



Aprendizagem Baseada em Problemas Reais: Desenvolvimento de Saneantes como Ponte entre Cinética Química e Responsabilidade Social na Engenharia Química

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6430

Autores: BETÂNIA HOSS LUNELLI, THAISA APARECIDA MAIA, MARCELO JOSÉ DELLA MURA JANNINI

Resumo: Este trabalho apresenta uma experiência pedagógica que integra teoria e prática no ensino de Cinética Química através do desenvolvimento de saneantes por estudantes do curso de Engenharia Química. A metodologia baseada em Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) desafiou alunos do 5º período a formularem produtos de limpeza eficazes para remoção de manchas, aplicando conceitos cinéticos fundamentais como ordem de reação, energia de ativação e efeitos de temperatura, pH e concentração de reagentes. O projeto resultou na produção de um e-book, fortalecendo a dimensão extensionista da formação. Os resultados demonstraram não apenas a assimilação dos conceitos teóricos, mas também o desenvolvimento de competências técnicas, comunicativas e socioambientais essenciais ao perfil profissional do engenheiro químico.

Palavras-chave: Engenharia das reações químicas, Aprendizagem Baseada em Problemas, metodologias ativas

Aprendizagem Baseada em Problemas Reais: Desenvolvimento de Saneantes como Ponte entre Cinética Química e Responsabilidade Social na Engenharia Química

1 INTRODUÇÃO

A formação atual do engenheiro químico exige uma abordagem pedagógica que vai além da teoria, desenvolvendo competências técnicas, humanas e socioambientais para o século XXI. Neste contexto, a Cinética Química emerge como componente fundamental, não apenas por sua relevância técnica na compreensão e otimização de processos industriais, mas também por seu potencial como ferramenta pedagógica para integração teoria-prática.

A Cinética Química, ao investigar as velocidades e mecanismos das reações químicas, constitui o alicerce científico para o projeto, operação e otimização de reatores químicos, equipamentos centrais na indústria de processos (FOGLER, 2016). Contudo, estudos demonstram que estudantes frequentemente enfrentam dificuldades para estabelecer conexões entre os conceitos teóricos da cinética e suas aplicações práticas, resultando em aprendizagem superficial e desengajamento (PRINCE; FELDER, 2006). Essa desconexão torna-se particularmente problemática quando consideramos que o componente curricular é tradicionalmente ofertado na metade do curso, período em que os estudantes já possuem base teórica suficiente para compreender aplicações complexas, mas ainda carecem de experiências práticas significativas. Freeman et al. (2014), em meta-análise abrangente, demonstraram que metodologias ativas de aprendizagem podem reduzir significativamente as taxas de reprovação e aumentar o desempenho acadêmico em cursos de ciências, tecnologia, engenharia e matemática (STEM).

A Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem Based Learning - PBL) surge como alternativa pedagógica promissora para superar essas limitações. As metodologias ativas, como a PBL, têm se consolidado como alternativas eficazes para promover o protagonismo e a autonomia dos estudantes e o desenvolvimento de competências no ensino superior. Elas dão ênfase ao envolvimento direto, participativo e reflexivo do estudante, em todas as etapas do desenvolvimento da atividade (BACICH; MORAN, 2018). Nos cursos de engenharia, essas abordagens favorecem a aproximação entre teoria e prática e a formação de profissionais capazes de atuar em contextos diversos. A resolução de problemas trabalha com quatro variáveis cognitivas: o estabelecimento de relação entre conceitos, a associação de ideias, os conhecimentos específicos e a perícia na compreensão do problema, todas importantes para atingir o desempenho esperado na resolução de problemas. De acordo com Bacich e Moran (2018), os desafios bem planejados contribuem para mobilizar as competências desejadas, sejam elas intelectuais, emocionais, pessoais ou comunicacionais.

A PBL tem sido amplamente adotada em cursos de engenharia por promover o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico e trabalho colaborativo (SAVERY, 2015). No contexto da Engenharia Química, essa metodologia permite que estudantes vivenciem situações autênticas do exercício profissional, desenvolvendo não apenas conhecimentos técnicos, mas também competências transversais essenciais.

O desenvolvimento de saneantes representa um problema autêntico e multidisciplinar que permite a aplicação direta de conceitos cinéticos em um contexto socialmente relevante. Os saneantes, definidos pela ANVISA (2019) como substâncias ou preparações destinadas à higienização, desinfecção ou desinfestação, constituem produtos químicos de uso cotidiano cuja eficácia depende fundamentalmente de parâmetros cinéticos. A remoção de manchas, por exemplo, envolve reações químicas cuja velocidade é influenciada por fatores como

temperatura, pH, concentração de reagentes e presença de catalisadores, conceitos centrais da Cinética Química. Além disso, o desenvolvimento de saneantes permite abordar questões contemporâneas como sustentabilidade, segurança química e responsabilidade social, alinhando-se às Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia (BRASIL, 2019), que enfatizam a formação de profissionais capazes de considerar aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais em suas decisões técnicas.

2 O COMPONENTE CURRICULAR DE ENGENHARIA DAS REAÇÕES QUÍMICAS CATALÍTICAS

O componente curricular de Engenharia das Reações Químicas Catalíticas integra a matriz curricular do Curso de Engenharia Química da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, apresentando carga horária total de 124 horas-aula, distribuídas em 76 horas-aula de atividades teóricas, 38 horas-aula de práticas laboratoriais e 10 horas-aula de atividades autônomas.

Esta distribuição de carga horária reflete uma abordagem pedagógica que valoriza a integração teoria-prática, reconhecendo que o domínio da cinética química requer não apenas compreensão conceitual, mas também habilidades experimentais e capacidade de análise de dados. A componente teórica aborda fundamentos como mecanismos de reação, determinação de ordens de reação, efeitos da temperatura e da concentração de reagentes sobre a velocidade de reação, catálise homogênea e heterogênea.

O componente curricular possui objetivos de aprendizagem definidos e alinhados com o perfil profissional desejado. Espera-se que após concluir o componente curricular, o estudante seja capaz de identificar, compreender e aplicar conceitos fundamentais da cinética química e catálise em situações problema; determinar parâmetros cinéticos através da análise de dados experimentais; desenvolver capacidade de análise e interpretação de resultados para solução de problemas complexos; e compreender mecanismos de reação, identificando etapas limitantes que controlam a velocidade global do processo. Os conhecimentos, habilidades e competências desenvolvidas servirão como base para componentes posteriores como Projeto e Análise de Reatores Químicos, Processos Industriais e Instrumentação e Controle de Processos Industriais.

3 ATIVIDADE DIDÁTICA: AVALIAÇÃO DOS CONCEITOS DE CINÉTICA QUÍMICA NA DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE DEGRAÇÃO DE MANCHAS

A capacidade de analisar sistemas reacionais e aplicar os resultados em benefício da sociedade constitui uma das principais características que distingue o engenheiro químico em relação a outros profissionais da engenharia (HILL, 1977). Esta competência torna-se ainda mais relevante no contexto atual, onde questões ambientais, de saúde pública e sustentabilidade demandam soluções técnicas inovadoras e socialmente responsáveis.

A cinética química e o projeto de reatores químicos representam o núcleo fundamental da maioria dos processos industriais químicos (FOGLER, 2016). A seleção adequada de um sistema reacional que opere de forma segura, eficiente e economicamente viável pode determinar o sucesso ou fracasso de uma instalação industrial. Neste contexto, o domínio dos fundamentos cinéticos torna-se essencial para a tomada de decisões assertivas no desenvolvimento, otimização e *scale-up* de processos químicos.

O estudo quantitativo das velocidades dos processos químicos, dos fatores que influenciam essas velocidades e das ações moleculares envolvidas nos mecanismos de

reação constitui o objeto central da cinética química. Embora a descrição detalhada dos mecanismos de reação em nível molecular seja importante para a compreensão fundamental dos processos, engenheiros químicos frequentemente adotam abordagens empíricas que correlacionam velocidades de reação com variáveis macroscópicas observáveis como temperatura, pressão, composição e área superficial (HILL, 1977). Esta abordagem tem sido fundamental para o desenvolvimento da tecnologia de reatores químicos, permitindo avanços significativos que superam o desenvolvimento teórico na área. A capacidade de prever e controlar velocidades de reação através da manipulação de condições operacionais representa uma competência essencial para o engenheiro químico.

A atividade didática desenvolvida no componente curricular de Engenharia das Reações Químicas Catalíticas foi estruturada para proporcionar aos estudantes uma experiência real de aplicação dos conceitos cinéticos em um problema real e socialmente relevante. Os grupos foram desafiados a desenvolver formulações de saneantes eficazes para remoção de diferentes tipos de manchas, utilizando princípios cinéticos para otimizar a performance dos produtos desenvolvidos.

A escolha do desenvolvimento de saneantes como problema central da atividade justifica-se por várias razões. Primeiro, a remoção de manchas envolve reações químicas bem caracterizadas, cujos mecanismos podem ser estudados através de técnicas experimentais acessíveis nos laboratórios de Química. Segundo, a eficácia dos saneantes depende diretamente de parâmetros cinéticos como velocidade específica da reação, ordens de reação e energias de ativação, permitindo aplicação direta dos conceitos teóricos. Terceiro, o desenvolvimento de produtos de limpeza permite abordar questões como formulação verde, biodegradabilidade, segurança do usuário e baixo custo.

Além disso, o projeto possibilita o exercício de competências transversais essenciais ao perfil profissional do engenheiro químico, incluindo trabalho em equipe, comunicação técnica, pesquisa bibliográfica, planejamento experimental e análise crítica de resultados. A dimensão extensionista do projeto, materializada na produção de material de divulgação, fortalece a conexão entre universidade e sociedade, promovendo a responsabilidade social na formação profissional.

4 METODOLOGIA

A experiência pedagógica foi desenvolvida com estudantes do 5º período do curso de Engenharia Química, no componente curricular de Engenharia das Reações Químicas Catalíticas, envolvendo aproximadamente 30 estudantes organizados em grupos de 3-4 integrantes. A formação de grupos heterogêneos buscou favorecer a diversidade de habilidades e perspectivas, reconhecendo que o trabalho colaborativo constitui competência fundamental no exercício profissional da engenharia (PERRENOUD, 2000).

O projeto foi estruturado em quatro etapas sequenciais e interdependentes, distribuídas ao longo do semestre letivo, permitindo o desenvolvimento gradual das competências desejadas e a integração progressiva entre teoria e prática.

- **Etapas 1: Planejamento e fundamentação teórica**

Nesta etapa inicial, os grupos realizaram pesquisa bibliográfica sobre agentes de limpeza, suas propriedades físico-químicas e mecanismos de ação. Os estudantes foram orientados a investigar diferentes classes de saneantes, incluindo detergentes aniônicos, catiônicos e não-iônicos, agentes oxidantes e solventes orgânicos. A fundamentação teórica abordou conceitos como tensão superficial, solubilização, saponificação e reações de oxirredução.

Paralelamente, os grupos desenvolveram compreensão dos fundamentos cinéticos relevantes, incluindo determinação de ordens de reação através de métodos como diferencial e velocidades iniciais. A equação de Arrhenius e seus parâmetros (energia de ativação e fator pré-exponencial) também foram estudados, uma vez que são essenciais para entender os efeitos da temperatura nas velocidades de reação.

- **Etapas 2: Desenvolvimento experimental**

Os grupos prepararam diferentes formulações e testaram sua eficácia na remoção de três tipos de manchas padronizadas: tomate (representando compostos orgânicos ácidos), terra molhada (representando materiais particulados inorgânicos) e corante alimentício (representando compostos orgânicos sintéticos).

O planejamento experimental incluiu estudo da influência de variáveis como temperatura (15°C, 25°C e 50°C), pH (ácido, neutro e básico), concentração do agente ativo (1,0%, 10% e 20%) e tempo de contato (1, 5, e 10 minutos). A avaliação da eficácia foi realizada através de métodos quantitativos, incluindo análise de imagem para determinação do percentual de remoção das manchas.

- **Etapas 3: Análise de resultados**

A terceira etapa focou no desenvolvimento de habilidades de análise crítica e comunicação técnica. Os grupos elaboraram relatórios técnicos, incluindo contextualização do problema, descrição da metodologia experimental, apresentação sistematizada dos resultados e discussão dos resultados obtidos.

A determinação de parâmetros cinéticos (ordem de reação (α) e velocidade específica de reação (k)), constituiu o objetivo principal desta etapa. Os estudantes calcularam ordens de reação através da análise de dados experimentais, utilizando métodos gráficos. A determinação de energias de ativação através da equação de Arrhenius permitiu compreensão quantitativa dos efeitos da temperatura sobre as velocidades de remoção das manchas.

- **Etapas 4: Divulgação e curricularização da extensão**

A etapa final envolveu a produção de material de divulgação, incluindo cartilhas individuais por grupo e um *e-book* coletivo compilando todas as contribuições. Este material foi desenvolvido com linguagem acessível ao público leigo, incluindo explicações sobre princípios científicos, dicas de uso seguro e orientações sobre descarte ambientalmente adequado.

A produção de material de divulgação serviu múltiplos propósitos pedagógicos. Primeiro, exigiu dos estudantes a capacidade de traduzir conhecimentos técnicos para linguagem acessível, desenvolvendo habilidades de comunicação essenciais ao exercício profissional. Segundo, fortaleceu a dimensão extensionista da formação, promovendo a transferência de conhecimentos da universidade para a sociedade. Terceiro, estimulou reflexões sobre responsabilidade social e impactos socioambientais da atividade profissional.

A avaliação da atividade foi realizada através de múltiplos instrumentos, incluindo avaliação da participação coletiva durante todas as etapas, qualidade da fundamentação teórica apresentada, adequação da metodologia experimental desenvolvida, análise dos resultados obtidos e qualidade do material de divulgação produzido.

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos demonstraram a eficácia da abordagem pedagógica adotada tanto em termos de aprendizagem conceitual quanto de desenvolvimento de competências

transversais. Os sete grupos participantes desenvolveram formulações distintas, evidenciando compreensão sólida dos princípios cinéticos envolvidos nos processos de limpeza.

Todos os grupos demonstraram compreensão adequada da relação entre composição química das manchas e mecanismos de remoção, selecionando agentes de limpeza apropriados com base em princípios científicos.

O efeito da concentração do reagente limitante (agente ativo) foi investigado, permitindo a determinação experimental da ordem da reação de degradação de cada mancha avaliada. A ordem predominante foi 1. Os resultados demonstraram compreensão adequada da relação entre concentração de reagentes e velocidade de reação, conceito fundamental da cinética química frequentemente abstraído em abordagens puramente teóricas.

O estudo dos efeitos da temperatura permitiu determinação experimental de energias de ativação através da equação de Arrhenius, que variou entre 20-35 kJ/mol.

Os estudos da influência do pH revelaram compreensão dos mecanismos químicos envolvidos. Para manchas de tomate, os grupos observaram maior eficácia em condições alcalinas (pH 9-10), consistente com a hidrólise básica de ésteres e pectinas presentes no tomate.

Além da assimilação de conceitos técnicos, o projeto promoveu desenvolvimento significativo de competências transversais essenciais ao perfil profissional do engenheiro químico. O trabalho em equipe, uma competência essencial na engenharia, foi praticado de maneira contextualizada. Os estudantes desenvolveram habilidades de divisão de tarefas, gestão de cronogramas, resolução de conflitos e tomada de decisões coletivas.

As habilidades de comunicação técnica foram fortalecidas através da elaboração de relatórios técnicos e material de divulgação. A necessidade de traduzir conhecimentos técnicos para linguagem acessível estimulou reflexões sobre responsabilidade social do engenheiro e importância da comunicação ciência-sociedade.

O material produzido para divulgação à sociedade incluiu explicações acessíveis sobre orientações para uso seguro de saneantes, receitas de produtos de limpeza caseiros e orientações sobre manipulação e descarte ambientalmente adequado.

A partir de uma avaliação qualitativa da experiência, através de *feedbacks* realizados em sala após a finalização do projeto, percebeu-se um retorno positivo por parte dos estudantes, os quais relataram maior compreensão dos conceitos de cinética química após a atividade. Particularmente relevante foi a percepção de que a atividade promoveu compreensão mais profunda da relevância social da Engenharia Química.

Apesar dos resultados positivos, algumas limitações foram identificadas durante a implementação da atividade. Alguns grupos apresentaram dificuldades iniciais no planejamento experimental, requerendo orientação adicional para desenvolvimento de protocolos adequados. A heterogeneidade de conhecimentos prévios entre os estudantes também representou desafio pedagógico, exigindo estratégias diferenciadas de apoio e orientação. Grupos com maior familiaridade com conceitos químicos avançaram mais rapidamente, enquanto outros necessitaram suporte adicional para desenvolvimento das competências desejadas. Nas Figuras 1 a 3 é possível visualizar algumas etapas realizadas ao longo do desenvolvimento da atividade.

Figura 1 – Experimentos realizados pelos estudantes para a produção de saneantes.



Figura 2 – Teste para avaliação da remoção das manchas. (a) Antes da aplicação do saneante. (b) Depois da aplicação do saneante.

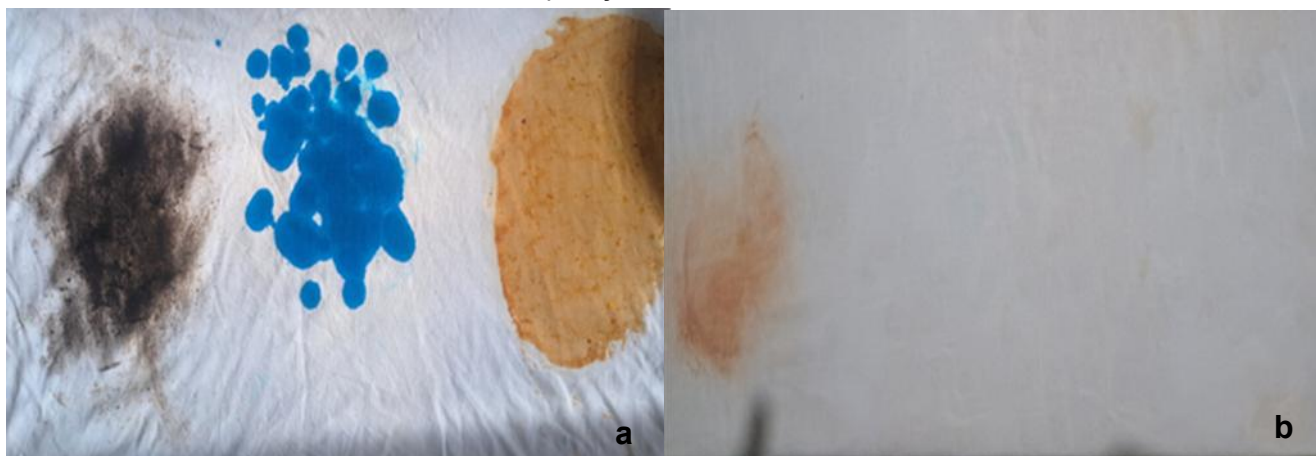


Figura 3 – Folder produzido por um dos grupos de estudantes.



6 CONCLUSÃO

A experiência pedagógica demonstrou eficácia em promover aprendizagem em conceitos de cinética química, superando as limitações das abordagens tradicionais ao

integrar teoria, prática e extensão universitária. Os resultados obtidos evidenciam o potencial das metodologias ativas para transformar o ensino de engenharia, promovendo uma formação mais completa e alinhada às demandas do mundo do trabalho.

A aplicação dos conceitos cinéticos no desenvolvimento de saneantes mostrou-se uma abordagem pedagógica eficiente, permitindo a visualização concreta de conceitos frequentemente percebidos como abstratos pelos estudantes.

O desenvolvimento de competências transversais apresenta uma importância significativa no contexto profissional. As habilidades de trabalho em equipe, comunicação técnica, pensamento crítico e responsabilidade socioambiental, quando desenvolvidas de maneira integrada e contextualizada, representam diferenciais significativos na formação profissional dos estudantes.

A dimensão extensionista do projeto, materializada na produção de material de divulgação científica, fortaleceu a conexão entre universidade e sociedade, promovendo compreensão mais ampla do papel social da engenharia. Esta experiência contribuiu para formação de profissionais não apenas tecnicamente competentes, mas também socialmente responsáveis e ambientalmente conscientes.

AGRADECIMENTOS

À Pontifícia Universidade Católica de Campinas pela disponibilidade de infraestrutura para produção dos saneantes.

REFERÊNCIAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 336, de 30 de julho de 2019**. Dispõe sobre os requisitos técnicos de produtos saneantes. Brasília: ANVISA, 2019.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília: MEC, 2019.

FOGLER, H. Scott. **Elements of Chemical Reaction Engineering**. 5th ed. Boston: Prentice Hall, 2016.

FREEMAN, Scott et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014.

HILL, Charles G. **An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design**. New York: John Wiley & Sons, 1977.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar: convite à viagem**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PRINCE, Michael J.; FELDER, Richard M. Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases. **Journal of Engineering Education**, v. 95, n. 2, p. 123-137, 2006.

SAVERY, John R. Overview of problem-based learning: definitions and distinctions. **Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning**, v. 1, p. 9-20, 2006.

PROBLEM-BASED LEARNING IN REAL CONTEXTS: DEVELOPMENT OF SANITIZING AGENTS AS A BRIDGE BETWEEN CHEMICAL KINETICS AND SOCIAL RESPONSIBILITY IN CHEMICAL ENGINEERING

Abstract: This work presents a pedagogical experience that integrates theory and practice in Chemical Kinetics education through the development of sanitizing agents by Chemical Engineering students. The Problem-Based Learning (PBL) methodology challenged 5th-semester students to formulate effective cleaning products, applying fundamental kinetic concepts such as reaction order, activation energy, and effects of temperature, pH, and concentration. The project culminated in the production of a scientific dissemination e-book, strengthening the extension dimension of professional education. Results demonstrated not only effective assimilation of theoretical concepts but also the development of technical, communicative, and socio-environmental competencies essential to the contemporary professional profile of chemical engineers.

Keywords: Chemical reaction engineering, Problem-Based Learning, active methodologies, chemical engineering teaching, extension curricularization.

