PROJETO E FABRICAÇÃO DE UM MOTOR DIDÁTICO COMO PROPOSTA DE PBL

DESIGN AND MANUFACTURING OF A DIDACTIC ENGINE AS A PROJECT-BASED LEARNING (PBL) PROPOSAL

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOTOR DIDÁCTICO COMO PROPUESTA PBL

Douglas Dias de Freitas[1]
Francielly Elizabeth de Castro Silva[2]
Marcelo Francisco Staff [3]

Resumo

A Aprendizagem Baseada em Projetos – do inglês *Project Based Learning* - (PBL) é uma metodologia de ensino ativa que visa o aprendizado dos alunos envolvendo-os em projetos que desenvolvam os temas tratados nas disciplinas. A literatura apresenta casos de sucessos da aplicação do PBL nas áreas de engenharia, medicina, física dentre outras. Na Engenharia Mecânica e de Produção, há diversas máquinas, equipamentos e sistemas que podem ser desenvolvidos a fim de consolidar os conhecimentos adquiridos no curso. Nesse contexto, o motor à combustão interna é uma máquina muito difundida e pode permitir a fixação de vários conhecimentos abordados nesses cursos. Nesse cenário, o objetivo desta pesquisa é o de projetar e fabricar um modelo didático de motor monocilíndrico à combustão e aplicá-lo como um PBL para o desenvolvimento das competências dos alunos ao longo do curso. O termo modelo didático, nesta aplicação, refere-se a um modelo que possa reproduzir os mecanismos de movimento das principais partes do motor, sem a aplicação da transferência de energia química/térmica em energia mecânica (movimento). Logo, seu funcionamento se dá de forma manual. O projeto do motor foi concebido considerando seus principais componentes. Esses foram modelados no *software* CAD Inventor e fabricados em máquinas como torno, fresadora, impressora 3D entre outras máquinas disponíveis na instituição. Como resultado da presente pesquisa, tem-se um protótipo de um modelo didático de motor à combustão monocilíndrico que pode ser utilizado para materializar os conhecimentos adquiridos no curso de Engenharia Mecânica e Produção.

Palavras-chave: PBL; metodologia ativa; modelo didático; motor.

Abstract

Project-Based Learning (PBL) is an active teaching methodology that engages students in projects designed to develop the topics covered in academic disciplines. The literature reports successful applications of PBL in engineering, medicine, physics, and several other fields. In Mechanical and Production Engineering, students can develop a wide range of machines, equipment, and systems to consolidate the knowledge acquired throughout the course. Among these, the internal combustion engine stands out as a widely used machine that helps reinforce several engineering concepts. This research aims to design and manufacture a didactic model of a single-cylinder internal combustion engine and use it as a PBL activity to foster the development of students' competencies throughout the program. In this study, the term "didactic model" refers to a model that reproduces the motion mechanisms of the engine's main components without converting chemical and thermal energy into mechanical energy. Therefore, the model operates manually. The project team designed the engine based on its main components. They modeled the parts using Autodesk Inventor CAD software and manufactured them with lathes, milling machines, 3D printers, and other equipment available at the institution. The project resulted in a functional prototype of a single-cylinder internal combustion engine didactic model that supports the visualization and practical application of concepts taught in Mechanical and Production Engineering courses.

Keywords: Project-Based Learning (PBL); active learning; didactic model; internal combustion engine.

[1] Graduando em Engenharia de Produção no Centro Universitário Internacional - UNINTER. E-mail: douglasdias286@gmail.com
[2] Docente do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Internacional - UNINTER. E-mail: francielly.s@uninter.com
[3] Docente do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Internacional - UNINTER. E-mail: marcelo.st@uninter.com

Resume

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una metodología de enseñanza activa que busca involucrar a los estudiantes en proyectos que desarrollan los temas tratados en las disciplinas. La literatura presenta casos exitosos de aplicación del ABP en áreas como ingeniería, medicina, física, entre otras. En Ingeniería Mecánica y de Producción, existen diversas máquinas, equipos y sistemas que pueden desarrollarse para consolidar los conocimientos adquiridos en el curso. En este contexto, el motor de combustión interna es una máquina ampliamente utilizada que puede permitir la consolidación de diversos conocimientos abordados en estos cursos. En este contexto, el objetivo de esta investigación es diseñar y fabricar un modelo didáctico de un motor de combustión interna monocilíndrico y aplicarlo como ABP para el desarrollo de las competencias de los estudiantes a lo largo del curso. El término "modelo didáctico", en esta aplicación, se refiere a un modelo que puede reproducir los mecanismos de movimiento de las partes principales del motor sin aplicar la conversión de energía química/térmica en energía mecánica (movimiento). Por lo tanto, su operación es manual. El diseño del motor se concibió considerando sus componentes principales. Estos se modelaron en el software CAD Inventor y se fabricaron utilizando máquinas como tornos, fresadoras, impresoras 3D y otras disponibles en la institución. Como resultado de esta investigación, se desarrolló un prototipo de modelo didáctico de un motor de combustión interna monocilíndrico, que permite materializar los conocimientos adquiridos en el curso de Ingeniería Mecánica y de Producción.

Palabras clave: ABP; metodología activa; modelo didáctico; motor.

1 Introdução

O mercado de trabalho requer trabalhadores capacitados para a prática profissional. Nesse sentido, os cursos devem desenvolver uma base teórica e prática para que o futuro profissional tenha o conhecimento e as habilidades necessárias para exercer sua profissão. Esse é um grande desafio das instituições de ensino e requer um alinhamento entre o ensino e as expectativas do mercado.

O ambiente educacional deve ser modelado de forma que possibilite um aprendizado mais completo e robusto, no sentido de trazer um fundamento sólido que permita uma visão holística dos diversos assuntos abordados no curso.

Nos cursos de engenharias há metodologias de ensino que podem facilitar o aprendizado e permitir que o aluno se depare com equipamentos, instrumentos, máquinas, ferramentas, *softwares* e tecnologias presentes no dia a dia desse futuro profissional. Além disso, tais metodologias têm proporcionado situações práticas em que o aluno se depara com cenários mais reais do dia a dia do engenheiro, como desenvolver um projeto/produto desde sua concepção, sua viabilização com um protótipo e sua aplicação com testes que possivelmente demandará ajustes não previstos no projeto inicial.

Nesse cenário, metologias ativas foram desenvolvidas como a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) - do inglês *Project Based Learning* (PBL). Neste texto será utilizada a sigla em inglês, PBL, por ser mais difundida. O PBL cria um ambiente em que o aluno é um aprendiz ativo e que constrói seu conhecimento por meio de experiências (Frank *et al.*, 2003).

Sabendo que os profissionais de engenharia precisam prever as dificuldades e desafios da profissão, o PBL se mostra uma metodologia que pode produzir essa habilidade e senso

crítico para realizar projetos e desenvolver produtos (Rodrigues; Barbosa, 2022). Nesse sentido, o grande desafio desta pesquisa é desenvolver um PBL que produza as competências dos alunos Engenharia Mecânica e de Produção, conforme as atribuições designadas no Artigo 12 do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Resolução nº 218, de 29 de junho de 1973), por meio das práticas propostas nas disciplinas do curso.

O projeto a ser desenvolvido no PBL deve contemplar vários conhecimentos abordados ao longo do curso e deve ser factível conforme as ferramentas e materiais disponíveis no curso. Para tanto, o presente estudo tem como proposta de PBL um modelo didático de motor à combustão, com o objetivo de proporcionar aos alunos de engenharia mecânica e de produção a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos nas disciplinas, como: Desenho Técnico Mecânico, Geometria Analítica, Projeto Assistido por Computador, Usinagem, Metrologia, Mecanismos, Projeto de Componentes Mecânicos, Máquinas Térmicas *etc*. O objetivo principal deste trabalho é conduzir o aluno a desenvolver um projeto desde sua concepção inicial até a montagem e funcionamento dos mecanismos, aplicando de maneira prática os conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

A proposta deste PBL é que ele possa ser implementado ao longo de todo o curso, funcionando como um projeto contínuo. Dessa forma, os alunos, desde as disciplinas iniciais, terão clareza sobre o objetivo final a ser alcançado ao término do curso. Essa abordagem visa promover a construção do conhecimento de maneira prática, resultando em um projeto/produto que favorecerá o aprendizado teórico por meio de atividades práticas. Além disso, permitirá análises críticas sobre seu funcionamento, incentivando melhorias no produto e outras reflexões relevantes.

2 Fundamentação teórica

Uma das dificuldades do ensino tradicional é de criar conexões com os assuntos abordados em sala de aula com a prática profissional. Como uma alternativa ao modelo tradicional de ensino, em que o professor atua exclusivamente como transmissor de conhecimento, sem garantir necessariamente a assimilação e o aprendizado efetivo do aluno, surgiram as metodologias ativas. Essas abordagens colocam o estudante no centro do processo educativo, tornando-o protagonista de seu próprio aprendizado (Prince, 2004).

Além de promover a aquisição de conhecimento técnico oferecido pelas instituições de ensino, essas metodologias destacam a importância de habilidades como convivência, trabalho em equipe, pesquisa e construção de relacionamentos. Assim, estimulam o desenvolvimento de

competências como senso crítico, criatividade, proatividade, organização e gestão (Prince, 2004). Conhecidas como competências transversais, essas habilidades são desenvolvidas por meio de metodologias ativas que consideram as características individuais e as experiências pessoais dos estudantes (Fernandes; Flores; Lima, 2012).

As metodologias ativas de aprendizagem aplicadas aos cursos de engenharia têm como objetivo central fazer com que o estudante desempenhe o papel principal do seu processo formativo, promovendo uma aprendizagem significativa e mais próximas às situações da realidade. Essa abordagem rompe com o modelo tradicional, centrado na transmissão de conteúdos pelos professores, e valoriza estratégias que integram a teoria com a prática, como aprendizagem baseada em problemas (PBL), a metodologia CDIO, estudos de caso, projetos colaborativos, sala de aula invertida, ensino híbrido entre outras.

Nos cursos de engenharia, essas metodologias podem ser potencializadas pelo uso de *softwares*, máquinas e equipamentos empregados no mercado. Dessa forma, é possível introduzir situações reais de trabalho que estimulam a resolução de problemas complexos e o desenvolvimento de competências técnicas. Além disso, favoreçam a interdisciplinaridade e a autonomia do estudante, preparando-o para atuar de forma mais crítica e inovadora diante dos desafios da profissão.

Uma metodologia que visa formar engenheiros mais práticos, integrando conhecimentos teóricos com habilidades de projetos, trabalho em equipe, comunicação e pensamento crítico, é a metodologia CDIO (Conceber, Projetar, Implementar e Operar). Essa metologia foi concebida originalmente no Massachusetts *Institute of Technology* (MIT), nos Estados Unidos, no final da década de 1990. A metodologia CDIO é uma estrutura educacional para a engenharia que se concentra no ciclo de vida real de um produto (Crawley *et al.,* 2007).

Já a metodologia PBL foi desenvolvida por grupo de educadores médicos, notavelmente Howard Barrows e Robyn Tamblyn (Howard; Robyn, 1980), com o principal objetivo de reformar o currículo médico tradicional, que era excessivamente teórico e desmotivador, e substituí-lo por uma abordagem mais prática e interessante e que envolvesse os alunos e os preparasse melhor para a prática clínica real. Essa metologia foi desenvolvida na década de 1960, na Universidade McMaster, no Canadá, e buscava estimular o aprendizado por meio da resolução de problemas da vida real, aliando a teoria e prática. Esse método coloca o estudante como o foco principal do processo de ensino e se destaca pela utilização de projetos autênticos e realistas, baseados em uma questão, tarefa ou problema em um contexto de trabalho cooperativo (Bender, 2014). Outra característica marcante do PBL é a integração interdisciplinar entre conteúdos teóricos e atividades práticas.

O PBL tem sido amplamente aplicado em diversas áreas da ciência. Nas engenharias, há diversos estudos aplicando essa metodologia no desenvolvimento do aprendizado dos alunos. Endo *et al*. (2014) relataram a aplicação do PBL na formação de engenheiros especializados em automação e controle discreto. O PBL foi implementado em uma disciplina tradicional sobre sistemas de eventos discretos e automação com controladores lógicos programáveis (CLP). O projeto proposto aos alunos consistiu no desenvolvimento de uma plataforma de CLP, que serviu como tema principal da aprendizagem. Esse sistema é uma ferramenta voltada para a solução de problemas relacionados à automatização de processos.

Na Engenharia da Computação, Souza *et al*. (2013) apresentaram uma proposta de projeto de laboratório para o ensino de sistemas embarcados, considerando a metodologia PBL. Campos *et al*. (2016) aplicaram o PBL para a criação e compartilhamento do conhecimento, habilidades e competências, aplicados na disciplina Projeto de Desenvolvimento do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Na área de Engenharia Biomédica, Cichaczewski (2023) apresentou princípios fundamentais para a criação de PBLs eficazes, demonstrando como os padrões dessa metodologia podem ser aplicados na concepção, implementação e avaliação de problemas em projetos multidisciplinares. Por meio do envolvimento dos alunos no desenvolvimento de terapias médicas inovadoras e equipamentos que atendam às demandas clínicas, o PBL possibilita aos professores de engenharia biomédica integrar conceitos essenciais de engenharia no contexto de doenças.

Na Engenharia de Produção, Monteiro *et al*. (2012) consideraram o PBL nas disciplinas de Projeto de Sistemas de Produção (PSP) do curso da Universidade de Brasília. A metodologia foi aplicada em 7 PSPs e cada PSP foi vinculado a uma ou mais disciplinas de conteúdo técnico, como por exemplo: Sistemas de Informação, Engenharia Econômica *etc*. A proposta desse currículo é promover aos alunos conhecimentos técnicos, em gestão de projetos e desenvolver as habilidades transversais com a prática de execução de cada projeto.

Barreto *et al*. (2017) aplicaram o PBL no desenvolvimento de liderança aos alunos do primeiro semestre do curso de Engenharia de Produção. Pereira (2018) aplicaram o PBL no desenvolvimento das disciplinas Projeto Integrado de Engenharia de Produção (PIEP) I, II e III, correspondentes ao primeiro, quarto e sétimo semestre do curso de Engenharia de Produção.

O PIEP I tem como objetivo introduzir os alunos em um projeto de engenharia interdisciplinar realizado no próprio campus da universidade. O PIEP II visa permitir que os estudantes desenvolvam projetos específicos propostos por empresas de pequeno e médio porte da região ou pela própria instituição de ensino. Já o PIEP III tem como propósito levar os alunos

para fora do ambiente universitário, desafiando-os a trabalhar em problemas reais em empresas da mesma categoria.

No campo da Engenharia Mecânica, Queiroz e Kratz (2019) relataram a aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos com alunos do primeiro período do curso. A proposta envolveu a integração das disciplinas estudadas nesse período para criar brinquedos inclusivos destinados aos parques infantis voltados para pessoas com necessidades especiais. Entre os projetos desenvolvidos destacaram-se: um balanço duplo adaptado para cadeirantes, um skate inclusivo, uma tirolesa para crianças com mobilidade reduzida e um balanço mecanizado.

Dias (2008) implementou o PBL no curso de Engenharia Mecânica e propôs simular a criação de uma empresa, na qual os estudantes deveriam desenvolver um equipamento agrícola de grande porte. Como resultado, os alunos realizaram e entregaram um expressivo número de atividades, adquirindo não apenas competências técnicas em ferramentas desconhecidas até então, mas também habilidades sociocomportamentais essenciais para o ambiente empresarial. Dias concluiu que a prática do PBL foi bem recebida pelos estudantes e considerada uma abordagem promissora para aplicação em outras disciplinas do curso.

Com o objetivo de desenvolver um PBL aplicável à maioria das disciplinas do curso de Engenharia Mecânica e de Produção, Diniz *et al*. (2021) propuseram o projeto e a construção de um motor de ciclo Otto utilizando a metodologia PBL como ferramenta para o desenvolvimento das competências dos estudantes ao longo do curso. O trabalho incluiu uma revisão de projetos relacionados a motores de ciclo Otto, considerando todos os conceitos físicos necessários para a sua construção. Nesse trabalho identificou-se a dificuldade em projetar e construir um modelo real de motor a combustão.

O ciclo Otto recebeu esse nome em homenagem ao engenheiro alemão Nikolaus Otto, responsável pela invenção do motor em 1876. Trata-se de um ciclo termodinâmico que descreve o funcionamento de motores de combustão interna com pistão, como os utilizados em automóveis movidos a gasolina. O ciclo é dividido em quatro etapas principais: admissão, compressão, combustão (explosão) e exaustão (escape).

O projeto e construção de um motor do ciclo Otto exige o conhecimento técnico dos principais elementos que o compõem, assim como a quantidade da mistura de ar/combustível utilizado no processo de combustão. Esse conhecimento é desenvolvido em algumas disciplinas da engenharia, como: termodinâmica, mecânica dos fluidos, resistência dos materiais, desenho técnico, projeto de componentes mecânicos, transferência de calor, máquinas e sistemas térmicos, processos de fabricação entre outras.

Tendo em vista as ferramentas disponíveis, optou-se no presente estudo o projeto de um modelo didático de motor à combustão monocilíndrico. Nesta aplicação, o modelo didático refere-se a um modelo que possa reproduzir os mecanismos de movimento das principais partes do motor, sem a aplicação da transferência de energia química/térmica em energia mecânica (movimento). Trata-se de um modelo que visa representar de forma didática o funcionamento do motor em seus quatro tempos e por esse motivo seu funcionamento se dá de forma manual. Os principais componentes do motor estão presentes neste modelo, tais como: cabeçote, tampa do cabeçote, virabrequim, biela, pistão, cilindro, comando de válvulas, válvulas, suporte do comando de válvulas e sistema de transmissão por polias.

3 Metodologia

O presente estudo foi desenvolvido em um projeto de iniciação científica, em que o aluno teve a liberdade de projetar e construir o modelo didático de motor e, dessa forma, aplicou os conhecimentos teóricos adquiridos no curso neste projeto. Para o desenvolvimento do projeto proposto, estabeleceu-se os principais componentes que compõem um motor à combustão, são eles: cabeçote, tampa do cabeçote, virabrequim, biela, pistão, cilindro, comando de válvulas, válvulas, suporte do comando de válvulas e sistema de transmissão por polias.

Conforme as máquinas disponíveis no laboratório de usinagem da Uninter, para a viabilidade de usinagem das peças elas devem ser de pequeno porte. Nesse contexto, delimitou-se o tamanho do motor em 230 mm de altura e 120 mm de largura. A partir da delimitação de tamanho do motor, os componentes do motor foram modelados com o *software* Inventor, em que foi analisada a montagem do conjunto completo, bem como seu funcionamento. Por se tratar de um sistema dinâmico, em que uma peça pode influenciar no movimento de outras, é necessário verificar a interferência entre peças, os graus de liberdade e o movimento das peças em conjunto. Por exemplo, o curso do virabrequim é que delimita o curso do conjunto biela e pistão. Logo, o ajuste desses três componentes proporcionará o movimento correto do pistão dentro do cilindro.

A partir da modelagem dos componentes, extraíram-se os desenhos individuais desses, com suas respectivas cotas, a fim de que pudessem ser fabricados. No laboratório de usinagem da Uninter as peças podem ser produzidas utilizando torno mecânico, fresadora, furadeira e ferramentas de bancada. As peças de maior complexidade geométrica e, consequentemente, de fabricação, como a biela, o pistão e o cilindro, foram confeccionadas utilizando uma impressora 3D. Para que o funcionamento do motor pudesse ser observado sem desmontá-lo, o cabeçote e

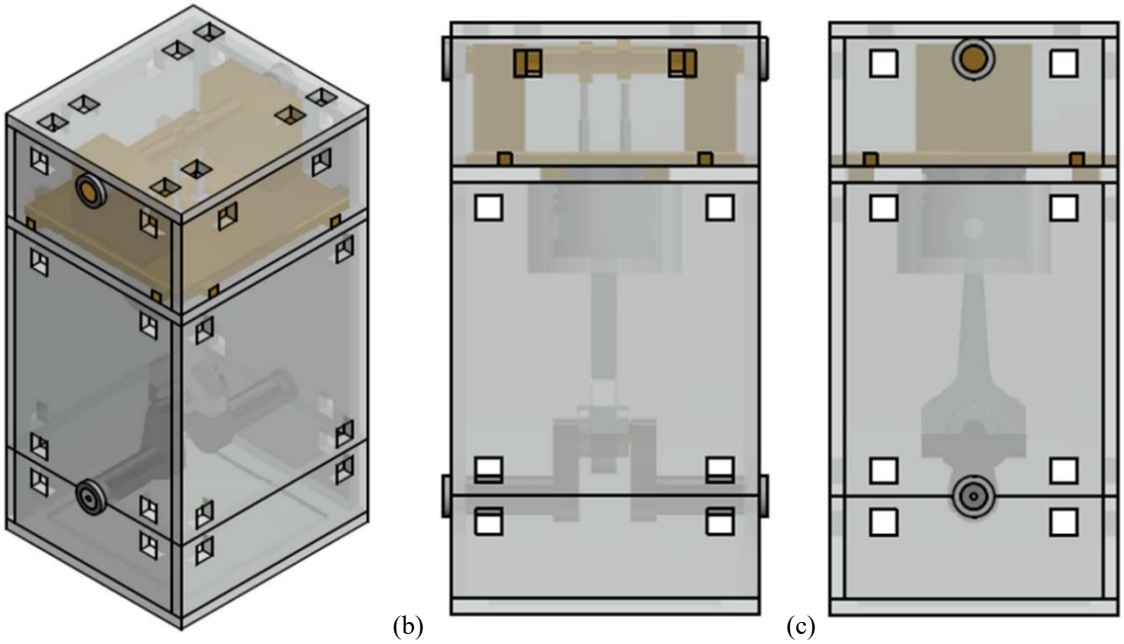
a tampa do cabeçote foram fabricados em acrílico, de forma modular e com encaixes. Essas peças foram confeccionadas por meio de corte a laser em uma empresa terceirizada.

A transmissão do movimento do virabrequim para o sistema de comando de válvulas foi feita com um par de polias e uma correia. Dessa forma, à medida que o virabrequim gira uma vez, o sistema de comando de válvulas gira duas vezes, simulando os quatro tempos do motor: admissão, compressão, combustão e exaustão.

4 Resultados e discussão

Como resultado desta pesquisa, tem-se o projeto, fabricação e montagem de um motor didático à combustão monocilíndrico para ser aplicado com um PBL no curso de Engenharia Mecânica e de Produção. A Figura 1 mostra os desenhos (a) em perspectiva, (b) em vista frontal e (c) em vista lateral do motor modelado no *software* Inventor.

Figura 1: Desenho do motor (a) em perspectiva, (b) em vista frontal e (c) em vista lateral

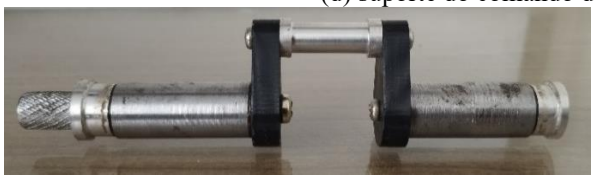


(a) (b) (c)

Fonte: Os autores (2025).

A partir do motor modelado em 3D, as peças foram fabricadas utilizando as máquinas disponíveis na Uninter, bem como, a impressora 3D para peças de maior complexidade geométrica. A Figura 2 mostra as peças usinadas: (a) o virabrequim, (b) comando de válvulas, (c) válvulas, (d) suporte do comando de válvulas e (e) polias. Outros elementos como buchas, eixo de acoplamento do pistão, cabeça de válvulas, pés do motor também foram usinados. A Figura 3 mostra as peças impressas na impressora 3D, são elas: (a) biela, (b) pistão e (c) cilindro.

Figura 2: Componentes usinados: (a) o virabrequim, (b) comando de válvulas, (c) válvulas, (d) suporte do comando de válvulas e (e) polias

(a)  (b) 

(c)  (d) 

(e) 

Fonte: Os autores (2025).

Figura 3: Componentes impressos em impressora 3D: (a) biela, (b) pistão e (c) cilindro

(a)  (b)  (c) 

Fonte: Os autores (2025).

O protótipo do modelo didático do motor pode ser observado na Figura 4. A Figura 4a mostra uma vista em perspectiva do motor, a Figura 4b a vista frontal e a Figura 4c a vista lateral. Na Figura 4 é possível observar todos os componentes do modelo didático de motor proposto. À medida que aplica uma rotação na polia (menor) acoplada ao virabrequim, o virabrequim girar a biela em conjunto com o pistão dentro do cilindro.

Por meio da correia o movimento é transmitido para a polia (maior) acoplada ao comando de válvulas que, por sua vez, aplica uma força sobre a cabeça da válvula simulando a abertura e fechamento das válvulas de forma alternada. Como a polia do virabrequim tem a metade do diâmetro da polia do comando de válvulas, para cada volta do pistão o comando de

válvulas dá meia volta no eixo. Dessa forma a válvula da esquerda é aberta simulando a admissão e na segunda volta do pistão a válvula da direita é aberta simulando a exaustão (escape).

Figura 4: Protótipo do modelo didático do motor em (a) perspectiva, (b) vista frontal e (c) vista lateral

(a)  (b)  (c) 

Fonte: Os autores (2025).

5 Considerações finais

A experiência prática proporcionada por este projeto foi além do desenvolvimento de um modelo didático de motor à combustão. O processo imersivo de criação permitiu que o aluno enfrentasse desafios reais do dia a dia da engenharia, desde a fase de planejamento até a execução e ajustes do projeto. A aplicação de conceitos aprendidos em sala de aula como modelagem 3D em *software* CAD, cálculo, geometria analítica, usinagem, mecanismos, metrologia *etc*., proporcionou uma visão clara de como essas habilidades poderão ser aplicadas no mercado de trabalho.

O uso de diferentes tecnologias, como impressora 3D e máquinas de usinagem convencionais, ampliou o conhecimento sobre processos de fabricação e preparou o aluno para atuar em ambientes industriais variados, que exigem tanto domínio de novas tecnologias quanto entendimento de métodos tradicionais. O desenvolvimento de competências aliando os conhecimentos teóricos com a prática proporcionada pela metodologia PBL, considerando o projeto proposto, é essencial para consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Mecânica e de Produção. Assim, o desenvolvimento do motor didático à combustão serviu como uma aplicação prática dos conceitos de engenharia e como uma preparação para o

ambiente profissional. O projeto reforçou a importância da interdisciplinaridade, que é fundamental para a atuação de um engenheiro no mercado atual.

Para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação deste PBL para uma turma do curso de Engenharia Mecânica e/ou Produção. Dessa forma será possível avaliar a proposta desta pesquisa na consolidação do aprendizado dos alunos.

Outra sugestão é a criação de uma caixa de câmbio acoplável ao motor, para a melhor compreensão do funcionamento das marchas e seu efeito sobre a rotação no eixo de saída. Essa sugestão agregará no desenvolvimento de outros elementos de máquinas, como as engrenagens, que não foram abordados no presente estudo.

Referências

BARRETO, M. A. M. *et al.* Liderança: percepção de alunos ingressantes de um curso de Engenharia de Produção em um ambiente de Aprendizagem Baseada em Projetos. **Revista Principia**, v. 1, n. 34, p. 77-83, 2017. DOI: https://doi.org/10.18265/1517-03062015v1n34p77-83. Disponível em: https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1343. Acesso em: 17 dez. 2025.

BARROWS, H. S.; TAMBLYN, R. M. **Problem-based learning:** an approach to medical education. New York: Springer Publishing Company, 1980.

BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos:** educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2014.

CAMPOS, A. *et al.* Aprendizagem Baseada em Projetos: uma experiência em sala de aula para compartilhamento e criação do conhecimento no processo de desenvolvimento de projetos de software. **Competência: Revista da Educação Superior do Senac-RS**, v. 9, n. 2, p. 17-35, 2016. DOI: https://doi.org/10.24936/2177-4986.v9n2.2016.405. Disponível em: https://seer.senacrs.com.br/index.php/RC/article/view/405. Acesso em: 17 dez. 2025.

CICHACZEWSKI, E.; HORST, D. J. Metodologia PBL aplicada em projetos multidisciplinares de engenharia biomédica. **Caderno Progressus**, v. 3, n. 6, p. 46-52, 2023. DOI: https://doi.org/10.56978/v3.n6(2023).2683. Disponível em: https://www.cadernosuninter.com/index.php/progressus/article/view/2683. Acesso em: 17 dez. 2025.

CRAWLEY, E. F. *et al.* **Repensando a educação em engenharia:** a abordagem CDIO. New York: Springer, 2007.

DIAS, G. C. M. Engenharia mecânica integrada na proposição de um misturador de ração para gado. *In:* CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS E ENCONTRO DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. **Anais [...].** São Carlos, ago. 2020. Disponível em: https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/view/1615. Acesso em: 17 dez. 2025.

DINIZ, R. L. *et al.* Project-Based Learning (PBL) aplicado aos cursos de Engenharia Mecânica e de Produção. **Caderno Progressus**, v. 1, n. 2, p. 100-112, 2021. Disponível em: https://www.cadernosuninter.com/index.php/progressus/article/view/1960. Acesso em: 17 dez. 2025.

FERNANDES, S.; FLORES, M. A.; LIMA, R. M. Students' views of assessment in project-led engineering education: findings from a case study in Portugal. **Assessment & Evaluation in Higher Education**, v. 37, n. 2, p. 163-178, 2012. DOI: https://doi.org/10.1080/02602938.2010.515015. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02602938.2010.515015. Acesso em: 17 dez. 2025.

FRANK, M.; LAVY, I.; ELATA, D. Implementating the Project-Based Learning Approach in an Academic Engineering Course. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 13, p. 273-288, 2003. DOI: https://doi.org/10.1023/A:1026192113732. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1023/A:1026192113732. Acesso em: 17 dez. 2025.

MONTEIRO, S. B. S. *et al.* Metodologias e práticas de ensino aplicadas ao curso de Engenharia de Produção: análise da percepção de alunos de projetos de sistemas de produção da Universidade de Brasília. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 40., 2012, Belém. **Anais [...].** Belém: COBENGE, 2012. Disponível em: https://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/7/artigos/103920.pdf. Acesso em: 17 dez. 2025.

PEREIRA, M. A. C. Aprendizagem baseada em projetos: case do Curso de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de Lorena - USP. **Fórum Metodologias Ativas**, v. 1, n. 1, p. 13-18, 2018. Disponível em: https://publicacoes.cps.sp.gov.br/index.php/fma/article/view/157. Acesso em: 17 dez. 2025.

PRINCE, M. Does active learning work? A review of the research. **Journal of Engineering Education**, v. 93, p. 223-231, 2004. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x. Acesso em: 17 dez. 2025.

QUEIROZ, V. F. M.; KRATZ, R. ABP aplicada ao ensino de engenharia mecânica. *In:* ENCONTRO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO NA EDUCAÇÃO, 3., e CONHECER, 3., 2020. **Anais [...].** São Paulo: Blucher, 2020. Disponível em: https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/metodologias-ativas-no-ensino-superior-estudo-de-caso-do-programa-educalab-do-centro-universitrio-estcio-de-santa-catarina-34644. Acesso em: 17 dez. 2025.

RODRIGUES, J. C.; BARBOSA, J. G. A. Possibilidades para a modelagem da aprendizagem ativa no projeto pedagógico dos cursos de Engenharia. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2022. DOI: https://doi.org/10.51189/rema/3160. Disponível em: https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/3160. Acesso em: 17 dez. 2025.

SOUZA, I. D. *et al.* Aprendizagem Baseada em Projetos aplicada ao ensino de Sistemas Embarcados. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 42., 2013, Gramado. **Anais [...].** Gramado: COBENGE, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcelo-Fernandes6/publication/261323703_APRENDIZAGEM_BASEADA_EM_PROJETOS_APLICADA_AO_ENSINO_DE_SISTEMAS_EMBARCADOS/links/0c96053487f8033c13000000/APRENDIZAGEM-BASEADA-EM-PROJETOS-APLICADA-AO-ENSINO-DE-SISTEMAS-EMBARCADOS.pdf. Acesso em: 17 dez. 2025.

Data da submissão: 02/12/2025
Data de aceite: 01/06/2026