (ímã, bobina, sensores, fonte de sinal), estimando parâmetros de projeto e planejando etapas de construção. Os registros indicam que os estudantes identificaram explicitamente componentes como mesa vibratória, base flexível, bobina, ímã, carcaça, borne e manípulo, demonstrando compreensão funcional do sistema. Observou-se ainda a preocupação com dispositivos de coleta e monitoramento de dados para garantir a confiabilidade e a precisão do protótipo. Evidências desse desenvolvimento técnico foram observadas durante a apresentação do projeto, na forma de pôster, na SEPEX 2024, na qual os conceitos de um protótipo educacional de *shaker* e a proposta de produção de guia para construí-lo foram expostos ao público. A qualidade do trabalho e da apresentação foi avaliada externamente (Figura 4) e reconhecida com a premiação no evento, o que reforça a relevância e o rigor técnico-pedagógico alcançado pelo projeto.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados indicam que é possível promover a aprendizagem de conceitos de Engenharia, especialmente relacionados a movimentos vibratórios, por meio de projetos integradores com estudantes do Ensino Técnico em Mecânica. Observa-se, ainda, o potencial de verticalização do ensino nesse contexto, inclusive no Ensino Técnico Integrado ao Ensino Médio. Ademais, a adoção de projetos interdisciplinares com metodologias ativas mostra-se viável e contribui para a formação técnica ao articular teoria e prática.



Como limitações, destaca-se que a análise foi conduzida por meio de Análise de Conteúdo, com categorias definidas *a posteriori*, o que não permitiu o uso de indicadores estruturados de aprendizagem. Além disso, não houve triangulação com outros instrumentos de coleta de dados, o que restringe a generalização dos resultados. Ressalta-se, ainda, que o estudo se concentrou na concepção do *shaker* eletrodinâmico, não contemplando a construção de um protótipo físico.

Como perspectivas futuras, sugere-se a incorporação de instrumentos mais estruturados de avaliação, bem como o desenvolvimento e a validação experimental do protótipo. Destaca-se também o potencial de ampliação com o uso de outras metodologias ativas, como o CBL, e a integração de turmas de diferentes níveis de ensino. De modo geral, o trabalho evidencia a contribuição das metodologias ativas para o Ensino de Engenharia na Educação Técnica.

## REFERÊNCIAS

- ABDELMOULI, W. *et al.* Objectives of current technical education between scientific knowledge and contemporary practices. **International Journal of Education and Learning Research**, v. 4, n. 2, p. 128-144, 2021.
- ABELL, S. K. Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 10, p. 1405-1416, 2008.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BELL, S. Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. **The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas**, v. 83, n. 2, p. 39-43, 2010.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Catálogo nacional de cursos técnicos**. 3. ed. Brasília: MEC, 2016. Disponível em: [https://www.gov.br/mec/pt-br/media/aceso\\_informacao/pdf-arq/cnct\\_3a\\_edicao.pdf](https://www.gov.br/mec/pt-br/media/aceso_informacao/pdf-arq/cnct_3a_edicao.pdf). Acesso em: 8 ago. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Engenharia. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 80, p. 43-44, 26 abr. 2019.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. **Resolução CNE/CP nº 1, de 5 de janeiro de 2021**. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais gerais para a Educação Profissional e Tecnológica. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 3, p. 19-23, 6 jan. 2021.
- CARVALHO, A. C. B. D.; PORTO, A. J. V.; BELHOT, R. V. Aprendizagem significativa no Ensino de Engenharia. **Production**, v. 11, n. 1, p. 81-90, 2001.
- DE MAMAN, A. S. *et al.* Manifestações de pensamento metacognitivo em estudantes de engenharia: Análise de uma intervenção didática no ensino de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, n. 3, p. 69, 2021.



- DO, H. T.; PHAM, H. T. Program learning outcomes of students in Bachelor of Science and engineering degrees: A systematic review. **International Journal of Learning, Teaching and Educational Research**, v. 24, n. 3, p. 383-406, 2025.
- DOULUGERI, K. *et al.* Challenge-based learning implementation in engineering education: A systematic literature review. **Journal of Engineering Education**, v. 113, n. 4, p. 1076-1106, 2024.
- EFROM, T. C. S. **Projeto de um vibrador eletrodinâmico (shaker) portátil para aplicações didáticas**. TCC. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.
- FERNANDEZ, C. Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. 2, p. 500-528, 2015.
- FERREIRA, T. M. **Análise do comportamento vibratório da membrana de um shaker eletrodinâmico**. Guarapuava: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 7 dez. 2017.
- HASSAN, O. A. B. Learning theories and assessment methodologies – an engineering educational perspective. **European Journal of Engineering Education**, v. 36, n. 4, p. 327-339, 2011.
- LI, J.; LIANG, W. Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis. **PLoS ONE**, v. 19, n. 12, 2024.
- MACHADO, M. R.; APPERT, A.; KHALIJ, L. Spectral formulated modelling of an electrodynamic shaker. **Mechanics Research Communications**. V. 97, p. 70-78, 2019.
- MARTINO, J.; HARRI, K. Virtual shaker modeling and simulation, parameters estimation of a high damped electrodynamic shaker. **International Journal of Mechanical Sciences**, v. 151, p. 375-384, 2019.
- MENDES, R. M.; MISKULIN, R. G. S. A análise de conteúdo como uma metodologia. **Cadernos de Pesquisa**, v. 47, n. 165, p. 1044-1066, 2017.
- MORENO, L. F. **Protótipo de mesa vibratória translacional para regime de baixas frequências**. Dissertação. Brasília: Universidade de Brasília, 2021.
- NDOYE, A. Peer/self assessment and student learning. **International Journal of Teaching and Learning in Higher Education**, v. 29, n. 2, p. 255-269, 2017.
- NEGAHBAN, A. Simulation in engineering education: The transition from physical experimentation to digital immersive simulated environments. **Simulation**, v. 100, n. 7, p. 695-708, 2024.
- PICHLER, R. **The Product Canvas**. [Blog]. 16 jul. 2012. Disponível em: [romanpichler.com/blog/the-product-canvas](http://romanpichler.com/blog/the-product-canvas). Acesso em: 7 out. 2024.
- POLICENA, M. R. Análise da verticalização no ensino de engenharia no Instituto Federal Sul-rio-grandense - campus Passo Fundo. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, v. 2, n. 24, p. e15536, 2024.
- REIS, A.; ALVES, A.; WENDLAND, E. C. Metodologias ativas no Ensino Superior: um mapeamento sistemático no contexto dos cursos de Engenharia. **Educação em Revista**, v. 39, 2023.
- REIS, V.; SANTOS BAPTISTA, J.; DUARTE, J. Immersive tools in engineering education: A systematic review. **Applied Sciences**, v. 15, n. 11, p. 6339, 2025.
- SALES, P. E. N.; HEIJMANS, R. D.; SILVA, C. E. G. Análise multinível da transição estudantil do curso técnico para o ensino superior. **Estudos em Avaliação Educacional**, n. x, p. 1, 2017.



- SEIFERT, T.; FELIKS, O. Online self-assessment and peer-assessment as a tool to enhance student-teachers' assessment skills. **Assessment & Evaluation in Higher Education**, v. 44, n. 2, p. 169-185, 2019.
- SILVA, M. O. *et al.* Exploring oscillatory motions with descriptive statistics: An educational approach through experimentation. **EduSer**, v. 2, n. 16, p. e202417, 2024.
- TOPPING, K. J. Peer assessment. **Theory Into Practice**, v. 48, n. 1, p. 20-27, 2009.
- VALENÇA, A. K. A. Metodologias ativas no ensino de engenharia: uma revisão bibliométrica. **Revista Produção Online**, v. 23, n. 2, p. 4982, 22 nov. 2023.
- VALLE, P. R. D.; FERREIRA, J. L. Análise de conteúdo na perspectiva de Bardin: Contribuições e limitações para a pesquisa qualitativa em educação. **Educação em Revista**, v. 41, 2025.
- VERMA, M.; SIVASELVAN, M. V.; RAJASANKAR, J. Real-time hybrid simulation using an electromagnetic shaker. **Proceedings...** Recent Advances in Structural Engineering. Lecture Notes in Civil Engineering, v. 12, vol. 2 — Select Proceedings of SEC 2016. Singapore: Springer, 2019. p. 119-128.