

METODOLOGIA PBL APLICADA À ENGENHARIA: CONTROLE DE PLANTA TÉRMICA

Enzo Altoé Feitoza¹, Roberta Maria Dantas dos Santos², Luan Carlos Torquato de Sousa², Maria Eduarda Barbosa Braz², Ingryd Yohane Bezerra Almeida Santos², Flávio da Silva Vitorino Gomes³

¹Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil (enzo@estudante.cear.ufpb.br)

²Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil

³Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil (flavio@cear.ufpb.br)

Resumo: Este trabalho examina a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) como alternativa ao ensino tradicional na Engenharia de Energias Renováveis da UFPB. Alunos foram desafiados a projetar, construir e automatizar uma planta térmica de bancada autonomamente. Como resultado, superaram limites materiais e integraram conhecimentos de controle e instrumentação, além de desenvolverem competências interpessoais. Questionários finais revelaram aprovação unânime, validando o PBL para a formação profissional.

Palavras-chave: Metodologias ativas; PBL; Ensino na engenharia; Controle de processos.

INTRODUÇÃO

Em um contexto onde a inovação tecnológica cresce rapidamente e o mercado de trabalho é cada vez mais competitivo, atributos como protagonismo, discernimento crítico e habilidades interpessoais se tornam essenciais ao profissional em formação. Sob a perspectiva da engenharia, isso se torna ainda mais pertinente, visto que é esperado do recém-formado senso crítico diante de problemas multivariáveis, por vezes com mais de uma rota de solução e sob pressão das consequências de uma possível falha. Se torna decisiva, portanto, a metodologia de ensino aplicada na formação do engenheiro.

Apesar disso, a metodologia predominante ainda é a tradicional, baseada em formas passivas de ensino, onde a transmissão de conhecimento se dá de forma expositiva e os alunos tentam absorver o conteúdo para reproduzi-lo em avaliações. Esse modelo apresenta um descompasso documentado entre a formação acadêmica e as competências que o exercício profissional efetivamente demanda (DACIOLO, 2022). Diante dessa realidade, as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de engenharia, estabelecidas pela Resolução CNE/CES nº 2/2019, determinam que os projetos pedagógicos estimulem experiências que articulem simultaneamente teoria, prática e contexto de aplicação (BRASIL, 2019).

No segmento da engenharia, o setor de controle de processos é uma intersecção multidisciplinar com inúmeras aplicações profissionais. Em contexto industrial, é essencial para o funcionamento de diversos setores no que tange a qualidade do produto ou processo, segurança e eficiência, estando presente com multivariabilidade e complexidade dos problemas encontrados, como demonstram Menegatto e Coelho (2024) e Esposito et al. (2023). Isso evidencia o desalinhamento entre a metodologia tradicional de ensino e as necessidades de atuação na engenharia, em específico na área de controle.

Dito isso, as metodologias ativas de ensino surgem como alternativa à forma tradicional, sendo amplamente estudadas e aplicadas no ensino de engenharia com crescente interesse nos últimos anos (VALENÇA, 2023). Entre elas, se destaca o PBL (Problem Based Learning), cuja lógica parte da apresentação do problema como ponto de partida do aprendizado, incentivando os alunos a identificar por conta própria as necessidades, pesquisar informações relevantes, colaborar em equipe e desenvolver soluções (SILVA et al., 2026). Desse modo, o professor deixa de ser o centro das informações e passa a ser um facilitador do processo, orientando mas não entregando a resposta pronta (OLIVEIRA; SANTIAGO, 2023).

A aplicação do PBL em cursos de engenharia tem apresentado resultados expressivos. Rufino et al.

(2024), em revisão sistemática, evidenciaram que o PBL contribui de forma consistente para o desenvolvimento integrado de competências técnicas e interpessoais em cursos de engenharia. No próprio contexto do CEAR/UFPB, Silva et al. (2026) relataram ganhos significativos em trabalho em equipe e pensamento crítico a partir da aplicação do método em um grupo de estudos sobre sistemas de gerenciamento de energia. Esses casos reforçam o potencial do PBL quando o problema proposto replica a complexidade de sistemas reais.

Dado a importância da implementação de metodologias ativas na área da engenharia, o presente trabalho tem como objetivo registrar e refletir sobre a aplicação do PBL à disciplina de Controle de Processos da graduação em Engenharia de Energias Renováveis da UFPB, tendo como problema central o planejamento, construção e controle de uma planta térmica de bancada, avaliando o processo de aprendizado diante das competências demandadas em situações de incerteza técnica, momentos decisivos e aprendizado crítico.

MATERIAL E MÉTODOS

A aplicação da metodologia ativa de aprendizado se deu em uma turma de graduação do curso de Engenharia de Energias Renováveis da UFPB, mais especificamente no decorrer da disciplina de Controle de Processos, com carga horária de 60 horas e 11 estudantes matriculados. A disciplina conta com três avaliações: a primeira referente ao conteúdo teórico de controle; a segunda e a terceira vinculadas diretamente ao projeto de planta térmica, sendo a segunda relativa à fase de montagem e a terceira à fase de identificação e controle das malhas. Previamente ao início do projeto, os alunos tiveram aulas sobre controle com o intuito de estabelecer um nível de conhecimento básico sobre o assunto. A proposta foi apresentada pelo professor orientador como parte da avaliação da matéria.

Como início da aplicação do PBL, o professor orientador apresentou o problema: criação de uma planta de controle de vazão e temperatura de ar. Não foi fornecido roteiro de resolução ou modelo de organização a ser seguido, dando aos alunos liberdade para se estruturarem hierarquicamente e decidirem o ângulo de ataque ao projeto.

A estruturação resultante dividiu o projeto em duas fases. Na Fase 1, de montagem, os alunos se dividiram em dois grupos — montagem mecânica e montagem eletrônica — com um gerente geral e um apoio administrativo no topo da hierarquia, responsáveis pela comunicação entre os grupos e pelo atendimento aos prazos. Na Fase 2, de controle, os mesmos estudantes se organizaram em cinco grupos referentes às cinco malhas do projeto, de

acordo com afinidade, mantendo a estrutura de coordenação anterior.

organogramas das fases 1 e 2

Existe entre os grupos uma relação de interdependência em todas as fases. Na montagem, a parte elétrica só podia ser iniciada após a conclusão da estrutura física. No controle, malhas primárias e secundárias não podiam ser identificadas até que as anteriores estivessem bem definidas e funcionais. Esses fatores fazem com que os alunos busquem se ajudar e se manter informados sobre o andamento dos outros grupos, tornando essencial o papel da gerência geral como ponte de comunicação oficial. As interações decorrentes dessa interdependência são fomentadoras de competências interpessoais, uma vez que estimulam comunicação clara, proatividade e comprometimento com a resolução do problema (RUFINO et al., 2024).

O sistema proposto consiste em duas câmaras, aquecimento e mistura, que, com o auxílio de sensores e atuadores, controlam a temperatura do ar quente e os fluxos de ar quente e frio, obtendo como resultado final uma vazão e temperatura de saída específicas.

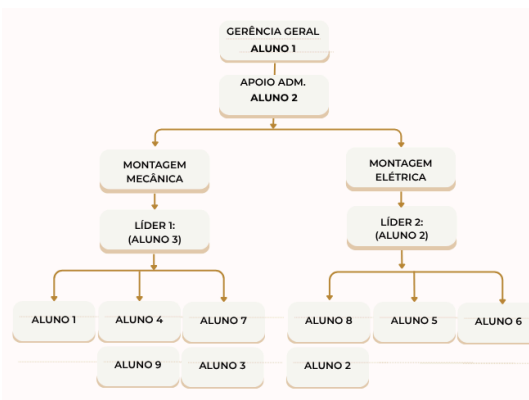


Figura 1. Esquema organizacional fase 1.

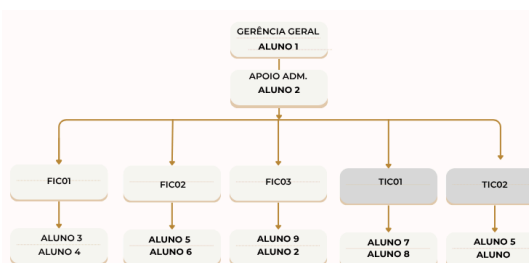


Figura 2. Esquema organizacional fase 2.

O desafio técnico é o controle de um processo multivariável, onde a alteração de parâmetros de uma variável interfere na outra. Por exemplo, ao manter o aquecimento constante e aumentar a vazão de ar, a

temperatura registrada cai devido ao aumento da convecção forçada. Esse cenário exige abordagem crítica e conhecimento interdisciplinar, abrangendo transferência de calor e massa, mecânica dos fluidos, programação, circuitos e modelagem de sistemas.

Com o plano conceitual definido, os participantes elaboraram listas de materiais e diagramas de instrumentação e controle, decidindo como montar a planta dentro das disponibilidades de recursos ao seu alcance. Alguns materiais não eram ideais: um dos isopores estava furado e com problemas de vedação, e os sensores de vazão eram destinados à medição de fluxo de água, não de ar.

Na segunda fase, de identificação de malhas e sintonia, os estudantes programaram o controle em malha aberta, conduziram ensaios de resposta ao degrau em cada malha, coletaram os dados e obtiveram as funções de transferência pelo System Identification Toolbox do MATLAB. Dando continuidade, os grupos utilizaram o método de Ziegler-Nichols para definir a sintonia das malhas. Diante da incompatibilidade entre a formatação dos parâmetros do método utilizado (misto, padrão ISA) e o formato requisitado pelo Arduino (paralelo), foi exigido dos alunos raciocínio lógico para estabelecer uma equivalência entre os dois. Com os parâmetros definidos, foram feitos os testes em malha fechada, revelando a necessidade de ajustes nos parâmetros de sintonia, etapa enriquecedora ao conhecimento do aluno e de difícil replicabilidade em sala de aula.

Como forma de validação dos resultados observados ao longo da execução do projeto, foi aplicado um questionário aos discentes participantes. O instrumento buscou avaliar a percepção dos estudantes sobre o desenvolvimento de competências técnicas e interpessoais proporcionadas pelo projeto, bem como a receptividade à metodologia PBL. A coleta de dados ocorreu de forma anônima, preservando a identidade dos participantes. Dos 11 estudantes matriculados, nove responderam ao questionário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados produzidos contemplam os frutos da construção de uma planta de controle e dos aprendizados resultantes de metodologias ativas de forma entrelaçada. A boa execução técnica resolutiva do problema é a comprovação de que o PBL é efetivo em sala de aula, dentro do contexto de engenharia.

planta de controle térmico

Os participantes construíram a estrutura física e elétrica com sucesso. Foram expostos a situações não ideais de disponibilidade de recursos e encontraram solução para tal. A caixa de isopor com defeitos foi selada com fita adesiva, pesos e espuma expansiva, garantindo menor perda de carga e maior preservação

da transferência de calor interna ao sistema. A lâmpada incandescente era forte demais e podia derreter o isopor, esbarrando em uma limitação física do material. Diante disso, o grupo implementou um dimmer para limitar a potência e impedir o derretimento, demonstrando capacidade de avaliação de riscos e resolução de problemas com recursos disponíveis.

Quanto à modelagem, foram obtidos valores satisfatórios e um bom nível de equivalência entre a função de transferência modelada e o fenômeno real:

Tabela 1. Modelagem em malha aberta.

Malha	Ganho estático (K)	Constante de tempo (τ)	Fit (%)
TIC01	0,724	612,91	93,47
FIC01	0,81415	2,1539	76,76
FIC02	0,5831	1,9593	70,00
TIC02	0,14772	57,722	86,07
FIC03	0,66776	12,786	34,53

Note que o fit das malhas de vazão FIC01 e FIC02 está ligeiramente abaixo das malhas de temperatura, e que a FIC03 apresenta porcentagem muito abaixo dos demais. Isso é explicado pelos sensores de vazão não ideais: destinados à medição de fluxo de água, sofriam com muita oscilação ao medir o fluxo de ar, resultando em ruído no sinal transmitido. Expostos a esse fato, os estudantes compararam o sinal coletado empiricamente com o modelo apresentado pelo software e concluíram que o modelo representa satisfatoriamente o fenômeno real, pois a função de transferência acompanha o comportamento médio do sinal (vide Figura 3). Isso demonstra avaliação crítica do alunado diante de uma situação onde, a princípio, haveria ocorrido uma falha.

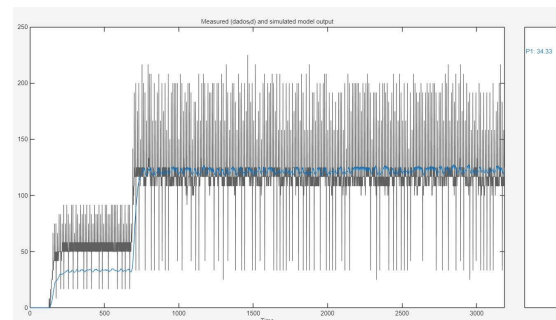
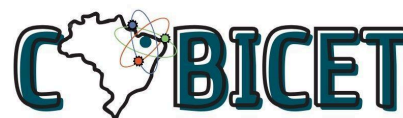


Figura 3. Fit da FIC03

Outra decisão importante foi a desconsideração do ganho derivativo (Kd) na sintonia do controle, por conta da quantidade de ruído e da sensibilidade do Kd a variações bruscas, que poderia comprometer o bom funcionamento do controle. Os ajustes finos



realizados empiricamente após a sintonia inicial mostram que o grupo aprendeu o funcionamento básico de sintonia de controle de processos.

Para validar a experiência sob a ótica dos próprios estudantes, foi aplicado um questionário ao final do projeto. A Tabela 2 apresenta o perfil dos respondentes e os principais resultados obtidos.

As perguntas da tabelas foram organizadas da seguinte forma:

- Pergunta 1: Qual o seu percentual de execução do curso??
- Pergunta 2: Competências Técnicas Melhoram Empregabilidade?
- Pergunta 3: Auxiliou Habilidades Interpessoais?
- Pergunta 4: Acha Interessante Metodologia Ativa?

Tabela 2. Resultados do questionário aplicado aos discentes.

% do Curso	1	2	3	4
83%	Sim	Sim	Sim	Sim
75%	Sim	Sim	Sim	Sim
70%	Sim	Sim	Sim	Sim
60%	Sim	Sim	Sim	Sim
74%	Sim	Sim	Sim	Sim
82%	Sim	Sim	Sim	Sim
68%	Sim	Sim	Sim	Sim
60%	Sim	Sim	Sim	Sim
68%	Sim	Sim	Sim	Sim

Os dados coletados mostram que a totalidade dos respondentes (100%) avaliou positivamente o impacto do projeto tanto no desenvolvimento de competências técnicas quanto interpessoais, e aprovou a metodologia ativa como formato adequado para disciplinas do currículo de engenharia. O perfil dos respondentes indica estudantes em diferentes estágios do curso, com percentual de execução entre 60% e 83%, o que sugere que o PBL se mostrou relevante independentemente do nível de maturidade acadêmica dos participantes.

A aprovação unânime das competências técnicas proporcionadas (modelagem, montagem básica de circuitos, controle de processos e automação) como fatores de melhoria de empregabilidade reforça o argumento de que o PBL, quando aplicado a problemas que replicam desafios industriais reais, gera aprendizado percebido como diretamente aplicável ao mercado de trabalho. Esse resultado

converge com os achados de Rufino et al. (2024), que identificaram o desenvolvimento integrado de competências técnicas e interpessoais como principal ganho da metodologia em cursos de engenharia.

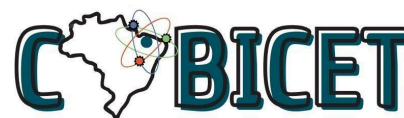
O reconhecimento unânime do desenvolvimento de habilidades interpessoais é coerente com a estrutura do projeto: a interdependência entre grupos, juntamente com a divisão de responsabilidades, criou condições em que comunicação clara e comprometimento coletivo não eram valores abstratos, mas requisitos funcionais para o avanço do projeto, experiência de difícil simulação em metodologias tradicionais de ensino. Os comentários espontâneos dos participantes reforçam essa percepção: um respondente destacou que o projeto "realmente ajuda a fazer ligações com a teoria ministrada em sala de aula com exemplos práticos em projetos de controle", enquanto outro sugeriu que "deveria haver mais durante o curso", evidência de que a experiência foi recebida não apenas como satisfatória, mas como insuficiente em quantidade, sinalizando demanda por maior adoção do método.

No que tange à aprovação da metodologia ativa como formato para disciplinas curriculares, o resultado de 100% de concordância aponta para uma receptividade plena dos estudantes ao PBL, o que é relevante sob a perspectiva pedagógica: a motivação e o engajamento dos alunos são condições reconhecidas na literatura como facilitadoras do aprendizado significativo (SILVA et al., 2026).

CONCLUSÃO

A reflexão proposta neste trabalho mostra que a aplicação do PBL na disciplina de Controle de Processos traz resultados que extrapolam conhecimentos técnicos de engenharia. Os participantes construíram e operaram de forma satisfatória uma planta de controle multivariável, desenvolvendo discernimento crítico diante de valores que seriam julgados como erro, habilidade de adaptação a cenários não ideais e competências interpessoais. Todas resultantes da superação do problema proposto. Os dados do questionário aplicado ao final do projeto reforçam essa conclusão: a totalidade dos respondentes reconheceu ganhos técnicos e interpessoais e aprovou a metodologia como formato adequado para disciplinas de engenharia, com comentários que indicam demanda por maior adoção do método ao longo do curso.

Como limitação, aponta-se o uso de sensores de vazão não calibrados para escoamento de ar, que introduziram ruído sistemático nas medições e condicionaram decisões de controle. Recomenda-se, em aplicações futuras, a adoção de sensores adequados ao meio, o que permitiria explorar com maior fidelidade o comportamento multivariável do sistema.



Conclui-se que o PBL se mostra promissor para aplicações na formação de engenheiros, visto que estimula o protagonismo do estudante diante de problemas reais e abertos, fomenta o desenvolvimento de competências técnicas e interpessoais de forma integrada e contextualizada, e aproxima o ambiente acadêmico da complexidade inerente ao exercício profissional da engenharia — lacuna que o modelo tradicional de ensino historicamente não tem sido capaz de preencher.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. 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, Brasília, DF, 25 abr. 2019.

DACIOLO, Leonardo Vinícius Paixão. Análise de metodologias ativas de ensino-aprendizagem abordadas no COBENGE. Educitec – Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, v. 8, e178122, 2022.

ESPOSITO, Marcelo; SALES, Rafael Magalhães; FARIAS, Thiago Raphael Dos Anjos; SOUZA, Taís Rosângela Correia; CLAUMANN, Carlos Alberto. Temperature control adjustment in a batch polymerization reactor. Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão, v. 8, n. 2, p. 1-25, 2023.

MENEGATTO, Henrique Bach; COELHO, Marcelo Saraiva. Modelagem e simulação de um processo de controle de temperatura industrial. 15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP. IFSP, Cubatão, 2024.

OLIVEIRA, Geyza Maria Felix de; SANTIAGO, Mônica Maria Lins. Metodologia PBL e a importância da formação continuada em serviço nos cursos de engenharia. Revista de Ensino de Engenharia, v. 42, p. 258-274, 2023.

RUFINO, S.; SILVA, F. H. S.; SOUSA, M. C. M.; COSTA, L. A.; MARIZ, F. B. A. R. Contribuição das metodologias ativas no desenvolvimento de competências e habilidades: uma revisão sistemática para cursos de Engenharia de Produção. Revista de Ensino de Engenharia, v. 43, p. 121-140, 2024.

SILVA, Aianne Carolina Pego et al. Aprendizagem baseada em problemas (PBL) no ensino superior: uma análise sistemática dos impactos na aprendizagem ativa e desenvolvimento de habilidades. REMI - Revista Multidisciplinar de Inovação, v. 2, n. 5, p. 1-18, 2026.

VALENÇA, Antonio Karlos Araújo. Metodologias ativas no ensino de engenharia: uma revisão bibliométrica. Revista Produção Online, v. 23, n. 2, e4982, 2023. DOI: 10.14488/1676-1901.v23i2.4982.

VAN HATTUM-JANSSEN, Natascha; LIMA, Rui M.; CARVALHO, Dinis (Eds.). Third International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE'2011): Aligning Engineering Education with Engineering Challenges. Research Centre in Education (CiEd) University of Minho, Guimarães, 2011.