



**Jun 9 2024 9:22PMIMPLEMENTO**

---

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5296

***Autores:*** LISANDRA FERREIRA DE LIMA, ADMILSON LOPES VIEIRA

***Resumo:*** *excluido e nao consigo deletar*

***Palavras-chave:*** *excluido*

# IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BASEADA EM PROBLEMAS EM AULAS DE LABORATÓRIO NO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA: UMA COMPARAÇÃO COM A ABORDAGEM CONVENCIONAL LBL

## 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. Currículos de engenharia, a partir do meio do sec. XIX, tem fomentado uso de laboratório como espaço de investigação e desenvolvimento de habilidades práticas científicas e de resolução de problema, existindo centenas de trabalhos científicos que exploram a singularidade do espaço laboratorial para desenvolvimento do raciocínio científico, da compreensão sobre a complexidade e ambiguidade do trabalho empírico, além do desenvolvimento de habilidades práticas, como por exemplo, a precisão e exatidão nas condições operacionais e, no trabalho em equipe (NRC, 1996). Intitula-se a metodologia utilizada de modo convencional em ambiente laboratorial como aprendizado baseado em laboratório (LBL), e embora proporcione oportunidades para pensamento crítico, discussão e resolução de problemas, frequentemente possibilita que os estudantes encararem os procedimentos experimentais como simples instruções, com menos ênfase no porquê de realizá-los e mais no como seguir o procedimento previamente fornecido. O roteiro pré-estabelecido é uma realidade muito diferente do que o engenheiro encontra no mundo do trabalho e apesar dos benefícios didáticos já listados, esta metodologia pode minimizar a curiosidade e o empreendimento científico do aprendiz. Mas como promover aulas experimentais mais efetivas? Conectar o trabalho laboratorial a vida cotidiana do profissional e às questões contemporâneas parece aumentar a relevância e o engajamento dos estudantes com a prática experimental. A metodologia PBL (aprendizagem baseada em problemas) utilizada em ambiente laboratorial se apresenta como uma opção que fomenta a análise e avaliação crítica dos resultados obtidos (Ribeiro et al., 2018) além da tomada de decisão pelo caminho a ser percorrido para se obter dados de interesse. Diferentemente do método convencional, onde a aplicação dos conceitos ocorre ao final do processo de aprendizagem, no PBL, a aprendizagem ocorre durante a resolução dos problemas. 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 uma análise comparativa dos resultados de aprendizagem alcançados quando se utiliza LBL e PBL, em mesmo grupo de estudantes.

## 2 METODOLOGIA

A implementação das metodologias ocorreram na unidade curricular denominada Laboratório de Engenharia Química 1, que ocorre no 6º período do curso de Engenharia Química da UTFPR-LD e aborda sobre experimentos da área de Fenômenos de Transporte e Termodinâmica, áreas básicas da Engenharia, sendo que as unidades curriculares teóricas destes conceitos ocorrem no 5º período. Laboratório de Engenharia Química 1, tem, portanto, como objetivo principal o aprofundamento destes saberes e o

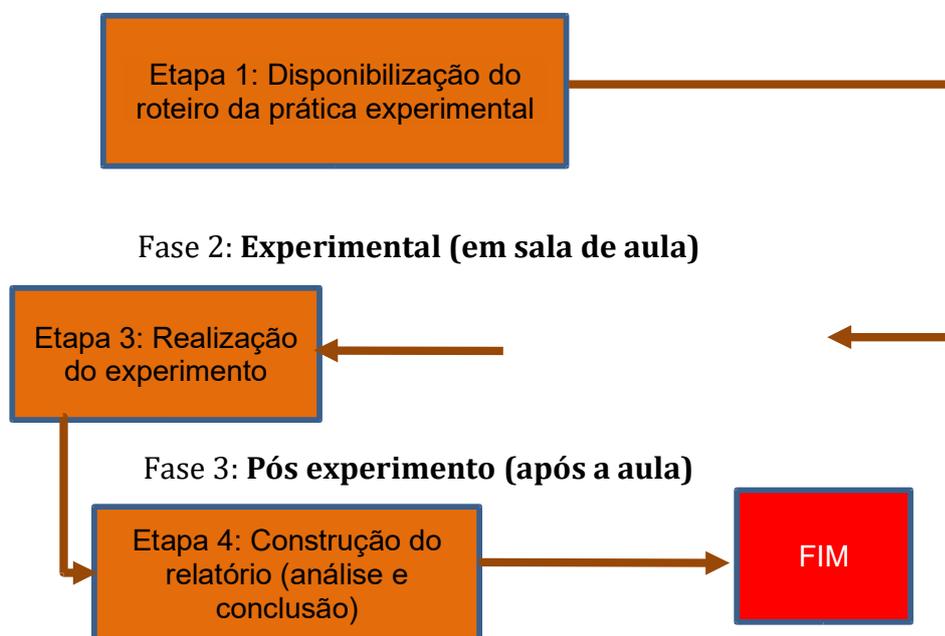
desenvolvimento de habilidades específicas do ambiente laboratorial. Nesta unidade curricular os alunos são divididos em equipes de 3 a 5 participantes, sendo que a composição não se altera em todo período letivo. Como método de análise, por 02 anos (quatro períodos letivos) os experimentos relacionados a fenômenos de transporte ocorreram primeiro, utilizando LBL e na sequência, os experimentos relacionados a termodinâmica, utilizando PBL.

## 2.1 Metodologia LBL (aprendizagem baseada em laboratório)

A metodologia LBL, convencionalmente adotada em aulas experimentais, ocorreu em 03 (três) fases e 04 (quatro) etapas, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Metodologia LBL aplicada na unidade curricular.

### Fase 1: Planejamento do experimento (antes da aula)



Fonte: autoria própria

As 03 fases (prévio ao experimento, na realização do experimento e pós experimento) foram divididas em 04 (quatro) etapas que consistem em: (1) planejamento do experimento, sendo que nesta fase os estudantes recebem o roteiro do experimento antes da aula; (2) discussão sobre os conceitos a serem abordados, sobre o aparato experimental e os cuidados operacionais; (3) realização do experimento e observação dos fenômenos envolvidos, sendo que fases 2 e 3 acontecem em sala de aula; (4) análise dos resultados, com a produção de um relatório acadêmico sobre o experimento extraclasse.

### Fase 1: Planejamento do experimento

Etapa 1: A escolha pelo sequenciamento dos experimentos a serem realizados é competência do docente e, de modo assíncrono, previamente a aula, as equipes de trabalho recebem o roteiro do experimento com orientações sobre qual objetivo do experimento, quais conceitos serão abordados, como deve ser realizado o procedimento experimental, quais dados devem ser coletados e quais cálculos devem ser realizados para obtenção das informações de interesse. É fundamental que todas estas informações

estejam claramente comunicada aos estudantes. Além disso, deve conter os critérios de sucesso para o procedimento experimental e para a adequada escrita do relatório.

### **Fase 2: Experimental**

Nesta fase ocorreram 2 etapas:

Etapa 2: Em sala de aula, é função do docente realizar questionamentos pertinentes e que façam as equipes pensarem sobre os principais objetivos do experimento, quais os riscos, tanto operacionais quanto de segurança, além de como será realizado a divisão das atividades a serem feitas. É um momento extremamente necessário para minimizar as atividades mecanizadas.

Etapa 3: Ainda em sala de aula, é o momento que a equipe de trabalho tem total responsabilidade pelas atividades realizadas e que o comprometimento da equipe repercutirá nos resultados obtidos.

### **Fase 3: Pós-experimento**

Etapa 4: Com os dados coletados experimentalmente e as orientações descritas no roteiro, a equipe de trabalho realiza os cálculos necessários, escreve o relatório acadêmico, contendo análise dos resultados e conclusão. Independente do experimento ter resultado adequados ao objetivo inicial, o processo se finda e o resultado obtido é explicado e as discrepâncias analisados na discussão dos resultados e conclusão.

## **2.2 Metodologia PBL (aprendizagem baseada em problemas) em aulas laboratoriais**

A metodologia PBL, é baseado no método proposto por Ribeiro et al., 2018, foi adaptada para uso em ambiente laboratorial em 07 (sete) etapas distribuídas em 04 (quatro) fases, conforme apresentado na Figura 2. Esta mudança metodológica objetivou fomentar habilidades investigativas e organizacionais, assim como possibilitar estabelecer um comparativo entre as metodologias, visto ter sido implementado metodologias diferentes em um mesmo grupo de estudantes.

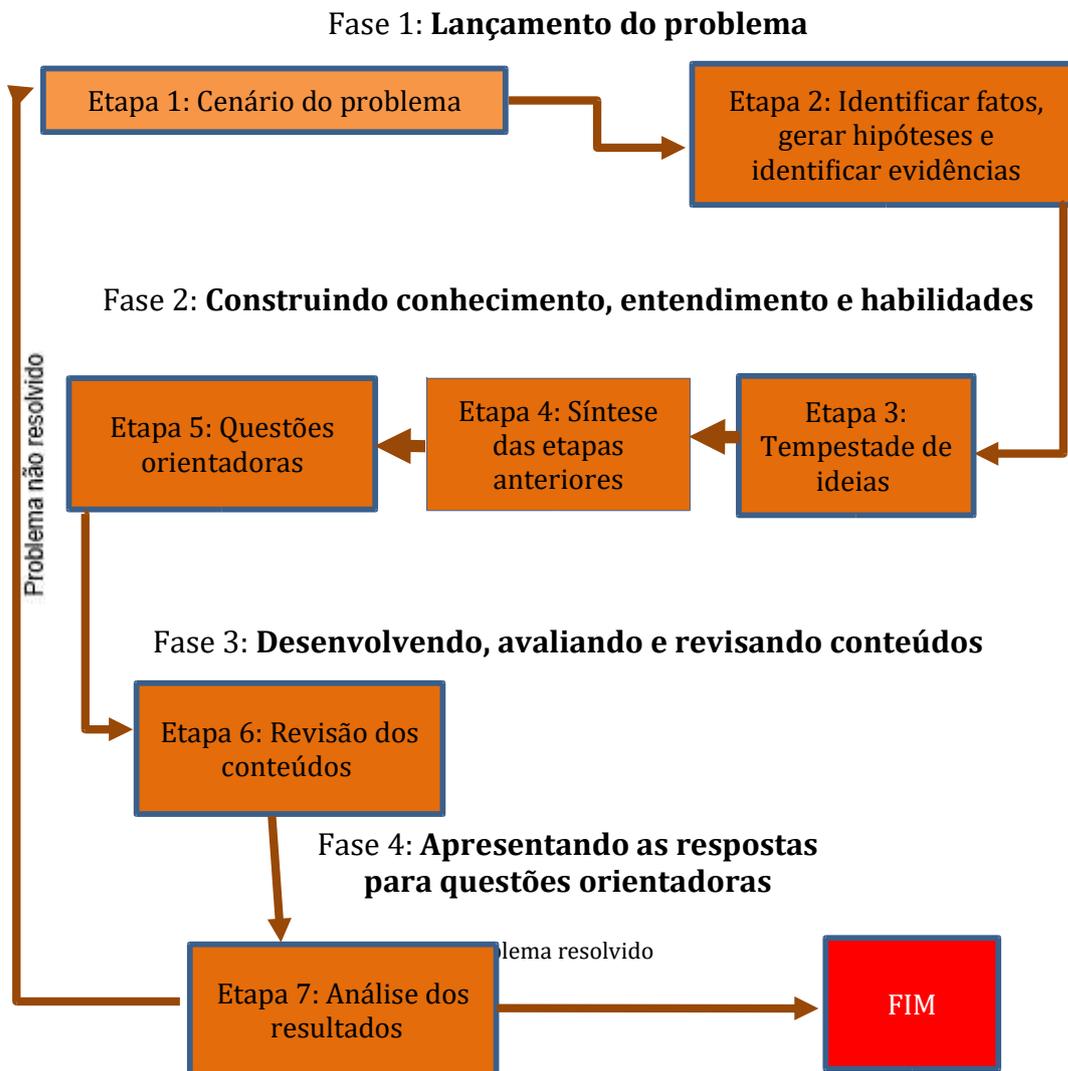
### **Fase 1: Lançamento do problema**

Nesta fase ocorreram duas etapas:

Etapa 1: de modo assíncrono, previamente a aula, as equipes de trabalho recebem o problema, relacionado ao mundo do trabalho, para que no momento da aula tragam uma proposta sobre a metodologia experimental necessária para solucionar o problema apresentado. A estruturação do problema é de responsabilidade do docente. É fundamental que relacione-se ao mundo do trabalho do engenheiro e seja suficientemente complexo para que aconteça em, pelo menos três encontros, para que seja possível construção do conhecimento, análise e feedback.

Etapa 2: Em sala de aula, as equipes apresentaram suas propostas e, coletivamente, definem a ideia central e os limites da proposta. O protagonismo é das equipes, sendo a função docente de tutoria, auxiliando, para que as equipes não fujam do tema e estabeleçam limites factíveis e pertinentes para execução da solução do problema proposto.

Figura 2 – Metodologia PBL utilizada na unidade curricular.



Fonte: autoria própria

### 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. As etapas de 3 a 7 ocorrem de forma cíclica conforme os experimentos vão sendo propostos, implementados e avaliados.

**Etapa 3: Tempestade de ideias** – Neste momento a ideia central do problema está clara a todos e então, é o momento onde cada equipe propõem diferentes possibilidades para solucionar o problema. Propostas inusitadas não devem ser rejeitadas. Quanto mais ideias, melhor! Aqui a função docente é garantir que não haja nenhum tipo de intimidação aos membros da equipe pela sua proposta.

**Etapa 4: Síntese das etapas anteriores** – Com a ideia central estabelecida (etapa 2), as hipóteses levantadas para solução do problema (etapa 3) é momento de sintetizar o conhecimento até o momento. Nesta etapa a função docente é de tutoria para que a equipe não fuja do tema proposto. Os discentes precisam de conhecimento teórico para

validar propostas adequadas e desqualificar com embasamento técnico, as propostas inadequadas.

Etapa 5: Questões orientadoras. Nesta etapa é realizado a análise do que ainda precisa ser compreendido e do que ainda precisa ser testado experimentalmente para que resultado seja estabelecido. O docente deve auxiliar na construção de perguntas norteadoras.

**Fase 3:** Desenvolvendo, avaliando e revisando conteúdos

Etapa 6: As equipes revisam o conteúdo obtido, analisam as respostas obtidas nas perguntas norteadoras e propõem novos roteiros para realização de experimentos adicionais que auxiliem na resolução do problema proposto.

**Fase 4:** Apresentação de respostas para questões orientadoras

Etapa 7: Realização e análise dos resultados obtidos, seguida de feedback. Toda a metodologia foi planejada para ocorrer durante 04 semanas, visto que se fosse utilizado a metodologia LBL, seriam realizados os experimentos: propriedades termofísicas de substância pura, de mistura, termodinâmica de mistura e equilíbrio de fases líquido-líquido.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Uso do LBL em aulas experimentais

**Fase 1:** Planejamento do experimento

Etapa 1: O sequenciamento escolhido para operacionalização dos experimentos se mostrou mais efetivo quando se abordou sequencialmente experimentos que envolvessem o mesmo fenômeno de transporte e só depois, se alterasse para outro fenômeno. Desta forma melhores resultados foram obtidos com a distribuição em:

Módulo 1: Transferência de quantidade de momento (Experimento de Reynolds, jatos livres, medidores de vazão e reologia);

Módulo 2: Transferência de calor (Condutividade térmica, convecção forçada em escoamento externo, perfil de temperatura em sólidos);

Módulo 3: Transferência de massa (pressão de vapor e difusividade mássica)

A cada aula ocorria um experimento diferente. São 09 experimentos que ocorreram em 12 aulas, pois esta distribuição possibilitou, ao final de cada módulo, acontecia uma aula de feedback que fomentou a discussão crítica sobre os resultados obtidos em cada experimento e do próprio fenômeno de maneira mais global. A discussão previa ao experimento e pós experimento enriqueceu muito o aprendizado, com questionamentos mais pertinentes sobre o fenômeno. Os resultados obtidos tanto na execução do experimento quanto na construção do laboratório se mostraram tanto melhores quanto melhor foi a escrita do roteiro. Esta escrita está relacionada a descrição do aparato experimental e de seu uso, presença de questionamentos que fomentem a compreensão dos conceitos utilizados e o pensamento crítico. Caso isto não esteja declaradamente no roteiro, o aprofundamento na etapa 2 é imprescindível.

**Fase 2:** Experimental

Etapa 2: Antes de começar a realizar os experimentos a promoção de discussão que aprofunde a compreensão dos conceitos, do aparato experimental, tipos de erros envolvidos é fundamental. Perguntas como: Porque será feito este experimento? O que

se quer analisar? Quais resultados se espera obter? Quais prováveis erros podem acontecer? Qual é o perigo e o risco desde módulo experimental?

Esta etapa, de modo geral não ocorria como planejado, pois os alunos não se preparavam adequadamente para experimento (não realizavam leitura previa do material) e em muitos casos, não se lembravam dos conceitos envolvidos. A maior preocupação sempre se mostrava ser com a operacionalização e não, com o entendimento do que fazer.

Etapa 3: Nesta etapa a efetividade dos resultados se mostraram diretamente dependentes a qualidade das informações contidas no roteiro e no comprometimento da equipe em ler previamente o roteiro e de realizar o experimento com seriedade, precisão. Algumas posturas do docente possibilitaram melhoria dos resultados: incentivar o aluno a descobrir a resposta de forma independente, direcionando a referências adequadas e principalmente fomentar que os estudantes trabalhem juntos para encontrar a resposta.

### **Fase 2: Pós-experimento**

Etapa 4: Realização do relatório acadêmico sobre o experimento, analisando os resultados obtidos e o objetivo inicial do experimento. Cada experimento gera um relatório e isto parece auxiliar na melhoria da qualidade da comunicação verbal, desde que discussões sobre o relatório anterior tenham sido realizadas. Ao final de cada módulo, foi adotado uma quinta etapa, onde ocorreu um fechamento sobre o aprendizado e as dificuldades em relação aos experimentos. Perguntas como: Por que você acha que isso aconteceu? Que tipo de coisa você fez anotações? Os resultados foram esperados ou inesperados? Como assim? Outras pessoas disseram isso e aquilo. Você concorda? Como você acha que isso se encaixa no resto do curso? Ajudaram a segmentação de saberes. A distribuição de experimentos é de um experimento por aula.

## **3.2 Uso de PBL em aulas experimentais**

### **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.

A escolha deste problema aconteceu em função da intencionalidade docente em se trabalhar experimentos de termodinâmica e os módulos experimentais disponíveis: para propriedades termofísicas de substância pura e mistura, termodinâmica de mistura e equilíbrio de fases. Identificar o objetivo e a profundidade que os saberes serão abordados foram essenciais para se estabelecer o problema proposto.

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: Esta etapa foi de fundamental importância para que o docente pudesse 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 proposição 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: Desenvolvendo, avaliando e revisando conteúdos

Etapa 6: Em resposta às questões orientadoras que foram sendo estabelecidas, experimentos que possibilitassem suas respostas foram sendo propostos. 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 questões orientadoras

Etapas 7: Pelo fato das etapas de 3 a 7 terem sido realizadas de maneira cíclica, esta etapa também ocorreu 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 discussão, 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. Um dos experimentos mais complexos realizados foi o de equilíbrio de fases, incluindo a construção de um diagrama ternário.

### **3.3 Comparativo entre as metodologias**

Independentemente da metodologia adotada, percebeu-se ter sido muito relevante, que nos primeiros encontros se compartilhasse informações sobre primeiros socorros em laboratório, localização do kit de atendimento e os procedimentos para obter assistência emergencial. Esta aula possibilitou que os estudantes entendesse os perigos e os riscos de um ambiente laboratorial, o que possibilitou atitudes mais maduras e responsáveis durante as aulas.

Os experimentos que se utilizaram de LBL e os que se utilizaram de PBL, de maneira similar, foram avaliados coletivamente pela correção de relatório produzido pelas equipes. No entanto, quando se utilizou PBL se realizou testes individuais durante o processo de aprendizagem que facilitaram a avaliação individual. Na correção destes relatórios, foi possível observar que tanto o LBL quanto o PBL atingiram o objetivo de desenvolvimento de habilidades específicas do ambiente laboratorial. No entanto, PBL se mostrou mais efetivo para o aprofundamento dos saberes com análise crítica dos resultados.

As práticas experimentais, na metodologia LBL, além de exemplificar aulas teóricas, contribuíram principalmente para o desenvolvimento de um adequado comportamento laboratorial. Das quatro etapas a serem desenvolvidas, em duas delas o protagonismo está integralmente voltado ao docente (etapa 1 e 2), pois a tomada de decisão sobre qual experimento será realizado e o estímulo sobre o que será realizado é função docente. Percebeu-se o papel fundamental de atividades pré e pós laboratoriais, assim como as estratégias instrucionais do docente para facilitar a aprendizagem investigativa. Outro ponto relevante é o aprendizado sobre como lidar com os desafios inerentes à observação direta e a manipulação dos equipamentos utilizados para fazer observações, a compreensão do erro de medição e a interpretação e a agregação dos dados resultantes. Desenvolveram, portanto, habilidades no uso correto e seguro de equipamentos científicos, realização das medições e procedimentos científicos bem definidos. O papel da colaboração entre alunos durante as atividades de laboratório também foi evidenciado. No entanto, a dificuldade em conectar diretamente o trabalho laboratorial à vida cotidiana do profissional de engenharia minimizou o engajamento dos estudantes com o aprendizado. Outro ponto negativo é que situações com imprevisibilidade foram com frequência, consideradas anomalias ou simplesmente erros experimentais e, os estudantes acabam estimulados a refazerem o experimento, sem, muitas vezes, refletir o comportamento dos dados obtidos.

O uso da metodologia PBL demonstrou também a existência de um papel relevante na atuação docente, nas atividades pré e pós laboratoriais assim como as estratégias instrucionais do docente para facilitar a aprendizagem investigativa. A possibilidade do uso de abordagem mais aberta e flexível ao trabalho prático mostrou que uma abordagem excessivamente estruturada e dirigida pelo professor limita a oportunidade dos alunos desenvolverem habilidades investigativas e pensamento crítico (Hofstein e Lunetta, 2004) e o protagonismo estudantil foi fomentada. O papel da colaboração entre alunos durante as atividades de laboratório também sugeriu que a aprendizagem colaborativa promove uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos, além de inegavelmente promover o desenvolvimento de habilidades sociais e de comunicação (Krajcik et al., 1998). Isto porque as equipes precisaram se relacionar em muitos momentos e compartilhar informações e saberes. Além disso, houve um reconhecimento crescente de que a conexão do trabalho laboratorial à vida cotidiana e às questões contemporâneas aumentou o engajamento dos alunos com a ciência (Bonney et al., 2009). Muitos estudantes declaram terem ido a postos de gasolina para entender o método da proveta.

O Quadro 1, sintetiza os benefícios e as dificuldades enfrentado pelos estudantes e pelos docentes, em cada uma das metodologias.

Quadro 1 - Quadro comparativo entre as metodologias utilizadas

Metodologia	Benefícios	
	Avaliação dos estudantes	Avaliação dos docentes
LBL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologia mais simples de seguir;</li> <li>• Clareza sobre o que precisa ser feito;</li> <li>• Conseguimos focar mais no aparato experimental e no erro;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologia mais simples de ser projetada;</li> <li>• Metodologia mais simples de ser implementada;</li> <li>• Desenvolve comportamento adequado em laboratório</li> </ul>
PBL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologia mais empolgante;</li> <li>• Aprendizado mais profundo sobre o tema;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolve tomada de decisão;</li> <li>• Desenvolve pensamento analítico sobre os dados coletados;</li> </ul>
Metodologia	Dificuldades	
LBL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aulas mais cansativas;</li> <li>• Produção de muitos relatórios (um para cada experimento);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultados de aprendizagem dos estudantes aquém do esperado;</li> <li>• Muitos relatórios para corrigir;</li> <li>• Dificuldade de avaliação individual;</li> </ul>
PBL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muitas vezes não sabíamos o que fazer;</li> <li>• Maior exigência de estudo e dedicação para resolução do problema em comparação as aulas tradicionais;</li> <li>• Dificuldade em propor experimentos compatíveis as demandas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade em estruturar problema adequado;</li> <li>• Maior dificuldade em conduzir as aulas apenas como tutor, sem declarar experimentos que precisam ser realizados;</li> <li>• Deixar claro o objetivo e o tema central sem declarar informações adicionais.</li> </ul>

Fonte: autoria própria

#### 4 Considerações FINAIS

O uso da metodologia PBL demonstrou atingir todos os objetivos conquistados pelo LBL, com acréscimo de análise crítica em níveis cognitivos superiores.

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 preestabelecido, 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. (2008) 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., WILKINSON, L., (2018) Engineering success: using problem-based learning to develop critical thinking and communication skills, Proc., Canadian Engineering Education Association (CEEA-ACEG18) Conf., [file:///C:/Users/User/Downloads/saleh.+CEEA-ACEG2018\\_paper\\_112.pdf](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. (2003) Aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma experiência no ensino de engenharia sob a ótica dos alunos. Revista de Ciências Humanas, v. 3, n. 2, p. 95-101. Acesso em: 15 fev. 2024. Acesso em: fev 2018.

HOFSTEIN, A., LUNETTA, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. Science Education, 88, 28-54.

## IMPLEMENTATION OF PROBLEM-BASED METHODOLOGY IN LABORATORY CLASSES IN CHEMICAL ENGINEERING COURSE: A COMPARISON WITH THE CONVENTIONAL LBL APPROACH

**Abstract:** *The world of work demands holistic skills from engineers, with the development of critical thinking and social skills for collaborative work being one of the biggest challenges in teaching and learning. Experimental practices play a crucial role in consolidating theoretical knowledge, promoting the development of practical skills essential to professional practice and providing contact with scientific methodology. Furthermore, they serve as teaching tools to improve collaborative skills. In the curricular units Laboratory of Technology in Chemical Engineering 1, to the Chemical Engineering course at UTFPR-Londrina, conventional manuals, LBL (laboratory-based learning), and the PBL methodology (Problem-Based Learning) were used and compared, both by teachers and students. The LBL methodology proved to be effective for developing laboratory skills and teamwork. In the PBL approach, students were challenged to propose methodologies for determining the ethanol content in commercial gasoline, identify premises to be considered and evaluate technical and economic feasibility. From its application, skills were developed at more advanced cognitive levels, such as decision making and critical analysis of results.*

**Keywords:** *problem-based learning, experimental practices, laboratory-based learning*

