



DA MODELAGEM À CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE TAMBOR MAGNÉTICO, UMA FERRAMENTA EDUCACIONAL.

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6043

Autores: UMA FERRAMENTA EDUCACIONAL.,WAGNER GUSTAVO SOUZA GUIMARÃES,ROSELENE FERNANDES RODRIGUES,HELOISA NEVES DE SOUZA

Resumo: O presente trabalho aborda a relevância dos laboratórios práticos na educação em engenharia e ciências da terra, com foco no desenvolvimento de um tambor magnético a seco de baixa intensidade, visando a separação de materiais mediante sua suscetibilidade magnética. A partir da literatura, buscou-se criar um protótipo de um tambor magnético por intermédio do software 3ds Max. O projeto visa proporcionar uma experiência de aprendizado prática e interativa, permitindo compreender o comportamento de materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos. O separador magnético, amplamente utilizado na indústria mineral, por sua vez, é um exemplo prático da aplicação desses conceitos. Este estudo não apenas reforça a importância da aprendizagem prática na educação técnico-científica, mas também demonstra a aplicação direta de conceitos teóricos em situações reais da indústria mineral.

Palavras-chave: Separação magnética,protótipo,ensino

DA MODELAGEM À CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE TAMBOR MAGNÉTICO, UMA FERRAMENTA EDUCACIONAL.

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios dos cursos de engenharia é a formação de profissionais aptos a enfrentar os desafios do mercado de trabalho, visto que o ambiente corporativo está em uma constante transformação. Neste viés, o ensino com métodos de aprendizagem ativa mostra-se como uma alternativa inovadora cada vez mais necessária para quebrar os paradigmas do ensino tradicional, onde as aulas ministradas são, geralmente, cansativas e passivas (VALENÇA, 2023).

Com os métodos de aprendizagem ativa os discentes são capazes de desenvolver um pensamento crítico aguçado promovendo a interação e a colaboração, facilitando assim, a resolução de problemas e aplicação de conceitos ora meramente vistos na teoria de forma prática. Esse método de ensino tem como objetivo engajar os discentes das engenharias a serem protagonistas e executores do seu próprio processo de ensino-aprendizado, além de prepará-los para uma imersão no mercado de trabalho (VALENÇA, 2023).

Este artigo se concentra no desenvolvimento de um protótipo de tambor magnético a seco de baixa intensidade, visando à separação magnética. Este projeto foi desenvolvido no âmbito da disciplina Processamento de Minerais II, componente obrigatório do curso de Engenharia de Minas da Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Essa referida disciplina tem como foco os diferentes processos de concentração de minérios e remoção de rejeitos e contaminantes. A proposta de projeto construtivo foi uma avaliação parcial da disciplina, com três fases bem delineadas: planejamento, modelagem e construção. Desta forma, o projeto reforçou habilidades transversais das engenharias como trabalho em equipe, organização e comunicação científica, alinhando-se aos objetivos formativos da matriz curricular do curso.

O desenvolvimento de protótipos para aulas práticas desempenha um papel fundamental na educação, especialmente em campos técnicos e científicos. Esta abordagem prática oferece múltiplos benefícios, como desenvolver habilidades de modelagem, construção, teste, e solução de problemas intrínsecos das engenharias. Ao passo que solucionar problemas é uma competência altamente valorizada no atual mercado de trabalho. Por conseguinte, a montagem do protótipo também corrobora com o desenvolvimento das expertises de colaboração e gerenciamento de conflitos.

A experiência prática proporcionada pelo desenvolvimento do protótipo, ensaios e apresentação enriquece significativamente o entendimento teórico sobre a separação magnética e as propriedades dos diferentes tipos de materiais.

A teoria e a prática são dimensões basilares na formação humana integral dos sujeitos, a indissociabilidade dessas duas propostas consiste em um importante passo para que a formação profissional proporcione conhecimentos técnicos e teóricos, que junto com a análise crítica da realidade, desenvolvem a problematização das relações sociais, políticas e econômicas em que o sujeito trabalhador está inserido, preparando-o para além da ação do fazer profissional, como também uma maior compreensão e transformação das relações no mundo do trabalho (MORAES, et al, pág. 113, 2017).

O separador magnético de tambor é uma das formas mais comuns e amplamente utilizada para a separação magnética na indústria de processamento mineral. Este equipamento é especialmente projetado com o intuito de separar materiais ferromagnético (com forte atração) de materiais fracamente atraídos (paramagnéticos) e/ou diamagnéticos, ou seja, que não possuem susceptibilidade magnética (MENDES *et al.*, 2021).

A consolidação e construção do protótipo tem como objetivo, portanto, entender o comportamento dos materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos quando submetidos a um tambor magnético a seco de baixa intensidade. O projeto proporciona uma experiência de aprendizado prática/interativa, auxiliando na formação de novos profissionais que entendam o funcionamento mecânico de equipamentos de concentração mineral.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os princípios associados aos materiais magnéticos sempre foram investigados pela comunidade científica e industrial. O interesse se dá devido ao magnetismo está ligado com os conceitos da mecânica quântica e eletromagnetismo, além de ser um fator importante para a desencadeamento de inovações tecnológicas (SOUZA, 2010).

A história do magnetismo iniciou-se com a magnetita. Esse mineral foi observado inicialmente pelo filósofo grego Tales de Mileto que viveu no século VI a.c. Ele conhecia algumas das propriedades magnéticas do mineral, além de observar a eletrização estática do âmbar que poderia ser verificada ao esfregá-lo ao pedaço de lã, onde atraíam pequenos objetos. Já a separação magnética provavelmente teve sua primeira observação em 1792 onde Fularton citou a concentração de minério de ferro (VENKATRAMAM, et al, 2003).

A separação magnética é um método empregado para separar e concentrar materiais com propriedades e respostas distintas ao campo magnético. Desta forma, os materiais são classificados em três tipos. Enquanto os materiais ferromagnéticos e paramagnéticos possuem atração pelo campo magnético, os materiais diamagnéticos são repelidos. Esta característica é denominada de suscetibilidade magnética. A separação magnética é largamente utilizada no setor mineral no que se refere ao beneficiamento e tratamento de minério, principalmente aplicada ao minério de ferro (LUZ, et al, 2010).

De acordo com a classificação, Crisóstomo, 2015 explana acerca das características dos materiais após serem submetidos ao campo magnético, como se observa a seguir:

Nos materiais ferromagnéticos os dipolos elementares são permanentes e, aparentemente, se alinham na direção de um campo magnético aplicado, resultando elevados níveis de magnetização, sendo assim atraídos fortemente pelo campo magnético. O exemplo mais comum é a magnetita. Nos materiais paramagnéticos os dipolos elementares são permanentes e, na presença de um campo magnético, tendem a se alinhar com o mesmo, mas o alinhamento perfeito é impedido pelo movimento térmico (...) O exemplo mais comum é a hematita. Nos materiais diamagnéticos os dipolos elementares não são permanentes. Se um campo magnético é aplicado, os elétrons formam dipolos opostos ao campo atuante. Assim, o material sofre uma repulsão. Mas é um efeito muito fraco. Por sofrerem repulsão, a suscetibilidade magnética desses materiais é negativa, com valores de seu módulo muito baixos. Os exemplos mais comuns são: quartzo, calcita e fluorita (CRISÓSTOMO, pág. 16, 2015).

Em relação aos tipos de separadores magnéticos estes podem ser categorizados de acordo com seu meio carreador (a seco ou a úmido), ainda podendo subdividir-se em separadores de alta e baixa intensidade, sendo esta característica relacionada ao seu campo de indução (CRISÓSTOMO, 2015).

A configuração dos componentes responsáveis pela separação do material influencia no tipo de classificação dos separadores. Sendo assim, os equipamentos podem ser classificados em: separadores de tambor, de rolos induzidos, de correias cruzadas, de carrossel, entre outros (CRISÓSTOMO, 2015).

O separador magnético de tambor é uma das formas mais comumente utilizadas na indústria de processamento mineral. Ele consiste em um tambor rotativo no qual são fixados ímãs permanentes ou eletroímãs. À medida que o tambor gira, o material a ser separado é alimentado e passa sobre o tambor. Os materiais ferromagnéticos são atraídos pelos ímãs e aderem ao tambor até serem removidos da influência magnética, enquanto os materiais não magnéticos caem livremente.

Os progressos alcançados na ciência dos materiais e nas técnicas de fabricação dos modernos equipamentos de separação magnética possibilitaram a geração de campos magnéticos com intensidades significativamente maiores, assim como gradientes mais elevados. Esses desenvolvimentos ampliaram consideravelmente as possibilidades de aplicação da separação magnética no tratamento de minérios (SAMPAIO, et al. 2007).

Além dos avanços tecnológicos, o ambiente de ensino-aprendizagem também se transforma, especialmente com a introdução das metodologias ativas. De acordo com Rocha et al. (2025), essas metodologias, como a aprendizagem baseada em problemas, a sala de aula invertida e o *design thinking*, contribuem para a formação de um ensino superior mais participativo, favorecendo a construção colaborativa do conhecimento e o desenvolvimento de competências práticas e cognitivas. Essas abordagens são especialmente eficientes em cursos que visam integrar teoria e prática, como os dos eixos tecnológicos.

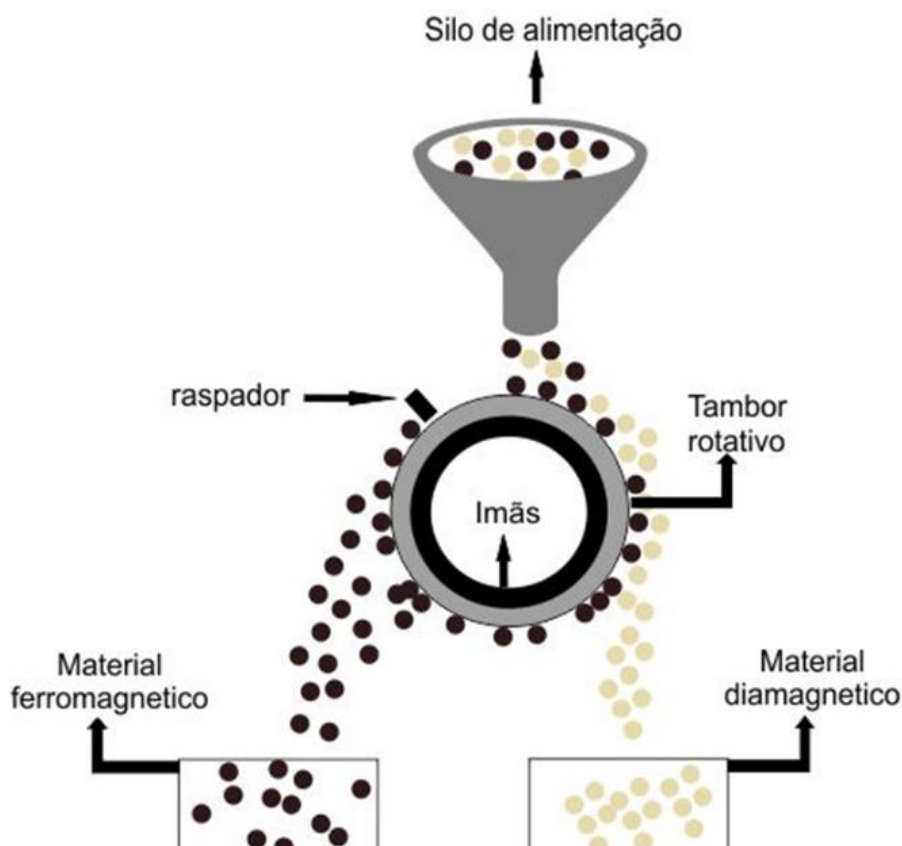
Nesse contexto, Moraes (2025) ressalta que as metodologias ativas, ao transferirem ao aluno um papel central no processo de aprendizagem, contribuem significativamente para o desenvolvimento da autonomia, do pensamento crítico e aumento do engajamento face aos conteúdos abordados. Essas qualidades são vitais para capacitar profissionais a enfrentarem cenários complexos, como fases de operação e otimização de equipamentos de separação magnética no setor mineral.

As metodologias ativas representam um marco fundamental na evolução da educação, promovendo uma integração eficaz entre os pilares pedagógicos clássicos e as inovações tecnológicas contemporâneas. Elas se destacam por conciliar o rigor acadêmico com a satisfação do estudante, além de converter a teoria educacional em práticas aplicáveis. Dessa forma, consolidam-se como estratégias pedagógicas indispensáveis para o futuro da educação superior no Brasil, impulsionando de maneira significativa o avanço do conhecimento científico na área (ARAÚJO, 2025).

3 METODOLOGIA

Para conceber este protótipo, inspiramo-nos em modelos encontrados na literatura que serviram de base. A partir do levantamento bibliográfico, foi elaborado um croqui utilizando o *software CorelDRAW*. A Figura 1 apresenta o croqui proposto sofrendo o efeito de uma possível alimentação. Após passar pelo tambor rotativo de baixa intensidade, o mineral/minério poderá tomar dois caminhos (concentrado ou rejeito) conforme demonstrado a seguir:

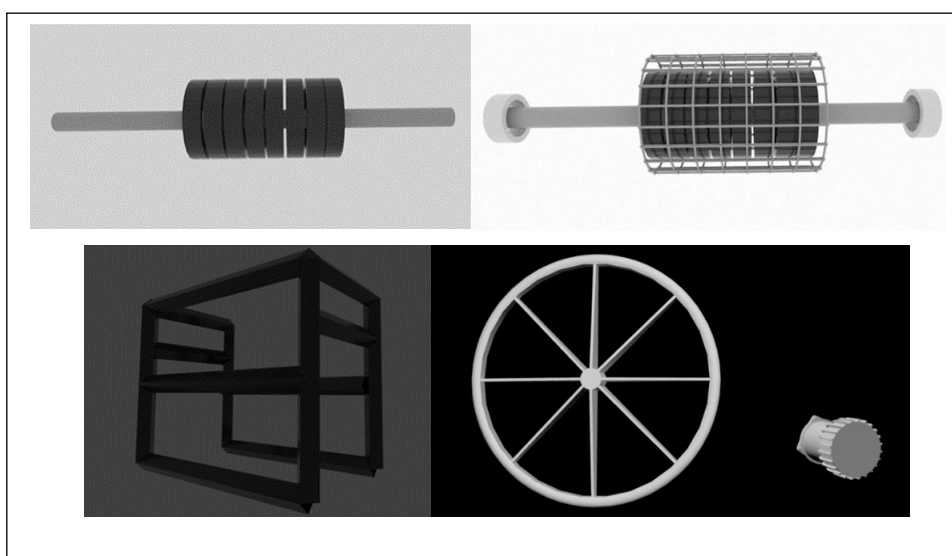
Figura 1 - Croqui de funcionamento do Protótipo.



Fonte: Autores (2025)

Após a realização do croqui, o protótipo foi modelado utilizando o *software 3ds Max* da *Autodesk*. Essa modelagem permitiu o vislumbre do equipamento em 3D, ajudando a identificar problemas e possíveis melhorias antes do início da construção. Além de permitir a definição de parâmetros como a quantidade das peças necessárias e seu respectivo dimensionamento. Nesse viés, a Figura 2 mostra um mosaico das peças do equipamento, como imãs, camiseta de zinco, chapas metálicas e o circuito elétrico.

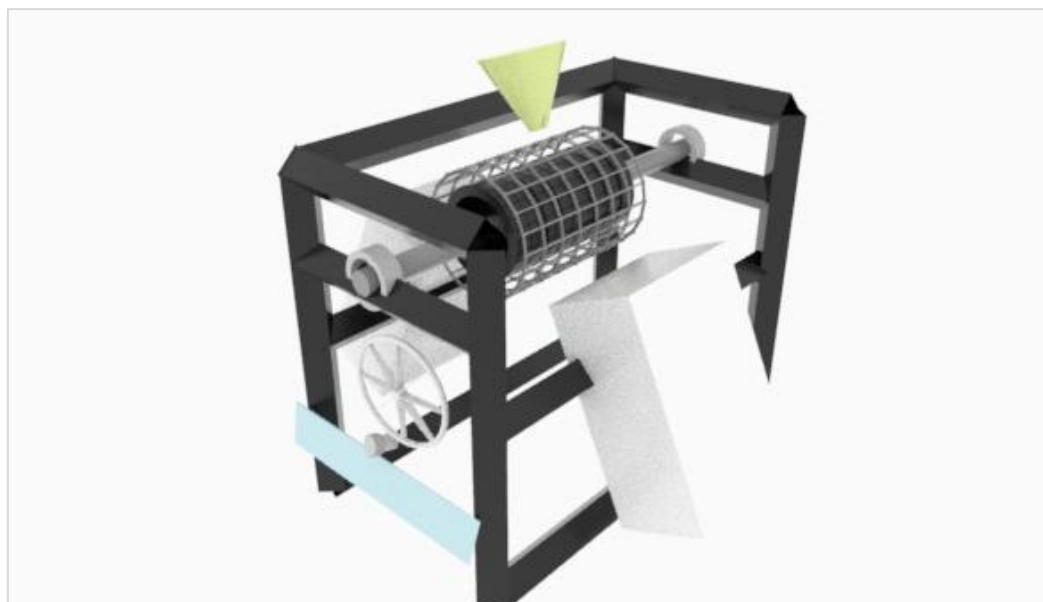
Figura 2 - Mosaico contendo as peças do protótipo.



Fonte: Autores (2025)

Já na Figura 3 pode-se observar o tambor magnético a seco e de baixa intensidade com as peças acopladas e distribuídas no *layout* final que serviu de projeto para a construção da prática do protótipo.

Figura 3 - Projeto do tambor magnético.



Fonte: Autores (2025)

Na parte da execução do equipamento, primeiramente, foi elaborado a estrutura interna do tambor magnético, onde 8 ímãs de ferrite foram fixados em uma barra roscada com o auxílio de porcas e arruelas. Os ímãs obedeceram ao espaçamento de 5 mm. Em seguida, foi feita a camisa do tambor, sendo esta confeccionada a partir de uma chapa de zinco, com formato cilíndrico.

Posteriormente, dois rolamentos foram anexados na barra roscada, e os ímãs foram envoltos pela camisa de zinco, formando a estrutura do tambor rotativo. Em seguida, foi posta a estrutura metálica que comportaria as peças do protótipo.

Para finalizar, foi necessário a construção de um circuito elétrico composto por um motor monofásico de indução de 220v, onde sua velocidade é controlada por um *dimmer*, uma polia e uma roldana com o objetivo de rotacionar a estrutura de cilindro do tambor. Na parte inferior do equipamento ficam os dois silos de deposição – que para fins laboratoriais da disciplina de processamento mineral podem ser potes de sorvete, baldes ou semelhantes. Espera-se que haja 2 (dois) produtos: os que sofrem fortemente atração pelos ímãs (ferromagnéticos) e os que apresentam pouca ou nenhuma suscetibilidade magnética, (paramagnéticos/diamagnéticos), respectivamente.

Na parte funcional, o material é alimentado no topo, através de um silo de alimentação, que direciona o material para a parte superior do tambor rotativo. Este tambor gira e magnetiza as partículas ferromagnéticas, permitindo que interajam com o campo magnético.

As partículas magnetizadas aderem à superfície externa do tambor magnético e são transportadas até que cheguem onde está posicionado um raspador de borracha que tem função de remover as partículas magnetizadas da camisa do tambor, estas cairão no recipiente destinados as partículas ferromagnéticas. Na outra extremidade, à medida que o equipamento é alimentado as partículas diamagnéticas e paramagnéticas, por não sofrerem nenhuma interação, passam pelo campo magnético do tambor livremente e

depositam na caixeta para os materiais de rejeito. Logo após percorrido esse circuito, gerará a separação eficiente do material ora alimentado.

Vale salientar, que a maioria das peças utilizadas para a confecção do protótipo foram materiais reaproveitados, provenientes de sucatas. Os ímãs de ferrite, por exemplo, foram retirados de alto-falantes descartados, enquanto as chapas de metal, os rolamentos e a barra roscada foram obtidos de sucatas. Assim como o circuito elétrico, utilizando um motor de máquina de lavar e o dimmer de ventiladores. Essa abordagem não apenas viabilizou o processo e reduziu os custos, mas também contribuiu para a sustentabilidade, ao dar nova vida a materiais que seriam outrora descartados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O produto resultante foi o protótipo totalmente montado e funcional. Para alcançar esse *status* ao longo da montagem e testes iniciais foram feitas algumas modificações, tais quais: melhor distribuição dos ímãs e o controle da velocidade com a inserção do *dimmer* no circuito elétrico. Portanto, a Figura 4 mostra o equipamento com suas respectivas dimensões.

Figura 4 - Respectivas dimensões do equipamento.



Fonte: Autores (2025)

Para os ensaios iniciais, realizou-se alguns testes sem adicionar material ao protótipo visando checar a funcionalidade deste. Posteriormente, foi realizados testes com amostras de magnetita e quartzo, demonstrando sua eficiência na separação de partículas ferromagnéticas por evidenciar a aplicabilidade da separação, especialmente a concentração do minério de magnetita.

A avaliação do campo mostrou que, embora o equipamento tenha gerado um campo de baixa intensidade (50 G), o uso de magnetita na fração entre 250 μ m e 420 μ m, que gerou um campo da ordem de 15G, possibilitou uma atração suficiente para que a recuperação mássica desse mineral fosse observada, sendo está de 94,13% para magnetita pura e uma recuperação metalúrgica de 85,13% na mistura com quartzo. Esses resultados evidenciam, portanto, a viabilidade do protótipo como ferramenta didática na avaliação de parâmetros de concentração magnética.

No que tange a relevância, aplicabilidade e ampliação, o equipamento foi apresentado, a priori, em uma exposição na Universidade do Estado da Bahia – UNEB, campus VI para os discentes do curso de Engenharia de Minas. Tal prática comprovou que o desenvolvimento de protótipos funcionais no estudo de engenharia, constitui uma importante ferramenta de ensino, pois estimula os alunos a aplicarem os conhecimentos teóricos em situações reais.

Posteriormente, o equipamento foi apresentado no evento intitulado “II simpósio de física”, na Universidade do Estado da Bahia – UNEB, campus VI para alunos da educação básica. Esta experiência, além de emergi-los ao mundo universitário, demonstra que o campo da engenharia pode ser criativo, empolgante e colaborativo.

As Figuras 5 e 6 correspondem, respectivamente, a exposição do equipamento no pátio da Universidade e apresentação do equipamento no “II simpósio de física”.

Figuras 5 e 6 - Exposição do tambor magnético para discentes.



Fonte: Autores (2025)

Do ponto de vista dos discentes da disciplina “Processamento de Minerais II”, a realização deste projeto possibilitou uma experiência formativa significativa. Entre os principais resultados educacionais observados, destacam-se a consolidação do conhecimento teórico sobre separação magnética, o desenvolvimento de competências práticas manuais voltadas à construção de protótipos, além do fortalecimento de habilidades interpessoais e comunicativas, promovidas pelo trabalho em equipe e pela apresentação dos resultados em espaços acadêmicos.

Corroborando com os resultados mencionados anteriormente, Moraes (2025) observa que a aprendizagem baseada em projetos (*Project Based Learning – PBL*) tem se consolidado como uma metodologia ativa relevante no cenário educacional atual. Ao serem desafiados a desenvolver soluções para problemas concretos, os estudantes passam a construir conhecimento de forma mais significativa, integrando teoria e prática

ao longo do processo. Essa abordagem favorece não apenas a compreensão dos conteúdos, mas também a aplicação concreta dos saberes em desafios oriundos do mundo real.

Por fim, a apresentação do protótipo aos demais estudantes favoreceu a percepção, por parte dos autores do projeto, de seu papel como protagonistas no próprio processo de ensino-aprendizagem, promovendo maior autonomia e preparação para o mercado de trabalho. Ao mesmo tempo, os docentes foram motivados a adotar com mais frequência metodologias semelhantes em suas práticas pedagógicas, reconhecendo os benefícios proporcionados por abordagens ativas e participativas.

5 CONCLUSÕES

A experiência prática proporcionada pelo desenvolvimento, testes e apresentação do protótipo enriquece significativamente o entendimento teórico sobre a separação magnética e as propriedades dos diferentes tipos de material. Conclui-se, portanto, que a prática é uma grande aliada da teoria.

Os testes realizados com o protótipo demonstraram sua eficiência na separação de partículas ferromagnéticas, evidenciando a aplicabilidade prática da separação magnética no processamento de minerais, especialmente o minério de ferro. Ajustes técnicos, como a otimização da velocidade de rotação do tambor, mostrou-se fundamental para maior eficácia do processo.

Além do aspecto técnico, o projeto promoveu o desenvolvimento de habilidades práticas cruciais, como montagem, automação, teste e resolução de problemas, além de fomentar a colaboração e a comunicação. Estas habilidades são essenciais para a formação integral de profissionais capacitados, aptos a enfrentar os desafios do mercado.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente ao evento pela oportunidade, a Universidade do Estado da Bahia (UNEB) pelo apoio e incentivo à pesquisa. Aos nossos colegas do curso de engenharia de minas que tanto nos ajudaram na confecção desse protótipo e as demais pessoas que contribuíram direta ou indiretamente com o projeto.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Andréa Feitoza de. et al. **Metodologias ativas no ensino superior: análise multidimensional da percepção estudantil e eficácia pedagógica em contexto brasileiro**. 2025. *Revista Lapeti*, 2(1), 1-18.

CRISÓSTOMO, Rejane Cristina. **A separação magnética de minérios de ferro no Brasil: uma revisão**. 2015. Especialização em Engenharia de Recursos Minerais – Curso Engenharia de Minas. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

LUZ, Adão Benvindo (Ed.); SAMPAIO, João Alves (Ed.); FRANÇA, Silvia Cristina Alves (Ed.). **Tratamento de Minérios** 2010. 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

MENDES, Marcos Vinícius Agapito. et al (2021). **Revisão sistemática: separação magnética no processamento mineral**. *Holos*. 37(4), 1-15.

MORAES, André de Araújo. **Metodologias ativas: uma revisão bibliográfica e perspectivas para a prática da sala de aula.** Revista Caderno Pedagógico, Curitiba, v. 22, n. 5, p.01–25, 2025.

MORAIS, J. de M.; SOUZA, P.; COSTA, T. **A relação teoria e prática: investigando as compreensões de professores que atuam na educação profissional.** Revista Brasileira da Educação Profissional Tecnológica, [S.l.], v. 1, n. 12, p. 111, 2017.

ROCHA, M. S. et al. **Metodologias ativas no ensino superior: transformando a sala de aula.** Revista Aracê, São José dos Pinhais, v.7, n.5, p. 21121-21135, 2025.

SAMPAIO, J. A.(Ed.) ; FRANÇA, S. C. A.(Ed.); BRAGA, P. F. A. (Ed). **Tratamento de minérios: práticas laboratoriais.** Rio de Janeiro: CETEM, 2007.

SOUZA, Daniel Aragão Ribeiro de. **Eletrodeposição e caracterização de camadas magnéticas de magnetita.** Repositório Institucional da UFSC, 2010.

VALENÇA, Antonio Karlos Araújo. **Metodologias ativas no ensino de engenharia: uma revisão bibliométrica.** Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v. 23, n. 2, e-4982, 2023.

VENKATRAMAN, P.; Knoll, F. S. e Lawver, J.E. **Magnetic and electrostatic separation.** In: Principles of Mineral Processing, Eds. Fursteneau, SME Editors, 2003.

FROM MODELING TO THE CONSTRUCTION OF A MAGNETIC DRUM PROTOTYPE, AN EDUCATIONAL TOOL.

Abstract: The present work addresses the relevance of practical laboratories in education in engineering and earth sciences, focusing on the development of a low-intensity dry magnetic drum, transferring the separation of materials through their magnetic susceptibility. Based on the literature, we sought to create a prototype of a magnetic drum using the 3ds Max software. The project aims to provide a practical and interactive learning experience, understanding the behavior of ferromagnetic, paramagnetic and diamagnetic materials. The magnetic separator, widely used in the mineral industry, in turn, is a practical example of the application of these concepts. This study not only reinforces the importance of practical learning in technical-scientific education, but also demonstrates the direct application of theoretical concepts in real situations in the mineral industry.

Keywords: Magnetic separation, Prototype, Teaching.

