



## USO DO MÉTODO PBL NA CONDUÇÃO DE AULAS PRÁTICAS DE ENGENHARIA QUÍMICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5316

**Autores:** LISANDRA FERREIRA DE LIMA, ADMILSON LOPES VIEIRA, THIAGO LEANDRO DE SOUZA

**Resumo:** desenvolvimento do senso crítico e habilidades sociais para trabalho colaborativo um dos maiores desafios no ensino-aprendizagem. As práticas experimentais desempenham papel crucial na consolidação dos conhecimentos teóricos, promovendo o desenvolvimento de habilidades práticas essenciais para o exercício profissional e proporcionando contato com a metodologia científica, além de servirem como ferramenta didática para o aprimoramento das habilidades colaborativas. Em um módulo da disciplina "Laboratório Tecnológico de Engenharia Química 1" da UTFPR-Londrina, os roteiros convencionais são substituídos pela metodologia PBL (Aprendizagem Baseada em Problemas). Nessa abordagem, os alunos são desafiados a propor metodologias para determinar o teor de etanol na gasolina comercial, identificar premissas a serem consideradas, e avaliar a viabilidade técnica e econômica de sua aplicação. Para isso, utilizam práticas em termodinâmica de soluções e equilíbrio de fases. Após discussões, as metodologias viáveis são aplicadas. Durante os encontros, estudam-se comportamentos de densidade das misturas água-etanol e gasolina-etanol, bem como o equilíbrio líquido-líquido da mistura ternária. Isso promove o trabalho colaborativo e a busca pela legislação vigente para avaliação de resultados e implementação de conhecimentos sobre termodinâmica de soluções reais para tomada de decisão metodológica.

**Palavras-chave:** aprendizagem baseada em problemas, práticas experimentais, propriedades parciais molares, equilíbrio líquido-líquido, gasolina.

# USO DO MÉTODO PBL NA CONDUÇÃO DE AULAS PRÁTICAS DE ENGENHARIA QUÍMICA

## 1 INTRODUÇÃO

Desenvolver soluções eficazes para problemas complexos é uma das principais responsabilidades dos engenheiros no ambiente de trabalho. Essa habilidade demanda não apenas conhecimento teórico, mas também a capacidade de aplicar criticamente o conhecimento adquirido. Para promover esse tipo de aprendizagem, as aulas práticas em laboratórios, conhecidas como Aprendizado Baseado em Laboratório (LBL), tornaram-se essenciais em muitos cursos de graduação em engenharia. Embora o LBL proporcione oportunidades para pensamento crítico, discussão e resolução de problemas do mundo real, as metodologias instrucionais convencionais frequentemente levam os alunos a encarar os procedimentos experimentais como simples instruções, com menos ênfase no porquê de realizá-los e mais no como seguir o procedimento previamente fornecido.

Na unidade curricular Laboratório Tecnológico de Engenharia Química 1, pertencente ao 5º período do curso de Engenharia Química da UTFPR-LD, os alunos são divididos em equipes de 3 a 5 participantes, para realização dos experimentos. Anteriormente eles recebiam previamente o roteiro do experimento da aula e, ao final, produziam um relatório acadêmico sobre o experimento. Mesmo em condições mais mecânicas como essas, as práticas experimentais vão além de simplesmente exemplificar aulas teóricas, contribuindo para o desenvolvimento do comportamento laboratorial.

A metodologia mais convencionalmente utilizada, ao menos no ensino superior, é a Aprendizagem Baseada em Laboratório (LBL). Esta metodologia se caracteriza pela realização de experimentos em um ambiente controlado, onde os procedimentos são previamente definidos e fornecidos aos estudantes. Embora o LBL possa proporcionar oportunidades para discussão e resolução de problemas, muitas vezes, os estudantes encaram os procedimentos experimentais como simples instruções a serem seguidas, com menos ênfase no entendimento dos princípios subjacentes e mais foco na execução técnica dos passos prescritos. Conforme destacado por Pereira et al. (2022), vários estudos na área de ensino de Ciências apontam deficiências nesta abordagem, questionando se ela efetivamente estimula a curiosidade e o espírito investigativo dos alunos.

Para maximizar os resultados de aprendizagem em ambientes laboratoriais, esta metodologia pode ser substituída por outras, como a PBL (aprendizagem baseada em problemas). Diferentemente do método convencional, onde a aplicação dos conceitos ocorria ao final do processo de aprendizagem, no PBL, a aprendizagem ocorre durante a resolução dos problemas. Esta metodologia se fundamenta na apresentação de problemas complexos e realistas que os estudantes devem resolver coletivamente, promovendo um aprendizado mais ativo e centrado no aluno. O PBL incentiva os estudantes a pesquisar, discutir e aplicar conhecimentos teóricos para encontrar soluções práticas, desenvolvendo habilidades críticas como a tomada de decisão, a resolução de problemas e o trabalho colaborativo. Para Ribeiro et al. (2018), o PBL fomenta a análise crítica dos resultados obtidos e a capacidade de escolher os métodos mais apropriados para alcançar os objetivos desejados.

Conectar o trabalho laboratorial à vida cotidiana do profissional e às questões contemporâneas parece aumentar a relevância e o engajamento dos estudantes com a prática experimental. O roteiro pré-estabelecido do LBL contrasta com a realidade do mundo do trabalho, onde os engenheiros frequentemente enfrentam problemas complexos

que exigem soluções inovadoras e eficazes. Frente a estas demandas, a metodologia PBL se apresenta como uma alternativa promissora, potencialmente mais alinhada com as exigências do mundo do trabalho para este profissional. Portanto, é crucial investigar os impactos pedagógicos de cada metodologia e explorar formas de integrar suas vantagens para aprimorar o ensino de Engenharia.

Apesar dos benefícios da PBL, sua implementação em laboratórios de engenharia química tem sido limitada. Este estudo apresenta a estruturação e adaptações para a implementação da metodologia PBL em ambientes laboratoriais, bem como a análise comparativa dos resultados de aprendizagem alcançados por elas, em mesmo grupo de estudantes.

## 2 METODOLOGIA

A unidade curricular de Laboratório de Engenharia Química 1 aborda experimentos da área de Fenômenos de Transporte e Termodinâmica. Os docentes desta área optaram por substituir os experimentos pré-estabelecidos pela metodologia PBL. Para a implementação da metodologia PBL em ambiente laboratorial, manteve-se 07 (sete) etapas, mas estas foram distribuídas em 04 (quatro) fases, com a ênfase na construção do conhecimento através do uso da bancada laboratorial. A implementação e análise de resultados, envolvendo termodinâmica de mistura e equilíbrio de fases, eram os conceitos chave da proposta.

### FASE 1: LANÇAMENTO DO PROBLEMA

Nesta fase ocorreram duas etapas,

Etapa 1: de modo assíncrono, os problemas foram enviados previamente para que as equipes trouxessem propostas de metodologia experimental adequadas para solucioná-los.

Etapa 2: de modo síncrono, durante a aula, as equipes apresentaram suas propostas e, coletivamente, definiram a ideia central e os limites da proposta

### FASE 2: CONSTRUINDO CONHECIMENTO, ENTENDIMENTO E HABILIDADES

Uma adaptação realizada ao método PBL é que a partir desta fase, todas as etapas foram sendo realizadas na bancada do laboratório, por meio de experimentos e questionamentos. Desde a Etapa 3, as práticas experimentais foram construindo o conhecimento, gerando dúvidas que eram solucionadas por outros experimentos.

Etapa 3- Tempestade de ideias - aqui ocorreu a geração de hipóteses e perguntas sem rejeição de ideias aparentemente absurdas. Propostas inusitadas não devem ser rejeitadas. Quanto mais ideias, melhor!

Etapa 4- Síntese das etapas anteriores;

Etapa 5- Análise do que ainda precisa ser compreendido - Produção de questões orientadoras.

### FASE 3: DESENVOLVENDO, AVALIANDO E REVISANDO CONTEÚDOS

Etapa 6- As equipes revisaram o conteúdo obtido e propuseram novos roteiros para realização de experimentos que resolvessem o problema proposto.

### FASE 4: APRESENTANDO AS RESPOSTAS PARA AS QUESTÕES ORIENTADORAS

Etapa 7- Realização e análise dos resultados obtidos, seguida de feedback. Toda a metodologia ocorreu durante 04 semanas, com a unidade curricular tendo 04 horas/aula semanais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### FASE 1: LANÇAMENTO DO PROBLEMA

Problema proposto: Quantificar o teor de etanol na gasolina comercializada no posto X para saber se está em conformidade com a legislação vigente. Como fazer? A análise proposta é confiável? Como, a partir dos conhecimentos de engenharia e principalmente sobre misturas, é possível avaliar a seguridade dos valores obtidos? Traga para a aula uma proposta de como quantificar, declarando todas as etapas do experimento e a referência bibliográfica utilizada.

Etapa 1: Esta etapa fomentou a responsabilidade e o trabalho colaborativo, pois sem a entrega da tarefa a equipe não poderia participar da aula. Outra habilidade exercitada foi a busca em fontes fidedignas, uma vez que a responsabilidade pela descrição metodológica a ser utilizada era da própria equipe de trabalho. Todas as equipes trouxeram a metodologia do teste da proveta (ABNT NBR 13992), mas dependendo da fonte utilizada, com procedimentos experimentais um pouco diferentes e isto foi debatido colaborativamente.

Etapa 2- Definição da ideia central - esta etapa é de fundamental importância para que o docente possa limitar a aprendizagem pretendida com o problema. Foi muito comum os estudantes fugirem do tema ou o simplificarem demasiadamente. O aprofundamento demasiado sobre a legislação, ou a resposta em uma simples busca na internet com a proposição do método das provetas foi recorrente. Apesar da não existência de um sequenciamento fixo dos conceitos a serem abordados, a produção e a execução do problema possuem objetivos específicos. A construção adequada do problema e a condução desta etapa garantem que os objetivos de aprendizagem sejam atingidos. A partir da apresentação das soluções trazidas, a temática central do problema foi estabelecida: Como mensurar a concentração de etanol em gasolina, de uma amostra desconhecida, de maneira precisa e segura?

#### FASE 2: CONSTRUINDO CONHECIMENTO, ENTENDIMENTO E HABILIDADES

Para a execução desta fase, o experimento inicialmente proposto pela equipe foi realizado. O teste da Proveta, apesar de simples, foi orientador para que as etapas 3, tempestade de ideias, e a 4, síntese dos resultados, fossem sendo desenvolvidas até que o objetivo de aprendizagem central fosse atingido. As etapas 3, 4 e 5 ocorreram de maneira cíclica conforme os experimentos foram sendo implementados. Desta forma, cada prática experimental estimulava uma tempestade de ideias e de questionamentos, que eram sintetizados de modo que um próximo experimento fosse proposto. Os questionamentos levantados em cada um dos experimentos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Experimentos realizados e os resultados observados

Exp.	Conceitos Trabalhados	Questionamentos levantados/Resultados
1*	solubilidade, equilíbrio líquido-líquido, soluções ideais e reais	Todo o etanol foi extraído pela fase aquosa? A fase rica em gasolina é composta somente por gasolina pura? Existe alguma proporção em que gasolina, água e etanol sejam solúveis? A fase aquosa pode conter gasolina em alguma proporção? É possível determinar o teor de etanol a partir da densidade da fase aquosa? Resultado: teor de etanol segundo o teste da ANP.

2	mesmos conceitos do experimento 1	Resultados: densidade da fase aquosa, que a partir dos resultados do experimento 3 foi possível determinar o teor de etanol.
3	comportamento de misturas simples e complexas	Porque na mistura etanol e água é possível relacionar a densidade com a composição, mas na gasolina comercial isso não é possível? Qual é a implicação da complexidade da mistura gasolina em sua produção, distribuição e comercialização?
4	soluções ideais e não-ideais, volume parcial molar	Resultados: verificação da completa miscibilidade da mistura etanol e água, de seu comportamento como solução não-ideal e a relação entre a composição e a temperatura na densidade desta mistura.
5**	mesmos conceitos do experimento 4	Resultados: verificação da completa miscibilidade da mistura etanol e gasolina e seu comportamento ideal.
6**	equilíbrio líquido-líquido	Resultado: a verificação da existência de condições em que a mistura gasolina, etanol e água formam uma única fase, diagrama ternário do equilíbrio líquido-líquido.

1 - Teste da proveta (ANP); 2 - teste da proveta sem NaCl; 3 - aferição da densidade da gasolina comercial; 4 - volume parcial molar da mistura etanol e água; 5 - volume parcial molar da mistura etanol e gasolina; 6 - equilíbrio líquido-líquido da mistura ternária água, etanol e gasolina. \* O experimento 1 foi realizado na Etapa 3, porém, forneceu resultados importantes para a Etapa 7. \*\*Nos experimentos 5 e 6 o etanol foi removido da gasolina comercial a partir da extração com água.

### FASE 3 e 4 DESENVOLVENDO, AVALIANDO E REVISANDO CONTEÚDOS

Etapa 6- Em resposta às questões orientadoras que foram sendo estabelecidas, foram propostos experimentos que possibilitassem suas respostas. Diferentemente do que ocorre no PBL convencional, esta etapa não foi realizada individualmente fora da sala de aula. Para garantir a avaliação individual, os alunos respondiam a um questionário sobre conceitos relacionados aos experimentos realizados. A partir do feedback coletivo deste questionário, as equipes, junto aos docentes, estabeleciam o roteiro para a realização de experimentos capazes de melhor resolver o problema proposto.

### FASE 4: APRESENTANDO AS RESPOSTAS PARA AS QUESTÕES ORIENTADORAS

Etapa 7- Por ter sido realizada de maneira cíclica, esta etapa ocorria recorrentemente a cada experimento proposto e realizado. As equipes compartilharam os dados e resultados obtidos, promovendo um trabalho colaborativo entre diferentes grupos. Durante os momentos de feedback, foi possível perceber um amadurecimento dos estudantes em relação à temática e a conquista de níveis cognitivos elevados, como análise crítica e tomada de decisão. Nas primeiras vezes em que a metodologia foi implementada sem o feedback coletivo, apesar de terem percorrido todas as etapas anteriores e entregue o artigo, foi possível notar resultados de aprendizagem menos impactantes.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adaptação da metodologia PBL em ambiente laboratorial, que vem sendo implementada há 04 semestres consecutivos na unidade curricular Laboratório Tecnológico de Engenharia Química 1, de modo geral, tem apresentado resultados de aprendizagens semelhantes aos descritos por Farmer e Wilkinson (2018) no Canadá, sendo eles: (i)

habilidades de pesquisa - principalmente na etapa 1 mas não apenas nela, visto que pesquisas online durante os experimentos são fomentadas; (ii) como selecionar técnicas e equipamentos experimentais apropriados (durante as etapas de 4 a 6); (iii) como projetar e conduzir um experimento de pesquisa (durante a etapa 6); (iv) como analisar resultados do mundo real (na etapa 7); (v) como comunicar usando uma voz técnica; (vi) como trabalhar colaborativamente em grupo, últimas duas, durante todo o tempo.

As dificuldades enfrentadas para sua implementação foram principalmente a falta de familiaridade dos estudantes com a metodologia e, portanto, dificuldades em entender e se comprometer com a proposta. Quando os alunos foram questionados sobre a metodologia, em geral responderam: “A situação problema foi mais desafiadora, mas ao mesmo tempo mais gostosa de se fazer, mas muitas vezes tínhamos dificuldade em entender o que era de fato para entregar”. Isto mostra que os alunos têm sido bons executores, mas tem dificuldade em relação a tomada de decisão. Na metodologia convencional os estudantes simplesmente reproduzem os experimentos a partir de um roteiro pré-estabelecido, enquanto que na metodologia proposta há uma participação ativa dos estudantes desde a concepção do experimento mais adequado ao problema, o que torna a experiência mais enriquecedora, mas ao mesmo, com exigências de habilidades cognitivamente mais complexas e compatíveis ao dia-a-dia do engenheiro.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a UTFPR e ao colegiado do curso de Engenharia Química do campus Londrina pelo apoio.

### **REFERÊNCIAS**

ABNT NBR 13992; Determinação do teor de álcool etílico anidro na gasolina.

DAVIES, C., **Learning and Teaching in Laboratories**, Higher Education Academy Engineering Subject Centre. 2008, [https://s3.eu-west-2.amazonaws.com/assets.creode.advancehe-document-manager/documents/hea/private/learning-teaching-labs\\_1568036802.pdf](https://s3.eu-west-2.amazonaws.com/assets.creode.advancehe-document-manager/documents/hea/private/learning-teaching-labs_1568036802.pdf) acessado em 18 de out de 2023.

FARMER, J.L., WILKINSON, L., Engineering success: using problem-based learning to develop critical thinking and communication skills, **Proc., Canadian Engineering Education Association (CEEA-ACEG18)**, 2018, p. 1-6 Conf., - file:///C:/Users/User/Downloads/saleh,+CEEA-ACEG2018\_paper\_112.pdf, Acessado em 20 Jan 2023.

RIBEIRO, L. R. de C. ESCRIVÃO FILHO, E., MIZUKAMI, M. G. N., Aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma experiência no ensino de engenharia sob a ótica dos alunos. **Revista de Ciências Humanas**, 2018, v. 3, n. 2, p. 95-101. Acesso em: 15 fev. 2024. Acesso em: fev 2018.

PEREIRA, R.W., HEIDEMANN, L.A., VEIT, E.A., Um Estudo sobre as Contribuições de Atividades de Laboratório com Enfoque no Processo de Modelagem Científica no Domínio de Universitários sobre Conceitos de Ótica e sobre o Trabalho Experimental, 2022, **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, volume 22, pág. 1–32.

## IMPLEMENTATION OF THE PBL METHOD IN CONDUCTING PRACTICAL CLASSES IN CHEMICAL ENGINEERING

**Abstract:** *The objective of this study was to enhance and qualify the teaching-learning processes conducted in laboratory classes in engineering, focusing on the development of holistic competencies, such as critical thinking and social skills for collaborative work, through the replacement of conventional guidelines with the Problem-Based Learning (PBL) methodology in the course "Technological Laboratory of Chemical Engineering 1" at UTFPR-Londrina. In the PBL approach, students were challenged to propose methodologies for determining the ethanol content in commercial gasoline, identifying assumptions and evaluating the technical and economic feasibility of their proposals. The practices involved studies of solution thermodynamics and phase equilibrium. The sessions included the analysis of the density behavior of water-ethanol and gasoline-ethanol mixtures, as well as the liquid-liquid equilibrium of the ternary mixture. The results showed that the PBL approach promoted the consolidation of theoretical knowledge and the development of essential practical skills for professional practice. Furthermore, the methodology encouraged collaborative work, the search for current legislation for result evaluation, and the implementation of knowledge about the thermodynamics of real solutions for methodological decision-making. The replacement of conventional guidelines with the PBL methodology in the course "Technological Laboratory of Chemical Engineering 1" was effective in developing holistic competencies, critical thinking, and social skills for collaborative work. The experimental practices played a crucial role in consolidating theoretical knowledge and developing practical skills, promoting an effective integration between theory and practice in chemical engineering education.*

**Keywords:** *problem-based learning, experimental practices, partial molar properties, liquid-liquid equilibrium, gasoline*

