



Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^ª EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

Estudo de Caso como método de avaliação operacional em plantas de cloro-soda

Monique de Souza Rosa* (PG), Maurícius Selvero Pazinato (PQ)

*moniquerosa10@yahoo.com.br

Palavras-Chave: estudo de caso; avaliação de desempenho operacional; planta de cloro-soda.

Área Temática: Processos de Ensino e de Aprendizagem e Avaliação

Resumo: Este trabalho apresenta a aplicação de um estudo de caso, como instrumento de avaliação de desempenho em uma área industrial de produção de químicos (cloro-soda). Participaram quatro operadores de campo, selecionados por prova teórica, que resolveram um caso elaborado a partir de situações reais sobre o aumento gradativo da pressão de cloro. A matriz de avaliação contemplou seis aspectos: compreensão do problema, análise de dados de processo, formulação de hipóteses, tomada de decisão, segurança de processo e comunicação/justificativa. Os operadores defenderam suas decisões e expuseram as soluções para o caso por meio de uma apresentação oral. Os resultados indicam diferenciação clara de desempenho entre os participantes, com melhor rendimento para aqueles que articularam dados de processo, raciocínio causal e barreiras de segurança. Evidenciaram-se também lacunas recorrentes em segurança de processo, sugerindo necessidade de formação específica e integração entre campo e sala de controle. Assim, o estudo de caso integrou formação e avaliação em contextos de alta complexidade, permitindo juízos confiáveis sobre competências técnicas e comportamentais. A proposta é replicável para seleção, qualificação e progressão de operadores que migram para a função de operador de painel, contribuindo para a confiabilidade operacional e a cultura de segurança.

Introdução

As lacunas de capacitação, a rotatividade de pessoal e a necessidade de desenvolver competências técnicas e comportamentais evidenciam que a avaliação operacional é indispensável para orientar programas de treinamento eficazes e subsidiar decisões sobre alocação de pessoal, reconhecimento de talentos e definição de planos de desenvolvimento, garantindo maior eficiência, segurança e qualidade nas operações (Dessler, 2014).

Nesse contexto, as metodologias ativas têm sido amplamente aplicadas na educação superior para estimular autonomia, pensamento crítico e resolução de problemas complexos. Entre elas, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), destaca-se em áreas como Medicina, Engenharia e Química, ao propor situações que exigem formulação de hipóteses, integração de conhecimentos prévios e tomada de decisões fundamentadas (Queiroz; Silva; Gomes, 2021). Os estudos de caso (EC), alinhados à lógica problematizadora da ABP, permitem contextualizar problemas em narrativas próximas à realidade profissional, articulando teoria e prática e favorecendo a aprendizagem conceitual e a avaliação de desempenho em situações complexas (Sá; Queiroz, 2020).

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

Embora já consolidados em contextos acadêmicos, os EC podem ser transpostos para ambientes corporativos e industriais, assumindo caráter avaliativo. Ao simular falhas de processo, diagnósticos de sistemas ou desvios operacionais, os EC não apenas treinam, mas também possibilitam desenvolver e avaliar competências técnicas, tomada de decisão sob pressão e comunicação entre equipe. Estudos recentes evidenciam que a aplicação da ABP em diagnósticos de falhas industriais promove avanços significativos na capacidade de análise e resposta operacional, confirmando seu potencial como ferramenta de avaliação em contextos de alta complexidade (Barbieri al., 2020). Nesse sentido, este estudo diferencia-se ao investigar a aplicabilidade de EC em ambientes industriais contribuindo para suprir a escassez de pesquisas que abordem metodologias ativas voltadas à avaliação operacional em ambientes de alta complexidade e risco.

Neste trabalho, apresenta-se o desenvolvimento de um estudo de caso em um processo seletivo interno na área de Plantas Químicas dentro de uma indústria de produção de celulose e papel. O estudo foi direcionado a quatro operadores de campo que estavam concorrendo a uma vaga de treinamento para a função de operador de painel, posição que exige maior capacidade analítica, domínio sistêmico do processo e tomada de decisão em situações críticas. Em plantas de cloro-soda, falhas de análise podem gerar riscos significativos à segurança e ao meio ambiente. Assim, o objetivo principal deste trabalho é aplicar a metodologia de estudo de caso como ferramenta de avaliação de operadores de campo de uma planta de cloro-soda, em transição para a função de controle de processo via painel.

O Estudo de Caso e o Processo Industrial

O estudo de caso é uma metodologia ativa de ensino que busca aproximar o processo formativo de situações reais ou simuladas, permitindo que os participantes desenvolvam competências de análise, tomada de decisão e integração de conhecimentos. Segundo Herreid (2011), trata-se de uma estratégia que rompe com o modelo tradicional centrado na transmissão de conteúdo, promovendo uma aprendizagem baseada na investigação de problemas contextualizados. No contexto da educação em Química e áreas correlatas, Queiroz e colaboradores têm contribuído significativamente para a disseminação do estudo de caso no Brasil, destacando-o como uma ferramenta que potencializa a aprendizagem ativa e interdisciplinar (Sá; Queiroz, 2020).

Como método de avaliação, trabalhos de referência têm demonstrado que o estudo de caso é capaz de integrar formação e diagnóstico de competências. Herreid (2011) cita diversas experiências em que o método foi aplicado para avaliar a capacidade analítica e comunicativa dos participantes em ambientes de ensino superior. Tais evidências reforçam o potencial do estudo de caso para ambientes corporativos e industriais, nos quais a avaliação de desempenho precisa considerar tanto o conhecimento técnico quanto as competências práticas e comportamentais dos profissionais. Nesse sentido, Barbieri et al. (2020) investigaram a aplicação de

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

estudos de caso em diagnósticos de falhas em plantas industriais, destacando avanços significativos na capacidade de análise e resposta operacional de equipes de manutenção e operação, sobretudo em processos químicos complexos. Esse exemplo evidencia a aderência do método ao setor industrial, aproximando o contexto acadêmico da realidade de fábricas de alta complexidade.

No processo industrial aplicado ao caso, tem-se a produção de cloro, soda cáustica e hidrogênio que ocorre pela eletrólise da salmoura em células de membrana, tecnologia moderna que garante maior eficiência e menor impacto ambiental ao permitir a migração seletiva de íons sódio. Para isso, a salmoura passa por rigoroso tratamento químico e de troca iônica a fim de remover impurezas que poderiam danificar as membranas (Rosa, 2018). Após a eletrólise, o cloro processado passando por etapas de secagem, filtração, resfriamento, compressão e liquefação; o hidrogênio é resfriado e armazenado; e a soda cáustica é parcialmente recirculada e parcialmente estocada. A segurança do processo inclui sistemas de abatimento de cloro com torres de absorção, formando hipoclorito de sódio, além da descloração da salmoura residual antes de sua recirculação, garantindo eficiência operacional, sustentabilidade e controle dos riscos ambientais e de saúde (O'brien; Bommaraju; Hine, 2005).

Metodologia

No processo seletivo para treinamento na função de operador de painel oito candidatos se inscreveram e realizaram uma avaliação teórica dissertativa, no qual responderam 20 questões técnicas que incorporaram todos os sistemas de produção, segurança, qualidade e meio ambiente da área de Plantas Químicas. Os quatro participantes com as melhores notas passaram para a próxima fase do processo seletivo, que consistiu na apresentação de um estudo de caso seguido de uma entrevista individual com foco na avaliação de perfil para o cargo de operador de painel.

O perfil técnico dos participantes foi definido através de um questionário online, aplicado através da plataforma *GoogleForms*. Neste questionário além do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), foi solicitado que respondessem as questões: idade, tempo de experiência no cargo de operador de área/campo, quais processos ele opera e a formação acadêmica.

Os quatro participantes foram identificados como A1 e A2, da dupla A, e B1 e B2 da dupla B. Os dados foram coletados através das observações realizadas pela autora e registradas em diário de campo. Também foram utilizadas transcrições de gravações de áudio das apresentações das resoluções dos casos, em que participaram dois representantes do quadro de gestão da área e dois da área de desenvolvimento de pessoas e organização. Através desses instrumentos de coleta foi possível analisar o potencial, as limitações e o preparo de cada candidato (Passos et al., 2018). A resolução do caso foi analisada a partir das apresentações orais das duplas e as discussões realizadas durante a apresentação. Baseado no trabalho de Toma, Greca, Menezes-Villagr  (2017), o Quadro 1 apresenta a matriz de avaliação

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

e explica os aspectos categorizados qualitativamente: Atinge Satisfatoriamente (AS), Atinge Parcialmente (AP), Não Atinge (NA) e Não cumpre (NC).

Quadro 1: Aspectos e categorias da matriz de avaliação.

	Atinge Satisfatoriamente (AS)	Atinge Parcialmente (AP)	Não atinge (NA)	Não Contempla (NC)
Compreensão do problema	Reconhece com precisão o aumento de pressão de cloro, identifica sua gravidade e relaciona ao risco operacional.	Identifica o problema, mas com percepção limitada da gravidade ou impacto.	Não reconhece corretamente o problema central ou minimiza sua importância.	Não apresenta qualquer menção ao problema.
Análise dos dados de processo	Interpreta de forma consistente leituras de pressão e tendências, conectando com o comportamento real da planta.	Analisa parcialmente os dados, reconhecendo tendências, mas sem correlação completa com o processo.	Interpreta de forma equivocada ou desconexa os dados do processo.	Não utiliza ou não analisa os dados fornecidos.
Formulação de hipóteses	Apresenta hipóteses plausíveis, sustentadas em dados, coerentes com o processo.	Propõe hipóteses, mas incompletas ou com sustentação frágil.	Formula hipóteses inconsistentes ou incoerentes com os dados.	Não apresenta hipóteses.
Tomada de Decisão	Sugere ações imediatas, seguras e adequadas para restabelecer a operação e proteger a planta.	Propõe ações que mitigam parcialmente o problema, mas sem solução abrangente ou sem considerar todos os riscos.	Propõe ações inadequadas, inseguras ou ineficazes.	Não propõe nenhuma ação.
Segurança de Processo	Reconhece claramente riscos, barreiras de segurança (PSV, intertravamentos, alarmes) e procedimentos aplicáveis.	Identifica apenas alguns riscos ou barreiras, sem detalhar plenamente sua importância.	Não reconhece os riscos relevantes nem cita barreiras de segurança.	Não menciona segurança ou riscos.
Comunicação e Justificativa	Explica de forma clara, estruturada e tecnicamente consistente, justificando suas respostas.	Explica de modo razoável, mas com lacunas de clareza ou justificativas limitadas.	Explicações confusas, pouco estruturadas e com baixa consistência técnica.	Não apresenta justificativas ou comunicação.

Fonte: Autora, 2025.

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Cada aspecto da matriz de avaliação foi concebido para contemplar uma habilidade distinta, integrando conhecimentos teóricos, práticos e dimensões atitudinais necessárias ao desempenho do operador de painel em plantas químicas. Assim, a matriz de avaliação proposta não apenas organiza os aspectos técnicos e atitudinais, mas também garante uma visão integrada entre a compreensão conceitual, a capacidade analítica, a resposta prática e o comportamento seguro diante de situações críticas do processo de produção de cloro-soda. Ao articular dimensões cognitivas, procedimentais e comunicativas, o instrumento permite identificar lacunas de aprendizagem e orientar ações de desenvolvimento alinhadas às boas práticas de segurança de processo (CCPS, 2007; ABNT, 2014) e às metodologias ativas aplicadas no ensino técnico (Fernandes; Salgado, 2020; Johnson; Johnson, 1982). Dessa forma, consolida-se uma ferramenta que não apenas avalia, mas também contribui para o fortalecimento da cultura de segurança e para a preparação de operadores mais críticos, autônomos e comprometidos com a confiabilidade operacional da planta (Reason, 1997).

O caso construído (Quadro 2) simulou um cenário realista de aumento gradativo da pressão de cloro no sistema de processamento de cloro, demandando dos participantes a interpretação de variáveis de processo, identificação de possíveis causas e proposição de tratativas seguras. Foram fornecidos dados de medição das pressões em campo, um gráfico, e a tela de controle do processo de tratamento de cloro.

Quadro 2: Estudo de caso aplicado no processo seletivo.

Processamento de Cloro

Na última segunda-feira, um dos operadores de área, que aspirava se tornar operador de painel, estava acompanhando a operação diretamente na sala de controle. Esse operador acompanhava as rotinas de turno durante o horário de almoço do operador de painel da planta de Cloro-Soda quando notou algo fora do padrão, a pressão da casa de células (451-PT-19.1) que pela manhã estava estável, passou a apresentar uma tendência de aumento gradual resultando na abertura gradativa da válvula de controle.

A pressão de trabalho normal é 18kPa e abertura da válvula em torno de 60% (para uma produção máxima, 39 kA). Naquele momento, a pressão já se aproximava de 19 kPa e a abertura da válvula aproximava-se da saturação (100%). Curiosamente, a pressão na linha de consumo (451-PV-089.2) permanecia constante em 40 kPa. Na tela do SDCD, alarmes intermitentes reforçavam a anormalidade: avisos de pressão alta na 451-PV-19.1 e diferencial de pressão baixo na 451-dPI-1155.

O jovem operador sabia que na planta de Cloro-Soda, a pressão de cloro não pode ser negligenciada. A continuidade desse aumento poderia representar um risco grave, tanto para a integridade dos equipamentos quanto para a segurança das pessoas. Ele precisava agir, mas antes deveria entender: o que estava provocando esse comportamento? O dilema estava posto: diagnosticar rapidamente a causa do aumento de pressão e propor as medidas mais adequadas para manter a planta segura e estável.

O problema foi compartilhado com a gestão da área que providenciou medições de pressão dos principais equipamentos do processo, dispostos na Tabela I.

Desafio: *Você como operador de área experiente e aspirante a operador de painel, deve analisar os dados fornecidos, investigar a causa do aumento da pressão e propor uma ação imediata que seja tecnicamente correta, operacionalmente viável e segura para todos.*

Questões Norteadoras:

1. O que os dados apresentados sugerem sobre a origem do aumento de pressão?
2. Por que a pressão de consumo está estável, enquanto no processamento aumenta?
3. Se você fosse o operador de painel, que ação tomaria primeiro?



Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

4. Que riscos e consequências para o processo e as pessoas poderiam advir de uma decisão tardia ou equivocada?

Fonte: Autora, 2025.

Resultados e Discussões

Ao caracterizar o perfil dos participantes, observa-se um grupo relativamente homogêneo em termos de faixa etária, situado entre 27 e 35 anos. A experiência profissional como operadores de área variava de 5 a 9 anos, revelando uma trajetória consistente em atividades operacionais. Em relação à abrangência de atuação, verificou-se que apenas um dos quatro participantes ainda não havia operado nas três áreas do departamento. Quanto à formação acadêmica, todos possuem curso técnico, sendo dois em Química e dois em Celulose e Papel. Além disso, um dos participantes já concluiu a graduação em Engenharia de Produção, enquanto outros dois encontram-se em processo de formação superior.

Os resultados da avaliação realizada sobre as apresentações orais das duplas ao resolver o caso estão organizados no Quadro 3.

Quadro 3: Avaliação da resolução do caso.

Aspecto / Participante	A1	A2	B1	B2
1. Compreensão do problema	AP	AS	AS	AS
2. Análise dos dados de processo	NA	AS	AS	AS
3. Formulação de hipóteses	NA	AS	AP	AS
4. Tomada de Decisão	AP	AS	AS	AS
5. Segurança de Processo	NA	AP	AP	AP
6. Comunicação e Justificativa	NC	AP	AS	AS

Fonte: Autora, 2025.

No aspecto compreensão do problema, o operador deveria identificar corretamente o problema central (aumento de pressão de cloro) e reconhecer sua gravidade no processo. Como resultado, o participante A1 conseguiu identificar o problema central, porém não expressou domínio dos eventos que estavam acontecendo. Um trecho transcrito do início da apresentação revela essa diferença na dupla A:

A2: “Primeira ação é reduzir a carga, para reduzir a pressão...já está em 19 kPa e a gente sabe que com 21kPa tira a planta de operação...Verificaria os instrumentos, no processamento a medição foi em campo, então não estaria errado, mas na linha de consumo lá, sim.

A1: “Reduziria também a liquefação”.

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

A2: *“Não, a liquefação não. Um dos motivos da pressão continuar estável pós filtro de cloro seco, a gente identificou que pode ser que operador de painel saiu para almoçar, e então ele pode ter ajustado a recirculação do soprador de cloro compensando sem ter olhado a pressão na casa de células. A gente sabe que se fechar a recirculação, essa pressão da linha de consumo vai aumentar. A gente está com uma liquefação deficiente, que também influencia na pressão de consumo pós soprador.”*

Durante a apresentação, A1 apresentou leitura incorreta ou desconexa dos dados de pressão, não relacionando as tendências de operação da planta, não atingindo as expectativas para o aspecto da análise de dados de processo em que o operador deveria interpretar leituras de pressão conectado aos comportamentos reais dos parâmetros de processo. Os demais participantes tiveram desempenho consistente, analisaram adequadamente os dados, estabelecendo conexão entre as variáveis e o processo real. Segue exemplo de um participante que usou os dados fornecidos para estabelecer relações.

B2: *“A 19.1 começa a abrir porque tem alguma obstrução anterior a ela e começa a abrir para compensar essa obstrução e dar mais vazão para frente. A gente tem ali a tabela. Parece que essa perda de pressão, que essa perda de carga nesses equipamentos até a entrada da torre está normal. Com o que a gente tem de informação aqui, a gente deduziu que seriam os elementos do filtro mesmo obstruídos.”*

Para o aspecto formulação de hipóteses, que observa se o operador apresentou explicações plausíveis para o problema, sustentadas nos dados fornecidos, A1 não conseguiu propor hipóteses plausíveis para o problema, B1 conseguiu propor hipóteses, mas incompletas ou pouco fundamentadas e A2 e B2 se destacaram com hipóteses adequadas e consistentes. Um dos trechos do diálogo entre avaliador e participantes demonstra o nível das hipóteses apresentadas.

Avaliador: *“O transbordo do filtro garante que o elemento filtrante esteja selado. E se esse transbordo estiver obstruído, vai fazer um nível de sulfúrico dentro do filtro. E fazendo esse nível, o que acontece?”*

A2: *“A pressão para trás vai aumentar. E a gente dificulta a passagem.”*

A1: *“E a secagem desse...”*

A2: *“Se tiver um entupimento no transbordo, sim. Eu acho difícil. Seria só o que está escorrendo da parede do elemento. Mas é uma hipótese. Mais longínqua, mas é uma hipótese.”*

No aspecto tomada de decisão englobou a habilidade de propor ações imediatas, seguras e adequadas para restabelecer a operação e proteger a integridade da planta. Como resultado tem-se que A1 sugeriu ações parciais, que poderiam mitigar o problema, mas sem solução completa ou segura. Já A2, B1 e B2 propuseram decisões adequadas, seguras e alinhadas com a proteção da planta. A transcrição do trecho abaixo identifica as ações e a tomada de decisão da dupla B.

B1: *“A primeira ação a gente chegou junto que é a redução de carga para diminuir essa pressão na casa de células. Também como seguinte passo prepararia o abatimento de cloro com solução de soda para o caso, mesmo com a nossa redução*



Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

de carga, não consiga baixar essa pressão, que ocasionaria o intertravamento da casa de células, e posterior desvio pela 19.2 de todo o sistema de cloro para o abatimento de cloro.”

No aspecto segurança de processo, os operadores deveriam apresentar uma análise de riscos associados ao aumento de pressão e a menção às barreiras de segurança (PSV, intertravamentos, alarmes, procedimentos). O participante A1, não comentou sobre os riscos envolvidos e não citou barreiras de segurança. Os demais participantes mencionaram alguns riscos ou barreiras, mas de forma parcial, sem detalhar completamente os mecanismos de proteção. Sem dúvida, a dimensão de segurança foi a mais frágil para todos, isso pode estar associado à distância que existe hoje entre as duas funções. Uma análise sob a perspectiva de campo, do mesmo evento, oportunamente levaria os participantes a indicar outros aspectos de segurança envolvidos com a sua realidade. As questões de segurança foram apontadas pelos participantes após serem questionados sobre as questões norteadoras, como demonstrado no trecho abaixo.

Avaliador: *“E quais são os riscos e consequências que vocês viram, tanto para o processo quanto para as pessoas?”*

B2: *“No caso agora ele está setado para 20 kPa, atingindo 20 kPa, a 19.2 começaria a abrir, começaria a mandar cloro para o abatimento, se a gente não tivesse soda suficiente, a gente teria talvez até liberação de cloro para a atmosfera lá nas chaminés. E também a parada da planta cloro-soda, depois pelo diferencial de pressão entre o cloro e o hidrogênio na casa de células.”*

Ao analisar o aspecto comunicação e justificativa considerou-se a clareza, a estrutura da explicação e a coerência técnica ao justificar as respostas. As respostas de A1 indicaram falta de estruturação na concepção do problema para que de fato conseguisse justificar sua opinião. A2, por sua vez, demonstrou conhecimento técnico, mas falta de clareza na explicação. E os participantes B1 e B2 conseguiram se comunicar de forma clara, estruturada e justificando adequadamente suas respostas. Para exemplificar as dificuldades de A foi transcrito o trecho abaixo.

Avaliador: *“O que me indica ali na tela a perda de carga no filtro de cloro seco? Qual é a medição ali na tela que me indica a perda de carga? No filtro de cloro seco.”*

A1: *“Hoje é o dPI.”*

Avaliador: *“Qual dPI?”*

A1: *“O 1155. A gente pega, tem a entrada e a saída, né? Medição.”*

Avaliador: *“Dá uma olhadinha no desenho para ver se é o 1155.”*

A1: *“Não, desculpa, é o 71. Ah, ok. O 1155 pega a 19.1.”*

Considerando os aspectos analisados, o participante A1 apresentou desempenho insatisfatório em quase todos os aspectos, não atingindo ou contemplando a maior parte dos critérios. O participante A2 se destacou em compreensão, análise e hipóteses, mas apresentou fragilidades em segurança de processo e comunicação. Na dupla B, o participante B1 mostrou desempenho consistente, mas parcial em hipóteses e segurança. Já o participante B2 teve melhor



Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

desempenho, atingindo satisfatoriamente em quase todos os quesitos, embora ainda precise avançar em segurança de processo.

Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um estudo de caso como ferramenta de avaliação do desempenho de operadores de área em transição para a função de operador de painel em uma planta de cloro-soda. A situação-problema, centrada no aumento gradativo da pressão de cloro, exigiu a mobilização de conhecimentos prévios, formulação de hipóteses e tomada de decisão fundamentada em aspectos técnicos e teóricos.

Os resultados confirmaram a validade do estudo de caso ao demonstrar sua capacidade de diferenciar níveis de desempenho entre os participantes, revelando não apenas o domínio técnico, mas também competências críticas para a função, como análise da situação sob pressão, comunicação e atenção à segurança de processo. Além de se mostrar aplicável como critério de avaliação em processos de seleção, o método contribuiu para evidenciar lacunas formativas, reforçando seu potencial como recurso de desenvolvimento profissional contínuo.

Como limitações, destaca-se o número reduzido de participantes e a aplicação restrita a um único cenário operacional. Entretanto, tais condições também sinalizam possibilidades de expansão, como a incorporação de múltiplos casos em rotinas de qualificação, o uso sistemático em progressões de carreira e a integração a trilhas 70:20:10 (estudo guiado, mentoria no painel e prática supervisionada). Dessa forma, o estudo contribui para o avanço das práticas de avaliação em contextos industriais de alta complexidade, oferecendo evidências de que metodologias ativas podem ser adaptadas com relevância e eficácia para a formação e gestão de operadores em plantas químicas.

Referências

- ABNT. **NBR 14725-4**: Produtos químicos – Informação de segurança, saúde e meio ambiente – Parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ). Rio de Janeiro, 2014.
- BARBIERI, G.; SÁNCHEZ-LONDOÑO, D.; CATTANEO, L.; FUMAGALLI, L.; ROMERO, D. A case study for problem-based learning education in fault diagnosis assessment. **IFAC-PapersOnLine**, v. 53, n. 3, p. 160–165, 2020. DOI: 10.1016/j.ifacol.2020.11.017. Acesso em: 7 set. 2025.
- CCPS – CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. **Guidelines for risk based process safety**. Hoboken: Wiley, 2007.
- CERIBELI, H. B.; PEREIRA, M. R.; ROCHA, G. B.. Avaliação de desempenho nas organizações: um estudo multicase. *Revista Pretexto*, p. 11-31, 2019.
- DESSLER, G. **Administração de recursos humanos**. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2014.



Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

- FERNANDES, M. S.; SALGADO, T. D. M.. Estratégias docentes no desenvolvimento de competências em estudantes de um curso técnico em química. **Revista Prática Docente**, v. 5, n. 2, p. 1040-1056, 2020.
- HERREID, C. F. Case study teaching. **New Directions for Teaching and Learning**, v. 2011, n. 128, p. 31-40, 2011. DOI: 10.1002/tl.466.
- JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T. Cooperative learning methods: a meta-analysis. **Journal of Research in Education**, v. 12, n. 1, p. 5-24, 1982.
- O'BRIEN, T. F.; BOMMARAJU, T. V.; HINE, F.. **Handbook of chlor-alkali technology**. New York: Springer, 2005.
- PASSOS, K.; CAMPO, L. F.; DANIEL, D. P.; LIMA, F. S. C.; PASSOS, C. P. O tema carboidratos através da metodologia de estudos de caso: desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. **Química Nova**, v. 41, n. 10, p. 1209-1217, 2018.
- QUEIROZ, S. L.; SILVA, C. L.; GOMES, F. S. Problem-based learning in chemistry: reflections on recent practices in higher education. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 3, p. 741-749, 2021. DOI: 10.1021/acs.jchemed.0c01234. Acesso em: 7 set. 2025.
- REASON, J. **Managing the risks of organizational accidents**. Aldershot: Ashgate, 1997.
- ROSA, M. d. S. **Estudo da adição de cloreto de cálcio no processo de precipitação de cálcio e magnésio na salmoura bruta**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Case-based learning and problem-based learning: approaches to promote interdisciplinary education in chemistry. **Química Nova**, v. 43, n. 5, p. 690-698, 2020. DOI: 10.21577/0100-4042.20170503. Acesso em: 7 set. 2025.
- SILVA, L. C. P. et al. A temática dos agrotóxicos para o ensino de química orgânica: uma experiência com o método do estudo de caso no ensino médio regular. **Revista Química Nova na Escola**, v. 44, n. 2, 2022.
- SILVA, L. B. da; BARBOSA, J. V. P.; SILVA, D. J. da; MIRANDA, I. M. S. de; SAMPAIO, A. A. M.; FARIAS, R. da S.; BERNARDO, D. L. Uma proposta de caso no Ensino de Química: usar gasolina ou etanol como combustível?. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 22, n. 7, p. e16449, 2025. DOI: 10.54033/cadpedv22n7-204. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/16449>. Acesso em: 8 set. 2025.
- TOMA, R. B.; GRECA, I. M.; MENESES-VILLAGRÁ, J. Á. Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas usando la metodología de indagación. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 441-457, 2017.