

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO PROCESSO DE ABSORÇÃO DE CO₂ POR AMINAS PARA PURIFICAÇÃO DE HIDROGÊNIO PRODUZIDO PELA REFORMA A VAPOR DO GLICEROL

João Vitor Tavares Leite (ITI), Caliane Bastos Borba Costa (Orientador). E-mail: cbbcosta@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Engenharia Química /Processos Industriais de Engenharia Química.

Palavras-chave: hidrogênio, purificação, absorção.

RESUMO

A reforma a vapor do glicerol (RVG) é uma rota química que promove a utilização do glicerol, fonte renovável, que é excessivamente produzido na indústria de biodiesel, para a produção de hidrogênio. A purificação do hidrogênio produzido pode ser realizada pela absorção do CO₂ por aminas, porém poucos estudos abordaram a aplicabilidade desse processo de purificação ao hidrogênio produzido pela reforma do glicerol. Dessa forma, o presente estudo trata da simulação e avaliação de uma planta de absorção de CO₂ por aminas para o gás produto da RVG, objetivando analisar a influência de parâmetros de projeto e de processo em características do processo. Dentre os principais resultados, verifica-se a influência positiva do aumento da razão solvente:gás na pureza do hidrogênio, às custas de um maior custo energético, e um menor custo energético em função do incremento do número de estágios de absorção.

INTRODUÇÃO

Buscando mitigar as consequências do aquecimento global, ganha destaque a produção de biocombustíveis, dentre eles o biodiesel. No processo de produção de biodiesel, há a obtenção do glicerol como subproduto, substância com baixo valor de venda, mas que possui um potencial significativo como matéria-prima em novas rotas, como a reforma a vapor, em que o glicerol é utilizado para a produção de hidrogênio (Vaidya; Rodrigues, 2009). Esse processo apresenta como vantagem, além do alto valor agregado do hidrogênio, a renovabilidade, já que a indústria de produção de hidrogênio tem forte dependência das fontes fósseis, que representam 98% da matéria-prima utilizada para sua produção (Nnabuike *et al.*, 2023). O produto obtido da reforma a vapor do glicerol (RVG) contém outros componentes, além do hidrogênio, na mistura gasosa, como CO₂, o que implica a necessidade da

purificação do gás. Muitos estudos já avaliaram o processo de absorção por aminas para purificação de H_2 proveniente de fontes fósseis, como o gás natural (Roberto; Martins, 2011), contudo ainda são escassos estudos que avaliem a aplicação de tal processo de purificação para o hidrogênio produzido a partir de fontes renováveis, como o glicerol. Assim, o objetivo deste estudo compreende a simulação do processo de absorção por aminas para a purificação de hidrogênio produzido a partir da RVG e a avaliação da sensibilidade de variáveis-chave em relação a parâmetros de projeto e de processo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O processo para a purificação do hidrogênio pela absorção de CO_2 por aminas foi simulado no *software* comercial Aspen HYSYS V14. O fluxograma do processo simulado, baseado no trabalho de Roberto e Martins (2011), pode ser verificado na Figura 1. Para a simulação, adotou-se o pacote termodinâmico “Acid Gas – Chemical Solvents”, sugerido pelo próprio simulador para operações que utilizem aminas como solventes para a absorção de gases ácidos.

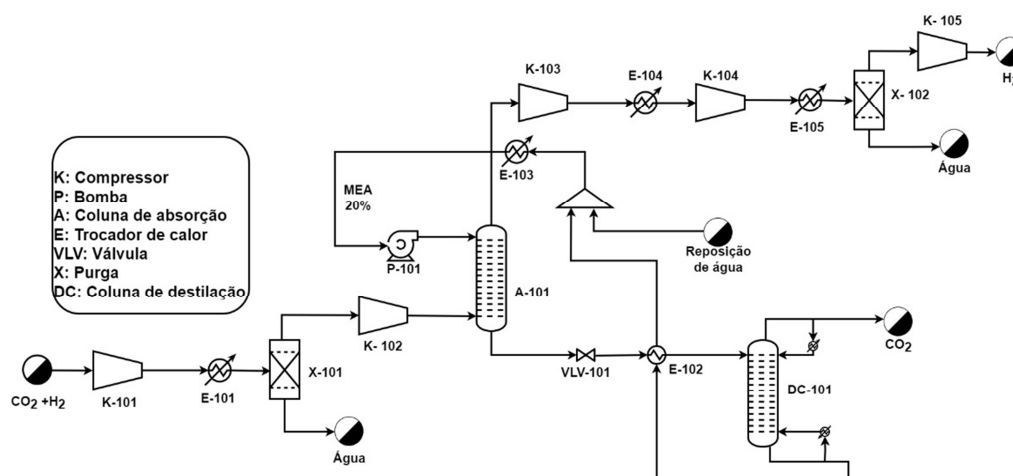


Figura 1 - Fluxograma do processo simulado de purificação de hidrogênio.

Na simulação, a composição do gás produto da RVG foi obtida a partir de um projeto de pesquisa paralelo ao presente trabalho. Considera-se uma vazão de 12,48 kmol/h de gás de composição molar 69,51% H_2 , 28,98% CO_2 , 1,14% H_2O , 0,23% CO , e 0,14% CH_4 .

Para a purificação do hidrogênio, o gás é submetido a uma compressão por estágios, com resfriamento inter-estágios, a fim de condicionar a corrente para uma coluna de absorção. O gás, alimentado ao fundo da coluna de absorção, é tratado por uma solução de MEA (monoetanolamina) 20% em água, alimentada ao topo. Da absorção, o produto de fundo, solução rica em CO_2 , tem sua pressão reduzida e é aquecida antes de ser submetida à coluna de destilação, de 5 estágios, em que se

faz possível a recuperação da solução de MEA, removendo-se o CO_2 ao topo da coluna. O ajuste da concentração da solução de MEA recuperada é feito pela reposição de água, seguido por resfriamento e pressurização até as condições de alimentação da coluna de absorção, onde é realimentada.

A corrente-produto de hidrogênio purificado, obtida do topo da absorvedora, destina-se a mais uma linha de compressão, com resfriadores inter-estágios, para pressurização até 200 bar, pressão em que se comercializa o gás. Nas linhas de compressão, purgas são realizadas para remoção da água que condensa, evitando que os compressores sejam danificados com a presença da fase líquida.

A partir do processo simulado, avaliam-se, na etapa de absorção, por meio de uma análise de sensibilidade, o impacto número de pratos da coluna e da razão da vazão molar solvente:gás na pressão necessária da coluna de absorção, na pureza do hidrogênio obtido e no consumo energético do processo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo simulado permitiu a análise de sensibilidade da influência de parâmetros do processo de absorção, como número de pratos da coluna de absorção e razão (molar) entre solvente:gás, na etapa de absorção, no consumo energético e na pureza do hidrogênio obtido. A Figura 2(a) mostra, variando o número de estágios da absorção, qual a pressão de operação necessária na coluna, e qual o consumo energético da linha de compressão, para a obtenção de hidrogênio com pureza (molar) de 99%, mantida uma razão solvente:gás de 5. Dessa figura, verifica-se que com o aumento do número de estágios, há a redução do valor requerido para pressão de operação, em função da mais fácil absorção de CO_2 pelo prolongado contato entre fases. Reduzida a pressão de operação da absorção, menores são os dispêndios de energia na compressão antes da alimentação à absorvedora, e, portanto, também menor o consumo energético observado.

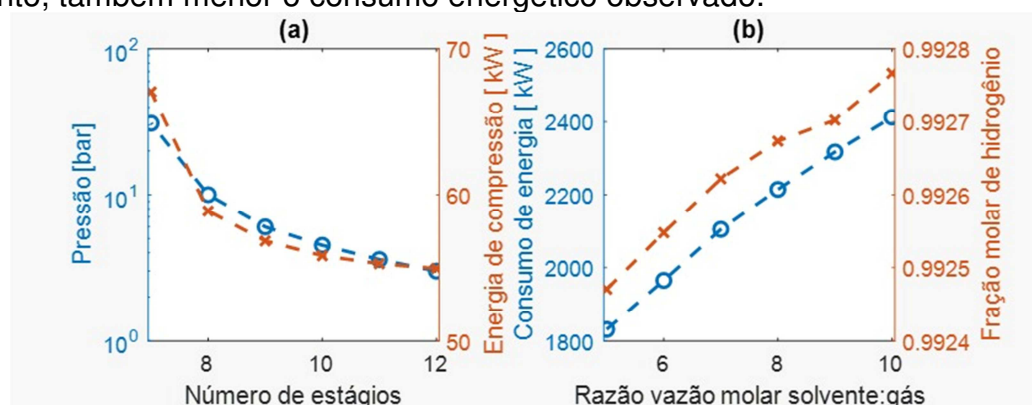


Figura 2 – (a) Pressão de operação e consumo energético versus número de estágios na absorvedora. (b) Consumo energético da planta e pureza do hidrogênio produzido versus razão molar de solvente:gás.

Na Figura 2(b), verifica-se a influência da razão entre as vazões molares de solvente e gás na alimentados à coluna de absorção no consumo energético da planta, bem como na pureza do hidrogênio obtido, considerando uma coluna de 10 pratos operando a 10 bar. Evidencia-se que o aumento da razão permite um pequeno ganho na pureza do H_2 , que, contudo, acompanha um aumento do consumo energético, já que a vazão de solvente a ser recuperado, e, portanto, a carga e consumo energético da coluna de destilação, também aumentam.

Estudos futuros podem avaliar os custos de investimento e operacionais para determinação efetiva de pontos ótimos de operação do ponto de vista econômico.

CONCLUSÕES

Verificou-se, a partir das análises de sensibilidade, que o modelo simulado para a purificação do hidrogênio demonstra um decréscimo do consumo energético com o incremento de estágios de absorção. Ademais, razões de solvente superiores a 5, ainda que promovam uma maior pureza do H_2 produzido, implicam em maiores custos energéticos. A avaliação de custos, tanto de investimento como operacionais, podem ser utilizados em estudos futuros como norteadores para determinação da condição ótima de processo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Origem Energia e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (processos 131624/2023-7 e 307958/2021-3). Ainda, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

NNABUIFE, S. G. *et al.* A Comparative Analysis of Different Hydrogen Production Methods and Their Environmental Impact. **Clean Technologies**, v. 5, n. 4, p. 1344-1380, 2023.

ROBERTO, P.; MARTINS, L. **Avaliação do processo de absorção de CO_2 com aminas utilizando HYSYS**. 2011. Dissertação (Mestrado em Química) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

VAIDYA, P. D.; RODRIGUES, A. E. Glycerol reforming for hydrogen production: A review. **Chemical Engineering and Technology**, v. 32, n. 10, p. 1463-1469, 2009.