



TRANSFORMANDO O ENSINO DA ENGENHARIA APLICAÇÃO DA SALA DE AULA INVERTIDA EM DISCIPLINAS DE MECÂNICA ESTÁTICA E RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5413

Autores: PABLO ALTOé AMORIM

Resumo: Este artigo explora a implementação da metodologia de sala de aula invertida em disciplinas de engenharia, com foco em Mecânica Estática e Resistência dos Materiais. A sala de aula invertida propõe a preparação prévia dos alunos com conteúdos teóricos via vídeos online antes das aulas presenciais, que são então dedicadas a atividades práticas e discussões. Resultados mostraram melhorias no desempenho acadêmico, maior engajamento dos alunos e desenvolvimento de habilidades práticas. Este estudo oferece um guia prático para professores interessados, abordando vantagens, desafios e soluções encontradas.

Palavras-chave: Sala de aula invertida, Engenharia, Metodologias ativas

TRANSFORMANDO O ENSINO DA ENGENHARIA APLICAÇÃO DA SALA DE AULA INVERTIDA EM DISCIPLINAS DE MECÂNICA ESTÁTICA E RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

1 INTRODUÇÃO

No contexto atual da educação em engenharia, onde o desenvolvimento tecnológico e a necessidade de habilidades práticas e teóricas se intensificam, as metodologias ativas de aprendizado têm se destacado como alternativas eficazes para engajar os alunos e melhorar o desempenho acadêmico (Ilgu et al, 2018, v. 49, p. 398). Entre essas metodologias, a "sala de aula invertida" ou "flipped classroom" tem sido amplamente adotada em diversas áreas níveis de escolaridade, especialmente em disciplinas que envolvem cálculos e matemática (Lo et al, 2017, v. 22, p. 50; Lai e Hwang, 2016, v. 100, p. 126; Honório e Scortegagna, 2017, v. 7, nº 2). Esta metodologia propõe a inversão dos papéis tradicionais de ensino, onde os alunos têm acesso ao conteúdo teórico antes das aulas presenciais, permitindo que o tempo em sala de aula seja dedicado a atividades práticas, resolução de problemas e discussões aprofundadas.

O objetivo deste artigo é apresentar a aplicação da metodologia de sala de aula invertida em disciplinas de engenharia, além de promover um aprendizado mais profundo, as metodologias ativas, como a sala de aula invertida, incentivam o desenvolvimento de habilidades críticas e colaborativas, essenciais para o futuro profissional dos alunos de engenharia. Essas metodologias são especialmente eficazes em disciplinas com alta carga de cálculos complexos, como Mecânica Estática e Resistência dos Materiais, que requerem não apenas a compreensão teórica, mas também a aplicação prática dos conceitos em situações reais. Importante ressaltar que essas disciplinas possuem historicamente um alto índice de reprovação e desistência, o que torna ainda mais relevante a busca por metodologias eficazes de ensino.

O artigo também visa fornecer um guia prático para outros professores, destacando as vantagens e os desafios da implementação desta metodologia, bem como as soluções práticas adotadas para superar tais desafios.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As metodologias ativas de ensino, que incluem práticas como a sala de aula invertida, têm ganhado destaque nas últimas décadas devido à sua capacidade de engajar os alunos de forma mais efetiva no processo de aprendizagem. Diferentemente das abordagens tradicionais, onde o professor é o centro do conhecimento e o aluno um receptor passivo, as metodologias ativas colocam o aluno como protagonista. Essas metodologias envolvem os alunos em atividades que incentivam a análise crítica, a resolução de problemas e a aplicação prática dos conceitos aprendidos. O aprendizado ativo pode ocorrer através de diversas estratégias, incluindo discussões em grupo, estudos de caso, projetos colaborativos e simulações (Ilgu et al, 2018, v. 49, p. 398; Bhat, 2020, v. 172, p. 906).

A sala de aula invertida, ou "flipped classroom", é uma abordagem pedagógica que reconfigura a maneira tradicional de ensinar, transferindo a instrução direta do ambiente de

sala de aula para fora dela. Nesse modelo, os alunos são introduzidos aos conteúdos teóricos através de materiais online, como vídeos e leituras, antes das aulas. O tempo em sala de aula é então dedicado a atividades interativas que reforçam e aplicam esses conhecimentos, como discussões, trabalhos em grupo e resolução de problemas práticos (Kerr, 2015, p. 20; Lin, 2019, v. 95, p. 187).

O conceito de sala de aula invertida foi inicialmente proposto por Walvoord e Anderson em 1998 e ganhou popularidade com as práticas de instrução por pares de Mazur e Crouch em 2001. A partir de então, a metodologia evoluiu e se diversificou, sendo amplamente adotada em diferentes níveis de ensino e disciplinas. Estudos iniciais indicaram significativos ganhos de aprendizagem, especialmente em termos de compreensão conceitual e habilidades de resolução de problemas. Com o advento das tecnologias digitais, a metodologia ganhou ainda mais atenção, facilitando a distribuição de materiais instrucionais e a interação fora da sala de aula (Kerr, 2015, p. 20; Lapitan et al, 2023, v. 43, p. 58).

2.1 Aplicações em Diversas Áreas

A sala de aula invertida tem sido aplicada com sucesso em diversas áreas do conhecimento, desde as ciências exatas e engenharias até as ciências humanas e sociais. Na educação em engenharia, por exemplo, a metodologia tem mostrado ser particularmente eficaz. Estudos indicam que a sala de aula invertida pode beneficiar significativamente a formação de engenheiros, que necessitam de habilidades práticas e colaborativas para resolver problemas complexos do mundo real (Kerr, 2015, p. 20; Ilgu et al, 2018, v. 49, p. 398). Em cursos de desenvolvimento de software, a metodologia tem sido utilizada para promover habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas, fundamentais para a prática profissional (Lin, 2019, v. 95, p. 187).

implementação de uma sala de aula invertida geralmente envolve várias etapas. Primeiro, os alunos acessam conteúdos teóricos fora da sala de aula, frequentemente através de vídeos curtos, leituras ou outros recursos digitais. Durante o tempo de aula, esses conhecimentos são consolidados através de atividades práticas, discussões e projetos colaborativos. Essa abordagem não apenas reforça o aprendizado, mas também facilita uma maior interação entre alunos e professores, além de promover um ambiente de aprendizado mais dinâmico e participativo (Lapitan et al, 2023, v. 43, p. 58; Bhat, 2020, v. 172, p. 906).

Para maximizar os benefícios dessa metodologia, é essencial que os materiais preparatórios sejam de alta qualidade e que as atividades em sala de aula sejam bem planejadas para incentivar a participação ativa dos alunos. Além disso, a integração de sistemas de diagnóstico de aprendizado pode ajudar a identificar as dificuldades dos alunos e ajustar as estratégias de ensino conforme necessário (Lin, 2019, v. 95, p. 187).

Os benefícios da sala de aula invertida incluem maior flexibilidade, melhora na interação professor-aluno, desenvolvimento de habilidades profissionais e maior engajamento dos alunos. No entanto, essa metodologia também apresenta desafios, como a necessidade de um investimento significativo de tempo para a preparação dos materiais e a resistência inicial dos alunos acostumados com métodos tradicionais de ensino. Problemas técnicos e a necessidade de manter os alunos motivados para acompanhar os conteúdos de forma autônoma também são desafios a serem superados (Ilgu et al, 2018, v. 49, p. 398; Lapitan et al, 2023, v. 43, p. 58).

Em conclusão, a sala de aula invertida representa uma abordagem pedagógica inovadora que pode transformar a dinâmica de ensino e aprendizagem, promovendo um ambiente mais interativo e centrado no aluno. Embora existam desafios na implementação, os benefícios potenciais para a educação, especialmente em áreas como a engenharia,

justificam a adoção e a adaptação dessa metodologia em diversos contextos educacionais (Kerr, 2015, p. 20; Ilgu et al, 2018, v. 49, p. 398; Lapitan et al, 2023, v. 43, p. 58; Lin, 2019, v. 95, p. 187; Bhat, 2020, v. 172, p. 906).

3 METODOLOGIA EM SALA DE AULA

3.1 Público Alvo e Diagnóstico Inicial

A metodologia de sala de aula invertida é aplicada a alunos do 3º ao 5º período de cursos de engenharia, especificamente nas disciplinas de Mecânica Estática e Resistências dos Materiais, disciplinas que demandam maior dedicação dos alunos no desenvolvimento de cálculos. Essas disciplinas, conhecidas por seus altos índices de reprovação e desistência, demandam estratégias pedagógicas inovadoras para manter os alunos engajados e melhorar o desempenho acadêmico, por isso, inicialmente é realizado um diagnóstico para identificar as deficiências dos alunos.

As disciplinas de Mecânica Estática e Resistência dos Materiais são fundamentais na formação dos engenheiros, pois envolvem o estudo das forças e seus efeitos em estruturas. Essas disciplinas exigem uma sólida compreensão dos princípios físicos e matemáticos, além de habilidades práticas para resolver problemas complexos que surgem na engenharia civil, mecânica e estrutural.

Este diagnóstico é conduzido na primeira aula por meio de exercícios que abrangem conteúdos de disciplinas pré-requisito, fornecendo uma base sólida para a disciplina atual. As deficiências identificadas são tratadas nas primeiras aulas, com material de estudo específico, já utilizando a abordagem da sala de aula invertida. Além disso, os conceitos são revisados frequentemente durante resolução dos exercícios referentes às disciplinas.

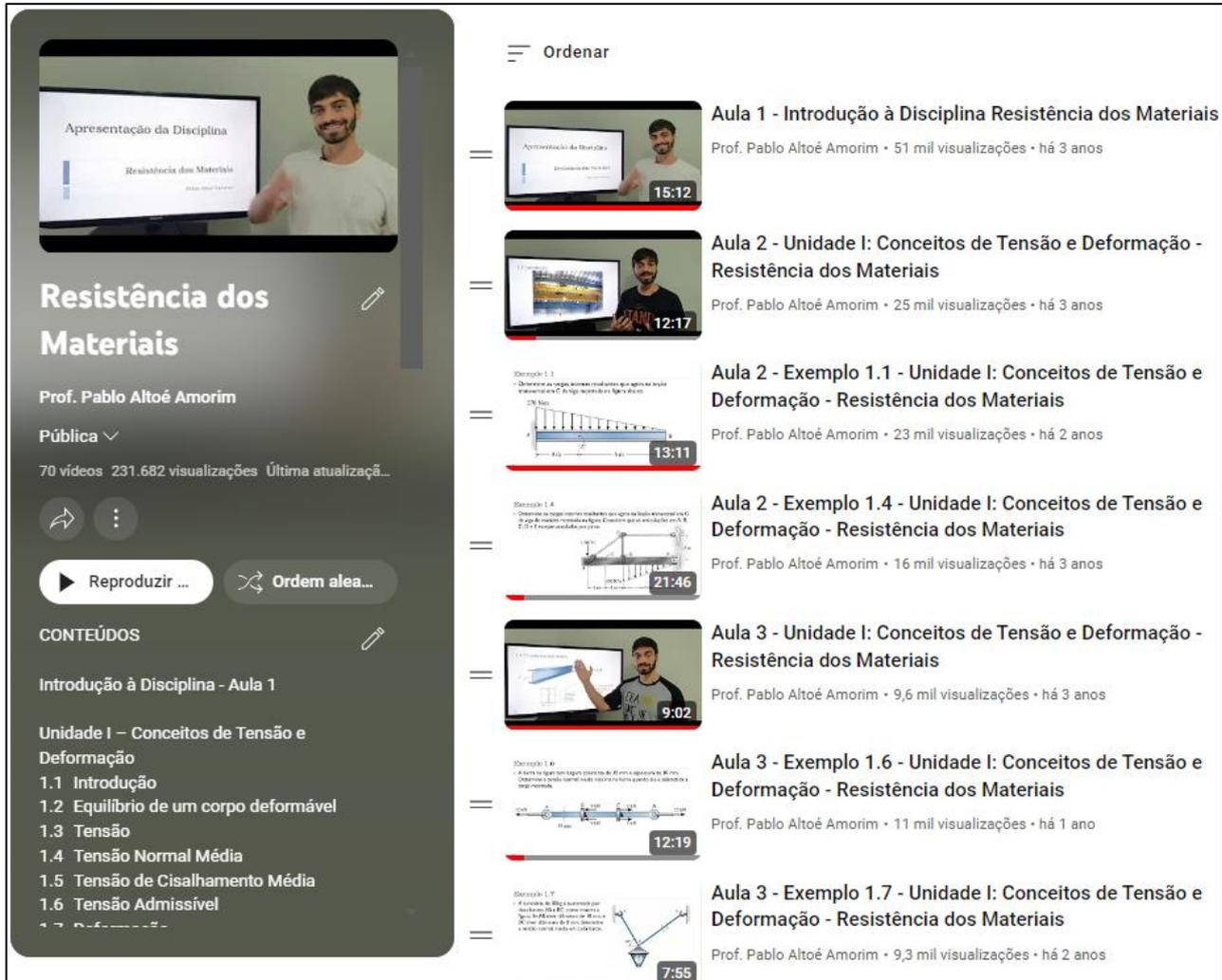
3.2 Implementação da Sala de Aula Invertida

A implementação da sala de aula invertida nas disciplinas envolveu a criação de vídeos instrucionais, disponibilizados em plataformas como o YouTube. Esses vídeos cobrem os conceitos básicos de forma sequencial conforme ementa e desenvolvimento da disciplina (Figura 1). Os alunos são incentivados a assistir aos vídeos antes das aulas presenciais, permitindo que todos cheguem à sala de aula com um conhecimento prévio uniforme.

A criação dos vídeos instrucionais envolveu a utilização de softwares específicos para gravação de tela e edição de vídeos. Os vídeos foram planejados para cobrir cada tópico da disciplina de maneira sequencial e foram avaliados por outros professores para garantir a precisão e clareza do conteúdo. Além disso, foi utilizada a plataforma gratuita do YouTube para organizar e disponibilizar os vídeos de estudo, facilitando o acesso dos alunos. Os demais materiais são disponibilizados e organizados no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA).

Durante as aulas presenciais, o foco está em atividades reflexivas e práticas com um maior nível de dificuldade. Isso inclui a resolução de problemas complexos, discussões técnicas, e a contextualização dos conceitos aprendidos. A aula presencial é dedicada a esclarecer dúvidas, aplicar os conceitos em situações práticas e promover debates aprofundados, otimizando o tempo para a construção do conhecimento.

Figura 1 – Organização da Plataforma YouTube.



Fonte: Autor

3.3 Estrutura do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA)

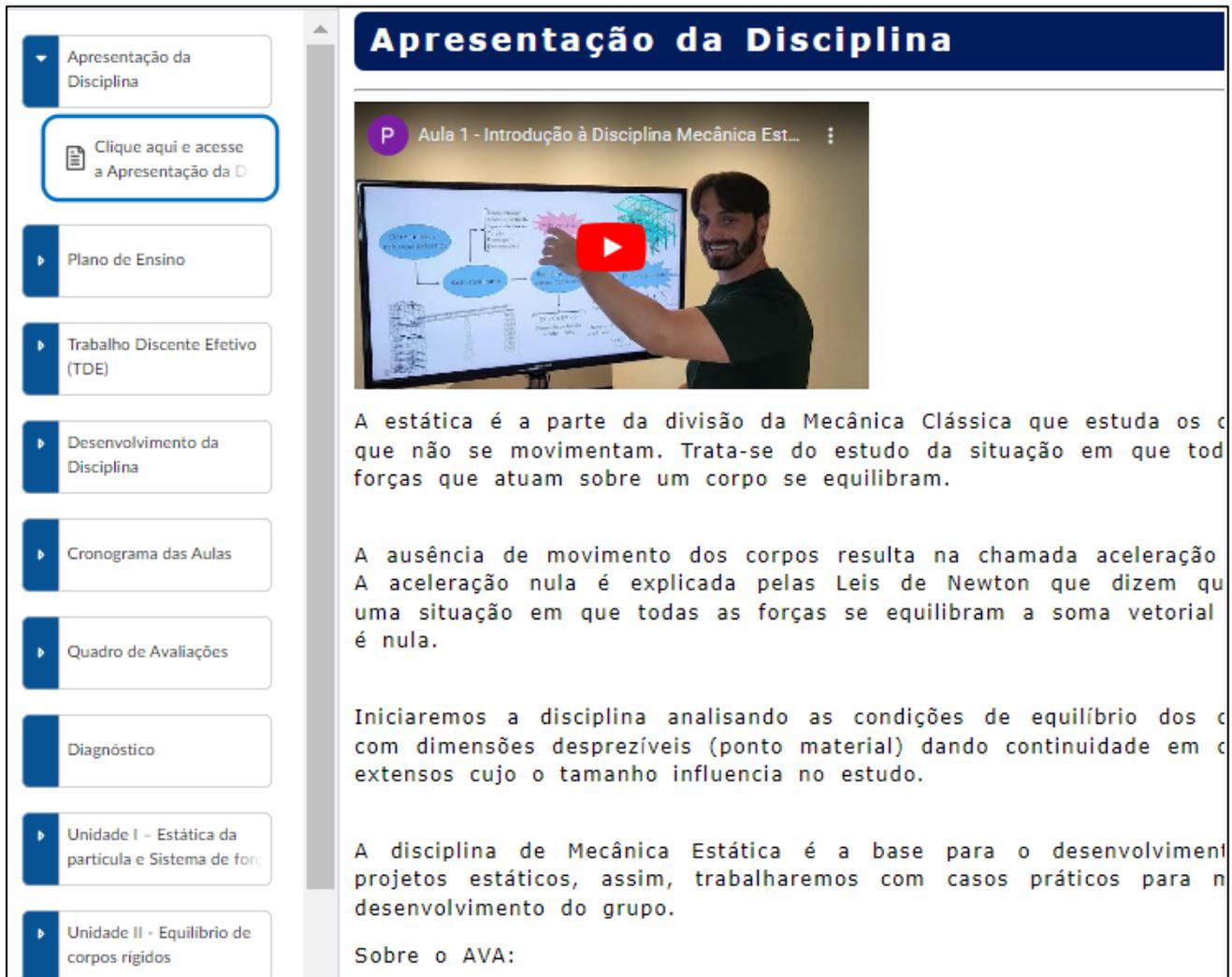
O Ambiente Virtual de aprendizagem (AVA) desempenha um papel crucial na metodologia de sala de aula invertida. No AVA, os seguintes tópicos são organizados de forma clara e direta:

- **Apresentação da Disciplina:** Descritivo e vídeo introdutório explica o AVA e a metodologia de sala de aula invertida.
- **Plano de Ensino:** Disponível para consulta, detalhando os objetivos e a estrutura da disciplina.
- **Desenvolvimento de Aula:** Conteúdos e materiais de apoio para cada aula.
- **Avaliações:** Critérios e cronogramas das avaliações.
- **Cronograma das Aulas:** Listagem dos conteúdos abordados em cada aula presencial.
- **Quadro de Avaliações:** Datas das avaliações, descrição dos objetivos e conteúdo, instrumentos de avaliação e pontuação;
- **Diagnóstico:** Conteúdo utilizado para avaliação da disciplina com gabarito;
- **Conteúdo das Unidades:** Apresentação de cada unidade com materiais complementares como slides, apostilas, exercícios específicos, etc.;

- **Lista de Exercícios:** Exercícios para prática e revisão, muito com links dos vídeos das resoluções.
- **Provas Antigas com Gabaritos:** Disponíveis para estudo e referência.

Na Figura 2, é possível observar o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) organizado conforme descrito para a disciplina de Mecânica Estática.

Figura 2 – Organização do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA).



Apresentação da Disciplina

Clique aqui e acesse a Apresentação da D

Plano de Ensino

Trabalho Discente Efetivo (TDE)

Desenvolvimento da Disciplina

Cronograma das Aulas

Quadro de Avaliações

Diagnóstico

Unidade I – Estática da partícula e Sistema de for

Unidade II - Equilíbrio de corpos rígidos

Apresentação da Disciplina

Aula 1 - Introdução à Disciplina Mecânica Est...

A estática é a parte da divisão da Mecânica Clássica que estuda os c que não se movimentam. Trata-se do estudo da situação em que tod forças que atuam sobre um corpo se equilibram.

A ausência de movimento dos corpos resulta na chamada aceleração A aceleração nula é explicada pelas Leis de Newton que dizem qu uma situação em que todas as forças se equilibram a soma vetorial é nula.

Iniciaremos a disciplina analisando as condições de equilíbrio dos c com dimensões desprezíveis (ponto material) dando continuidade em c extensos cujo o tamanho influencia no estudo.

A disciplina de Mecânica Estática é a base para o desenvolviment projetos estáticos, assim, trabalharemos com casos práticos para n desenvolvimento do grupo.

Sobre o AVA:

Fonte: Autor

Ferramentas adicionais no AVA são utilizadas, como fóruns de discussão para interação entre alunos e professores, questionários automáticos para autoavaliação, e um sistema de mensagens para feedback contínuo. Essas ferramentas permitiram um acompanhamento mais detalhado do progresso dos alunos e uma resposta rápida às suas dúvidas e necessidades.

3.4 Feedback e Revisão de Provas

O feedback das provas é uma parte essencial do processo de aprendizado. As resoluções das provas são apresentadas através de vídeos e gabaritos disponíveis logo após a finalização da prova, permitindo que os alunos revisem seus erros e compreendam

as soluções corretas. Este processo de revisão é integrado à metodologia de sala de aula invertida, onde os erros comuns são mapeados e reforçados nas aulas subsequentes, utilizando exercícios das provas para contextualizar novos conteúdos focando nas deficiências das turmas.

3.5 Apoio da Coordenação

Para a efetiva implementação da sala de aula invertida, o apoio da coordenação é fundamental. Este apoio deve incluir a concordância com a metodologia e a disponibilização de recursos necessários, como equipamentos de gravação e plataformas de compartilhamento de vídeos. A coordenação também deve incentivar a mudança de paradigma quanto a aplicação das metodologias ativas, onde a revisão de conteúdos teóricos durante a resolução de exercícios é priorizada, e promover um ambiente que favoreça a autonomia do aluno no processo de aprendizado.

A coordenação também organizou workshops e treinamentos para os professores envolvidos, abordando técnicas de gravação de vídeo, uso de ferramentas online e estratégias de engajamento dos alunos. Esse suporte contínuo foi fundamental para a adaptação e sucesso da metodologia de sala de aula invertida.

4 RESULTADOS

A aplicação da metodologia de sala de aula invertida nas disciplinas de Mecânica Estática e Resistências dos Materiais apresentou resultados bastante promissores, alinhados com aqueles observados na literatura. Os principais resultados obtidos foram:

1. Melhora no Desempenho Acadêmico:

- Os alunos demonstraram uma compreensão mais profunda dos conceitos teóricos e habilidades aprimoradas na resolução de problemas complexos.

2. Maior Engajamento e Participação:

- Houve um aumento na participação ativa dos alunos durante as aulas presenciais. As atividades interativas, como discussões e trabalhos em grupo, incentivaram os alunos a se envolverem mais profundamente com o conteúdo.

3. Desenvolvimento de Habilidades Práticas:

- A sala de aula invertida, colaborou com o desenvolvimento de habilidades práticas importantes dos alunos, como a capacidade de trabalhar em equipe e resolver problemas de forma colaborativa.

4. Feedback Positivo dos Alunos:

- A maioria dos alunos relatou que a metodologia de sala de aula invertida melhorou sua experiência de aprendizado e facilitou a compreensão dos conceitos difíceis.

5. Aprimoramento Contínuo do Desempenho Acadêmico:

- Foi possível observar uma melhoria contínua nas notas e no desempenho geral dos alunos, especialmente em avaliações que exigem a aplicação prática dos conceitos teóricos.

6. Maior Retenção e Aplicação do Conhecimento:

- Os alunos demonstraram uma maior capacidade de reter e aplicar os conhecimentos adquiridos em contextos práticos, beneficiando-se de um aprendizado mais profundo e duradouro.

7. Índice de reprovação e desistência das disciplinas:

- Além das melhorias no desempenho acadêmico e engajamento, a metodologia de sala de aula invertida contribuiu significativamente para a redução dos índices de reprovação e desistência.

Para avaliar o impacto da metodologia de sala de aula invertida, realizamos entrevistas e questionários com os alunos e professores. Os alunos relataram uma melhor compreensão dos conceitos e maior confiança na aplicação prática dos conhecimentos. Muitos mencionaram que a abordagem mais interativa e prática das aulas presenciais contribuiu significativamente para seu engajamento e desempenho.

O professor também observou uma participação mais ativa dos alunos e uma disposição maior para resolver problemas complexos de forma colaborativa. Além disso, os alunos apreciaram a flexibilidade de aprender o conteúdo teórico no seu próprio ritmo antes das aulas, o que permitiu um uso mais eficaz do tempo em sala de aula para atividades práticas e discussões aprofundadas. A combinação de feedback positivo de alunos e professor sugere que a metodologia de sala de aula invertida tem um impacto significativo na melhoria do desempenho acadêmico e no engajamento dos alunos.

É importante destacar que a realização de uma análise quantitativa comparativa rigorosa foi limitada devido às variáveis envolvidas, como a diferença de idade dos alunos, período de estudo, formação prévia no ensino fundamental e médio, entre outros fatores. Essas variáveis podem influenciar significativamente o desempenho acadêmico e dificultar a comparação direta entre turmas de diferentes anos. Portanto, optou-se por focar em uma análise qualitativa, baseada no feedback direto dos alunos e professor, para capturar de maneira mais precisa os impactos da metodologia de sala de aula invertida.

5 CONCLUSÃO

A metodologia de sala de aula invertida provou ser uma abordagem pedagógica eficaz no ensino de disciplinas de engenharia, promovendo um aprendizado mais ativo e envolvente. A aplicação dessa metodologia nas disciplinas de Mecânica Estática e Resistências dos Materiais resultou em melhorias significativas no desempenho acadêmico dos alunos, maior engajamento e desenvolvimento de habilidades práticas, contribuindo com redução dos índices de reprovação e desistência.

Os desafios enfrentados, como a necessidade de tempo para a preparação de materiais e a resistência inicial dos alunos, foram superados com planejamento cuidadoso e apoio da coordenação. O uso de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) bem estruturado facilitou a distribuição de materiais e a interação fora da sala de aula, contribuindo para o sucesso da implementação.

A robustez da análise baseou-se no feedback qualitativo obtido de alunos, reconhecendo a diversidade dos alunos e as variáveis que podem afetar o aprendizado. Apesar das limitações da análise quantitativa devido às diferenças individuais, os benefícios observados indicam que a metodologia de sala de aula invertida contribui significativamente para um aprendizado mais eficaz e envolvente.

Com base nos resultados obtidos e nas expectativas para o futuro, é evidente que a metodologia de sala de aula invertida tem o potencial de transformar a educação em engenharia como os resultados vêm apresentando, preparando os alunos de maneira mais eficaz para os desafios profissionais futuros. A continuidade e a expansão dessa abordagem podem trazer benefícios duradouros, tanto para os alunos quanto para os educadores, promovendo uma educação mais dinâmica e centrada no aluno.

6 REFERÊNCIAS

BHAT, Sathyendra et al. Redefining Quality in Engineering Education through the Flipped Classroom Model. **Procedia Computer Science**. Volume 172, p. 906-914, 2020.

HONÓRIO, Hugo Luiz Gonzaga; SCORTEGAGNA, Liamara. Flipping the classroom: the process for the implementation of the flipped classroom methodology with elements of collaboration in mathematics teaching. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**. Volume 7, n° 2, maio / agosto 2017.

KERR, Barbara. The flipped classroom in engineering education: A survey of the research. **Proceedings of 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)**. Florence, Italy, 20-24 September 2015.

LAI, Chiu-Lin; HWANG, Gwo-Jen. A self-regulated flipped classroom approach to improving students' learning performance in a mathematics course. **Computers & Education**. Volume 100, p. 126-140, setembro 2016.

LAPITAN, Lorico DS. Jr et al. Design, implementation, and evaluation of an online flipped classroom with collaborative learning model in an undergraduate chemical engineering course. **Education for Chemical Engineers**. Volume 43, p. 58-72, abril 2023.

ILGU, Aliye Karabulut; CHERREZ, Nadia Jaramillo; JAHREN, Charles T.. A systematic review of research on the flipped learning method in engineering education. **British Journal of Educational Technology**. Volume 49, p. 398-411, 2018.

LIN, Yen-Ting. Impacts of a flipped classroom with a smart learning diagnosis system on students' learning performance, perception, and problem solving ability in a software engineering course. **Computers in Human Behavior**. Volume 95, p. 187-196, junho 2019.

LO, Chung Kwan; HEW, Khe Foon; CHEN, Gaowei. Toward a set of design principles for mathematics flipped classrooms: A synthesis of research in mathematics education. **Educational Research Review**. Volume 22, p. 50-73, novembro 2017.

TRANSFORMING ENGINEERING EDUCATION: IMPLEMENTING THE FLIPPED CLASSROOM IN STATICS AND MECHANICS OF MATERIALS DISCIPLINES

Abstract: *This article explores the implementation of the flipped classroom methodology in engineering disciplines, focusing on Statics and Mechanics of Materials. The flipped classroom approach involves students preparing with theoretical content via online videos before face-to-face classes, which are then dedicated to practical activities and discussions. Results have shown improvements in academic performance, increased student engagement, and development of practical skills. This study provides a practical guide for interested educators, addressing advantages, challenges, and solutions encountered.*

Keywords: *Flipped classroom, Engineering, Active learning.*

