

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Determinação do Número de Pratos Teóricos de uma Coluna de Destilação Contendo Recheio Metálico de Alta Eficiência

AUTORES:

Majorie M. Malacarne^{1*}, Mariana F. B. Mota¹, Eustáquio V. R. de Castro¹, Reginaldo B. dos Santos¹, Lílían C. Medina²

INSTITUIÇÃO:

¹LABPETRO – Departamento de Química – Universidade Federal do Espírito Santo

²CENPES/PDP/TPA – PETROBRAS

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 5º PDPEURO, realizado pela a Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 15 a 22 de outubro de 2009, em Fortaleza-CE. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 5ºPDPEURO.

DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE PRATOS TEÓRICOS DE UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO CONTENDO RECHEIO METÁLICO DE ALTA EFICIÊNCIA

Abstract

The initial fractionation of an oil in the refineries is made in the distillation units where the crude oil is separated into fractions, without this separation, the oil itself, has little practical or commercial value. This same fractionation can be performed by laboratory tests that use a distillation column, using plates or packing as internal devices, containing 14 to 18 theoretical plates according to ASTM D 2892. A theoretical plate is defined as "the section of a column required to achieve thermodynamic equilibrium between a liquid and its vapor" and the number of theoretical stages of a column is directly related to its separation efficiency. The efficiency of plates or packing is a crucial factor in the design and analysis of distillation columns because it relates the number of theoretical plates with the number of stages required for an efficient separation. This is calculated according to ASTM D 2892 using the Fenske equation for systems in which the relative volatility of the two components is essentially constant under conditions of total reflux. This work was developed aiming to estimate the separation efficiency of a distillation column containing as internal device a high efficiency metal packing through the determination of the theoretical plates number. Some changes were made in the flask indicated by ASTM D 2892 to facilitate the temperature control of the mixture used in the test. The number of theoretical plates obtained was 14.1 showing that the column is working according with the standard ASTM D 2892.

Introdução

A eficiência de pratos ou recheios é um fator crucial no projeto e na análise de colunas de destilação porque relaciona o número de estágios teóricos (pratos teóricos) com o número de estágios reais necessários para uma determinada separação (CALDAS, 2007).

Nas torres recheadas, a eficiência está relacionada ao contato contínuo em contracorrente e com as taxas de transferência de carga e calor entre as fases líquida e vapor (CALDAS, 2007). Também é dependente tanto da altura quanto da estrutura interna do recheio, sendo freqüentemente expressa em termos de altura equivalente por prato teórico (HEPT do inglês Height Equivalent Plate Theoretical), o HETP é definido pela Equação I (OLIVEIRA et. al., 2006; ASTM D 2892).

$$Z = (HETP)(N) \quad (I)$$

Onde Z é a altura do leito necessária para se obter a separação equivalente a N estágios teóricos.

Um prato teórico é definido pela norma ASTM D 2892 (2003) como sendo "a secção de uma coluna requerida para conseguir o equilíbrio termodinâmico entre o líquido e o vapor". Este é calculado utilizando a equação de Fenske (Equação II) para sistemas nos quais a volatilidade relativa dos dois componentes seja basicamente constante sob condições de refluxo total (ASTM D2892, 2003), ou seja, quando nenhum, ou praticamente nenhum produto, é retirado da coluna (FENSKE, 1932). A equação de Fenske é apresentada na Equação II.

$$N = \frac{\log\left(\frac{x_A}{1-x_A}\right)_{N+1} - \log\left(\frac{x_A}{1-x_A}\right)_0}{\log \alpha} - 1 \quad (II)$$

A equação de Fenske é utilizada para determinar o número de pratos teóricos em uma coluna de destilação de petróleo e com isso determinar sua eficiência de separação. De acordo com a norma ASTM D 2892 o número necessário de pratos teóricos em uma coluna para destilação de petróleo deve

ser entre 14 e 18. No caso das colunas recheadas, se a eficiência for superior ao equivalente a 18 pratos teóricos, esta pode ser reduzida removendo-se uma quantidade apropriada de recheio sem detrimento da eficiência da coluna (ASTM D 2892, 2003).

Metodologia

Este método de ensaio foi utilizado para determinar a eficiência de uma coluna de destilação de 70 cm de altura por 33 mm de diâmetro contendo um recheio metálico de alta eficiência, sob condições de refluxo total. O experimento foi realizado de acordo com a norma ASTM D 2892 (Método de Ensaio Padrão para Destilação de Petróleo Cru) utilizando uma mistura 50/50 em volume de n-heptano e metilciclohexano a uma taxa de destilação de 1710,6 mL x cm²/h. Após atingida a taxa de ebulição requerida, as alíquotas foram retiradas do extrator (topo) e do balão em intervalos de 20 minutos até que as medições do índice refrativo indicassem, por comparação com uma curva de calibração previamente construída, índice de refração versus composição molar de heptano, que foram atingidas condições constantes de máxima eficiência. O número de pratos teóricos da coluna foi calculado utilizando a equação de Fenske.

Resultados e Discussão

A norma ASTM D 2892 (2003) determina que o número de pratos teóricos para uma coluna de destilação de petróleo deve estar entre 14 e 18 para a obtenção de uma separação eficiente das frações do petróleo durante uma destilação. O ensaio realizado neste trabalho visa determinar o número de pratos teóricos de uma coluna de recheio metálico de alta eficiência verificando se esta se encontra enquadrada na norma.

O balão utilizado para a realização deste ensaio é especificado pela norma ASTM D 2892. Durante o experimento o balão requerido pela norma era revestido pela manta de aquecimento e o termopar, utilizado para controle da temperatura do fundo, ficava em contato direto com a manta e a parte externa do balão. Entretanto, após a realização de alguns testes utilizando este balão, observou-se que a temperatura do fundo não estabilizava, e com isso, a taxa de ebulição da mistura não permanecia constante. Para sanar este problema, uma pequena modificação foi feita adicionando uma entrada para termopar ao balão. O balão da norma ASTM D 2892 e o novo balão podem ser observados nas Figuras 1 e 2.

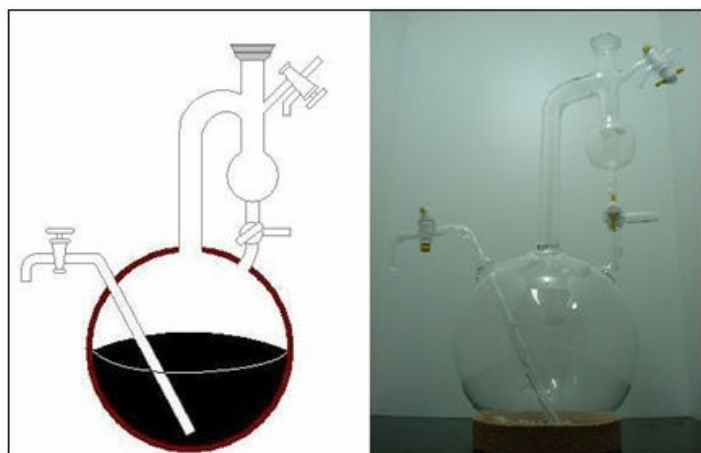


Figura 1: Balão segundo a norma ASTM D 2892.

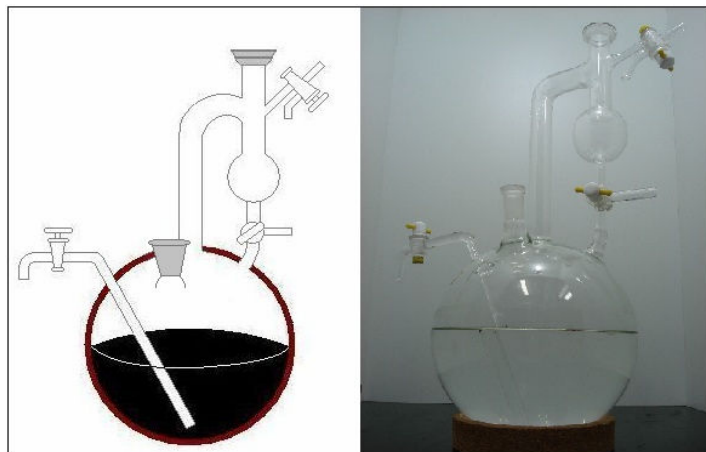


Figura 2: Balão modificado.

Esta medida, juntamente com uma modificação estrutural da sala de destilação, aonde foi acrescentada uma porta visando manter a temperatura da sala constante, contribuiu para uma menor variação da temperatura da mistura.

Para realizar a medição da composição molar do heptano nos pares de amostras retiradas durante o experimento, construiu-se, de acordo com a norma ASTM D 2892, uma curva de calibração, índice de refração versus composição molar de heptano. A curva encontrada pode ser observada na Figura 3.

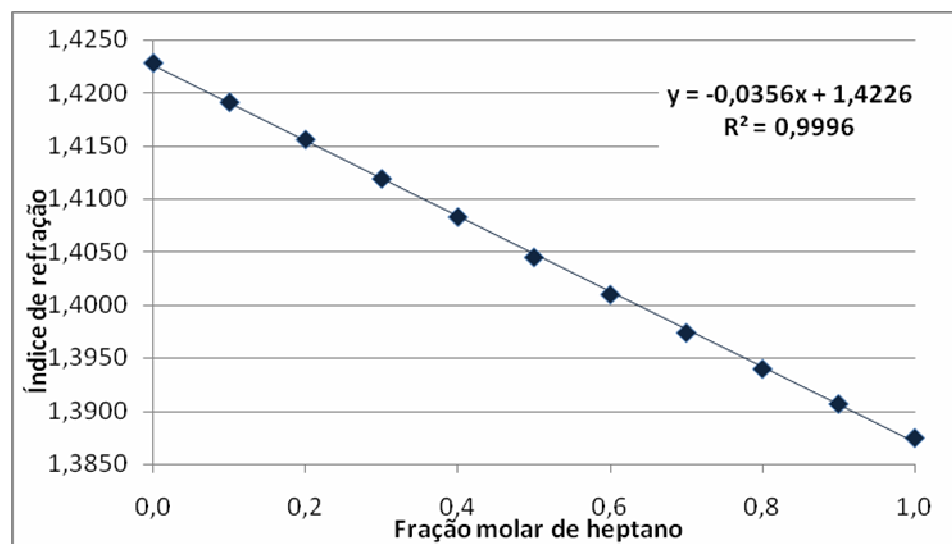


Figura 3: Curva de Calibração

Os valores da composição molar de heptano nas alíquotas foram usados para calcular, pela equação de Fenske (Equação II), o número de pratos teóricos da coluna de recheio.

Diversas foram as tentativas de se determinar o número de pratos teóricos da coluna de destilação utilizando tanto o balão recomendado pela norma quanto o modificado, porém, serão mostrados os dois últimos resultados obtidos para o balão com a entrada para termopar já que este apresentou uma maior estabilização da temperatura de fundo.

Os experimentos serão chamados de A e B. As condições nas quais os ensaios foram feitos são semelhantes sendo que a única modificação realizada entre elas foi quanto a restrição da passagem de pessoas pela sala de destilação durante o experimento B, visando, com isso, manter uma temperatura mais constante da sala. Nas Figuras 4 e 5 podem ser observadas a variação das porcentagens de heptano no topo e no balão a cada alíquota retirada e o número de pratos teóricos obtidos, respectivamente.

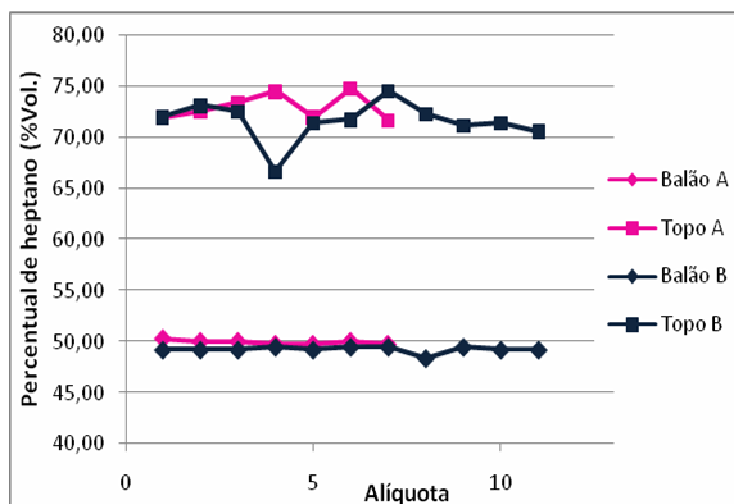


Figura 4: Percentual de heptano no topo e no balão.

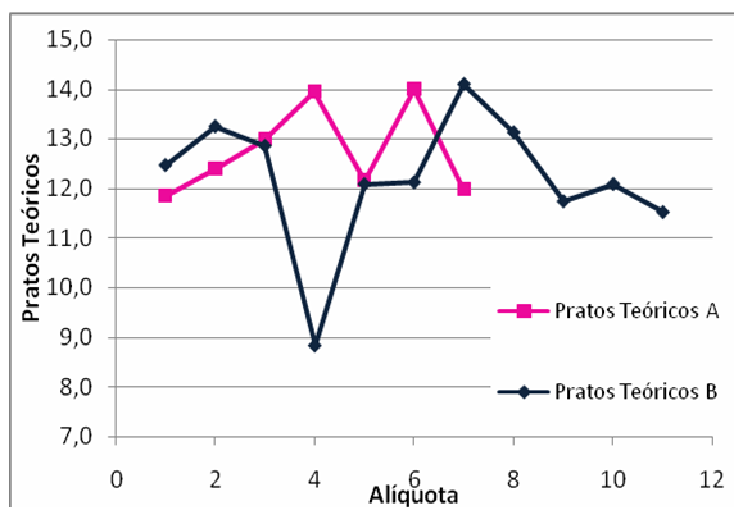


Figura 5: Número de Pratos Teóricos.

Obteve-se um número máximo de 14,0 pratos teóricos no experimento A, enquanto que em B esse valor foi de 14,1. Não se observou, porém, uma estabilização destes números. Alguns fatores contribuíram para esta variação, entre eles, encontram-se a alteração na temperatura do ar condicionado que, para uma mesma temperatura programada (25°C), variou de, aproximadamente, 21 a 27°C e a do controlador que não foi capaz de manter a temperatura programada (104,5°C), variando de 104,0 a 105,8°C durante o experimento. Outro fator importante foi a quebra do vácuo da coluna durante os ensaios, pois o vácuo funciona como um isolante impedindo a troca de calor entre as partes interna e externa da coluna. Para tentar contornar esse problema e conseguir manter o líquido condensando no topo, aqueceu-se a fita da coluna prejudicando, com isso, a separação dos reagentes.

Não foram obtidos resultados conclusivos quanto ao número de pratos teóricos da coluna de recheio, porém o experimento foi válido, pois mostra que esta coluna enquadra-se na norma ASTM D 2892 que requer um número mínimo de 14 pratos teóricos para uma separação eficiente do petróleo. Devido aos fatores apresentados acima, é provável que o número de pratos teóricos seja superior ao encontrado nos experimentos e a realização de novos ensaios torna-se necessária para se determinar com precisão a eficiência da coluna.

Para 14,1 pratos teóricos, que foi o valor máximo encontrado, o HETP (Equação I) calculado foi de, aproximadamente, 5,0 cm de recheio/ prato teórico, ou seja, cada 5,0 cm de recheio equivale a um prato teórico da coluna de destilação.

Conclusões

Não foram obtidos resultados conclusivos quanto a eficiência de separação da coluna de recheio sendo que o número máximo de pratos teóricos encontrado foi de 14,1 mostrando que a coluna está enquadrada na norma ASTM D 2892. Para este número de pratos teóricos calculou-se um HETP de 5,0cm de recheio/prato teórico. Novos ensaios devem ser realizados para se determinar com precisão a eficiência da coluna.

Agradecimentos

LabPetro/UFES, Cenpes/PETROBRAS e FINEP.

Referências Bibliográficas

ASTM Method D 2892-03a. **Standard Test Method for Distillation of Crude Petroleum;** (15-Theoretical Plate Column), West Conshohocken, PA, USA: American Society for Testing and Materials, 2003.

CALDAS, Jorge N.; Lacerda, Antônio I. de; Veloso, Eduardo; Paschoal, Luiz C.M. **Internos de Torres, Pratos e Recheios.** Editora Interciência, 2ª Ed, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

FENSKE, M. R. **Industrial and Engineering Chemistry.** v. 24, p. 482, 1932.

MOTA, Mariana F. B. **Implantação de um Sistema de Destilação Atmosférica de Petróleos no LabPetro/UFES e Estudo Quimiométrico de Frações.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2008.

OLIVEIRA, Orlando L.; BARROS, Ricardo S.; MEDINA, Lilian C. **Avaliação Unidade de Destilação para Curva PEV através Determinação do Número de Pratos Teóricos (NPT).** IX Seminário de Química Analítica, PETROBRAS, Rio de Janeiro, RJ, 2006.