

# PROJETO DE UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO FRACIONADA DESCONTÍNUA COM REFLUXO ETANOL-ÁGUA PARA FINS ACADÊMICOS.

Jeferson Coutinho de Souza<sup>1</sup>; Carlos Castro Vieira Quaresma<sup>1</sup>; Thiago Aparecido de Santana<sup>1</sup>; Iago dos Santos Soares<sup>1</sup>; Douglas Alberto Rocha de Castro<sup>2</sup>

Centro Universitário Luterano de Manaus (CEULM/ULBRA), Autores<sup>1</sup>

Centro Universitário Luterano de Manaus (CEULM/ULBRA), Professor Orientador<sup>2</sup>

## Introdução

A Destilação é uma operação térmica, controlada pelo equilíbrio termodinâmico líquido - vapor, utilizada na separação dos constituintes das espécies químicas de misturas líquidas homogêneas, com base nas diferenças de volatilidade dos componentes (temperatura de ebulição), através da adição de energia térmica (calor). Em uma coluna de destilação, os componentes mais voláteis são removidos do topo da coluna e os componentes menos voláteis são removidos da parte inferior da coluna (GEANKOPLIS, 2003).

Os processos de separação em colunas de Destilação são amplamente utilizados nas indústrias química, petroquímica, e de refino para a obtenção de produtos com diferentes volatilidades. Entretanto, é um processo que demanda bastante energia, tornando necessário estudos que busquem minimizar a energia requerida (KOEIJER; KJELSTRUP, 2004).

Assim trabalhos que envolvam a simulação de processos de separação, em especial de colunas de destilação, é uma área muito importante na simulação de processos dinâmicos (KOEIJER; KJELSTRUP, 2004) pois visam justamente a redução de custos de operação através das previsões realizadas.

## Objetivos

Projetar uma coluna de Destilação Fracionada para estudos de separação da mistura binária ETANOL-ÁGUA tanto na prática quanto por meio da simulação processos, utilizando o simulador COCO (Cape-Open to Capen-Open) versão 3.5. E como objetivos específicos desenvolver o Croqui do projeto da Coluna; Simular o processo da Coluna desenvolvida e verificar seu desempenho.

## Metodologia

O modelo de coluna utilizado nesse trabalho consiste de uma coluna de pratos perfeitamente isolada, de forma que a liberação de calor para as vizinhanças possa ser desprezada. Um condensador total e um tambor de fluxo fazem parte dos equipamentos periféricos da coluna. Os estágios da coluna são contados de baixo para cima, de forma que o balão de destilação é considerado como a alimentação, logo após no início da coluna tem-se o estágio 2 indo até o estágio 5 da mesma. Uma única corrente de alimentação entra na coluna. A alimentação será feita pela constituição da manta térmica e do balão de destilação, já que o processo a ser realizado na simulação é de uma coluna de destilação fracionada batelada /descontínua.

A Tabela 1 a seguir representa os componentes do projeto

01 – Manta aquecedora	05 – Tambor de fluxo	09 – Distribuidor de líquidos
02 – Balão de destilação	06 – Destilado produto de topo	10 – Manômetro
03 – Coluna de destilação	07 - Bomba	11 - Pratos
04 – Trocador de calor	08 – Refluxo	12 – Termopar 13 - Válvulas

O projeto da coluna de Destilação foi realizado no software Autodesk (Desenho Assistido no Computador - CAD) versão 2021, o qual utilizou as ferramentas em desenho e suas reais dimensões.

A coluna é composta por uma manta aquecedora, um balão de destilação, sendo 4 pratos perfurados com 5 estágios e, no topo, um condensador, um tambor de fluxo, um distribuidor de líquidos, uma bomba. Nesse projeto os equipamentos foram acoplados em série. A Tabela 1 apresenta os equipamentos da coluna.

A simulação do modelo de coluna proposto foi realizada no Software COCO, onde necessitou-se carregar os dados referentes a condições iniciais, número de estágios da coluna, corrente de alimentação, número do estágio que receberá a corrente de alimentação, condição termodinâmica da alimentação, etc (Tabela 2).

A Tabela 2 a seguir representa os dados a serem inseridos no COCO.

Nº de Estágios	07	Vazão de Entrada	10 g/s
Corrente de Alimentação	Corrente 01	Pressão de Operação	1 atm
Corrente de Saída	Corrente 02 e 03	Temperatura da Alimentação	80°C
Alimentação	Estágio 06	Eficiência dos Estágios	100%
Fração Molar de Etanol	50%	Razão de Refluxo Condensador (Topo)	10
Fração Molar de Água	50%	Fração Molar do Etanol Refervedor	0,08
		Coefficiente de Atividade Termodinâmico	UNIQUAC

A Figura 1 apresenta o fluxograma metodológico do projeto da Coluna de Destilação Fracionada proposta.



Figura 1: Fluxograma Metodológico do projeto.

$$r = \sum_{i=1}^c x_i r_i \quad q = \sum_{i=1}^c x_i q_i \quad S_i = \sum_{j=1}^c \theta_j \tau_{ji} \quad \ln \gamma_i = \ln \gamma_i^c + \ln \gamma_i^r \quad \Phi = x_i r_i / r$$

$$\tau_{ji} = \exp(-(\lambda_{ji} - \lambda_{ji})) \quad \theta = x_i r_i / r$$

Figura 2: Equações empregadas pelo Termodinâmico UNIQUAC.

## Resultados

A coluna modelada com 7 estágios obteve uma fração mássica de aproximadamente 90% de Etanol. A vazão do produto foi de 7,49 g/min na corrente 2 de saída, conforme observamos na Tabela 3. Na Figura 3 temos o Diagrama de Equilíbrio Líquido-Vapor no modelo termodinâmico UNIQUAQ. A Figura 4 apresenta o gráfico McCabe Thiele.

Tabela 3: Tabela de Fluxo e Corrente de Alimentação e Saídas.

FLUXO	CORRENTE 1 DE ENTRADA	CORRENTE 2 DE SAÍDA	CORRENTE 3 DE SAÍDA	UNIDADES
PRESSAO	1	1	1	atm
TEMPERATURA	80	78.4208	88.071	°C
VAZÃO	10	7.48897	2.51103	g / min
FRAÇÃO MÁSSICA DO ETANOL	0.718879	0.898922	0.181913	
FRAÇÃO MÁSSICA DA ÁGUA	0.281121	0.101078	0.818087	
FASE VAPOR				
FRAÇÃO MÁSSICA DO ETANOL	0.824177	0.910159	0.628511	
FRAÇÃO MÁSSICA DA ÁGUA	0.175823	0.0898406	0.371489	
FASE LÍQUIDA				
FRAÇÃO MÁSSICA DO ETANOL	0.692319	0.898922	0.181913	
FRAÇÃO MÁSSICA DA ÁGUA	0.307681	0.101078	0.818087	

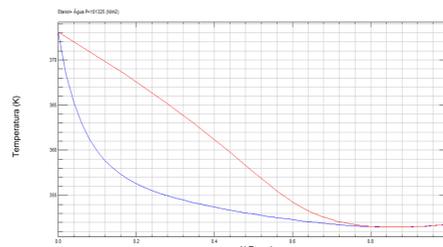


Figura 3: Diagrama de Equilíbrio Líquido-Vapor (ELV) no modelo termodinâmico UNIQUAQ.

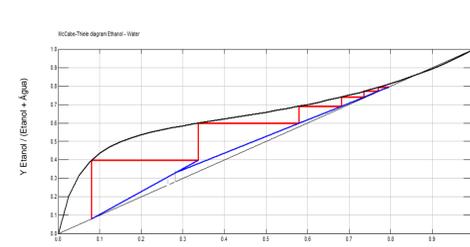


Figura 4: Gráfico McCabe Thiele realizado no CHEMSEP

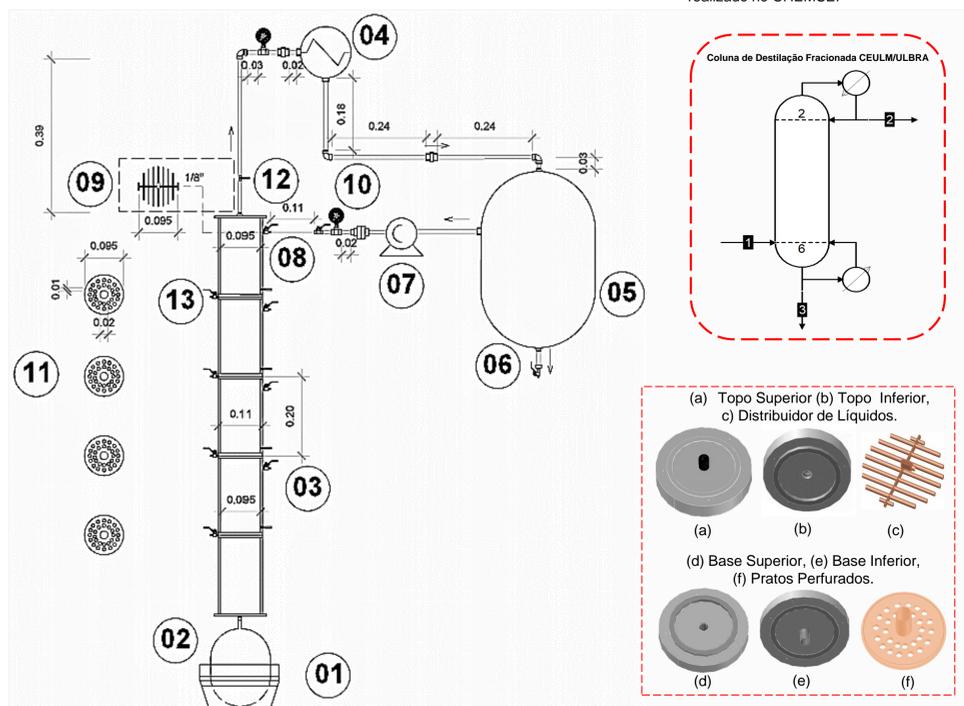


Figura 5: Croqui do Protótipo da Coluna de Destilação Fracionada em 2D e 3D realizado no CAD AUTODESK conforme as imagens (a), (b), (c), (d) e (f).

Com os resultados obtidos da Simulação do Processo de Destilação da mistura binária Etanol – Água dimensionou-se o protótipo da Coluna de Destilação Fracionada, conforme observa-se na Figura 6.

## Conclusão

A partir dos resultados encontrados foi possível desenvolver o Projeto Piloto da Coluna de Destilação Fracionada de forma sistemática e satisfatória, pois verifica-se que para fins didáticos de projetos de dimensionamento, a Simulação de Processos nos permite verificar se o projeto é viável ou não. Portanto constatou-se que a Coluna a ser construída (real) poderá atingir uma eficiência de 90% na separação da mistura equimolar Etanol-Água.

## Referências

- GEANKOPLIS, C. J. *Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations)*. 4ª ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003.
- KOEIJER, G. M. de; KJELSTRUP, S. *Application of Irreversible Thermodynamics to Distillation*. *Int. J. of Thermodynamics*. v. 7, n. 3, p. 107–114, September 2004.