

POTRICH, Erich; AMARAL, Larissa Souza. Dimensionamento e predição de custos de tanques flash no software de modelagem EMSO. In: WORKSHOP DE INOVAÇÃO, PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO, 4., 2019, São Carlos, SP. *Anais...* São Carlos, SP: IFSP, 2019. p. 20-24. ISSN 2525-9377.

DIMENSIONAMENTO E PREDIÇÃO DE CUSTOS DE TANQUES FLASH NO SOFTWARE DE MODELAGEM EMSO

ERICH POTRICH¹, LARISSA SOUZA AMARAL²

¹ Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, São Carlos – SP, Brasil.

² Universidade de São Paulo - USP, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia - EESC/FMRP/IQSC, São Carlos – SP, Brasil.

RESUMO: O simulador de processos orientado a equações EMSO (*Environment for Modeling, Simulation and Optimization*) foi criado em 2003 e apresenta uma ampla gama de modelos de equipamentos dos principais processos da indústria química e petroquímica. Esses modelos apresentam balanços de massa e energia, prevendo o comportamento e funcionamento dos equipamentos industriais. Contudo esses modelos não descrevem o dimensionamento e nem o cálculo dos custos desses equipamentos. O objetivo desse trabalho é dimensionar um tanque flash, nas configurações vertical e horizontal. Após o cálculo do volume do equipamento, e com um valor conhecido do custo do equipamento para um determinado volume, calcular o custo desse equipamento para qualquer volume por meio da regra dos seis décimos. A metodologia aqui utilizada mostrou-se de fácil implementação e fácil convergência na simulação, facilitando a análise econômica de diferentes tanques flash.

PALAVRAS-CHAVE: Tanque flash. Dimensionamento. Custo de equipamentos. Regra dos seis décimos. EMSO.

ABSTRACT: The equation-oriented process simulator EMSO (*Environment for Modeling, Simulation and Optimization*) was created in 2003 and features a wide range of equipment models from leading processes in the chemical and petrochemical industry. These models present mass and energy balances, predicting the behavior and operation of industrial equipment. However, these models do not describe the design and costing of such equipment. The objective of this work is to size a flash tank, in the vertical and horizontal configurations. After calculating the equipment volume, and with a known value of the equipment cost for a given volume, to calculate the cost of that equipment for any volume by means of the six-tenth rule. The methodology used here was easy to implement and easy convergence in the simulation, facilitating the economic analysis of different flash tanks.

KEYWORDS: Flash tank. Sizing. Cost of equipment. Rule of six tenths. EMSO.

INTRODUÇÃO

O EMSO foi criado em 2003 para simular processos estacionários e transientes da indústria, sendo gratuito para fins acadêmicos. O software é multitarefas e é baseado em equações, ou seja, para a obtenção da solução o simulador agrupa as equações de todas as unidades do processo em um único sistema. (SOARES e SECCHI, 2003).

O EMSO tem diversos modelos de equipamentos como reatores, trocadores de calor, misturadores, separadores... O flash é um exemplo de separador em que uma corrente líquida, composta por diferentes componentes de diferentes pontos de ebulição, tem parte de seus componentes mais voláteis evaporados por aquecimento e/ou por queda de pressão. O modelo aqui utilizado de flash

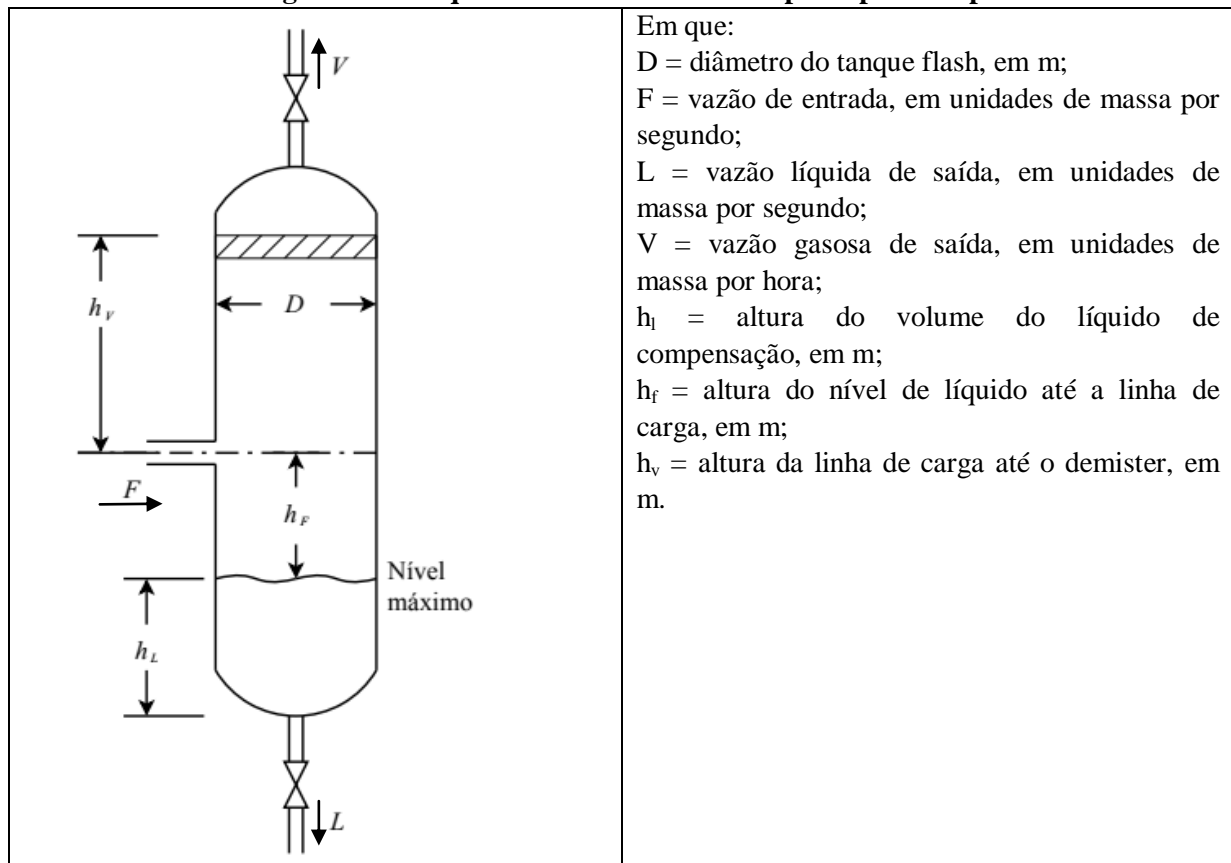
está em estado estacionário, ou seja, suas vazões, concentrações, temperatura e demais características não variam com o tempo.

Se há o conhecimento de o custo de um equipamento, mas numa configuração diferente, esse valor pode ser ajustado para a configuração desejada por meio da regra dos seis décimos. Essa regra heurística foi criada por Williams (1947) e se apresenta satisfatória quando um custo de cerca de 35% de precisão é requerido.

MATERIAL E MÉTODOS

Na Figura 1 encontra-se o esquema de um tanque flash vertical. As Equações de 1 a 7 e a Equação 9 são para o cálculo de um tanque flash vertical, enquanto as Equações 1 a 3 e as Equações 8 a 9 são para o cálculo de um tanque flash horizontal.

Figura 1 – Tanque flash vertical com seus principais componentes



Fonte: Adaptado de Wankat (2012).

Após ter-se determinado as composições e as vazões das correntes de saída do vapor e do líquido, usa-se fórmulas empíricas para determinar-se o tamanho do tanque flash. Primeiramente calcula-se a velocidade de vapor permitida pela Equação 1 (WANKAT, 2012):

$$u_{perm} = K_{tanque} \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}} \quad (1)$$

Em que:

u_{perm} = velocidade de vapor máxima permitida na área máxima da seção transversal (m/s); ρ_L = densidade da corrente líquida; ρ_V = densidade da corrente vapor; K_{tanque} = constante empírica que depende do tipo do tanque (m/s).

O valor do K_{tanque} foi correlacionado por Blackwell (1984) por meio das Equações 2 e 3. Geralmente o valor de K_{tanque} varia entre 0,03048 m/s e 0,10668 m/s.

$$K_{tanques} = (Const.) \exp[A + B \cdot \ln F_{lv} + C(\ln F_{lv})^2 + D(\ln F_{lv})^3 + E(\ln F_{lv})^4] \quad (2)$$

$$F_{lv} = \frac{L}{V} \sqrt{\frac{\rho_V}{\rho_L}} \quad (3)$$

Em que Const. ; A; B; C; D; e E são constantes cujos valores são, respectivamente: Const. = 0,3048 m/s; A = -1,877478097; B = -0,8145804597; C = -0,1870744085; D = -0,0145228667; e E = -0,0010148518.

Wankat (2012) fornece que o cálculo da área da seção transversal (A_C) é dado pela Equação 4, enquanto o diâmetro (D) é dado pela Equação 5. A Equação 4 fornece a área da seção transversal horizontal.

$$A_C = \frac{V}{\mu_{perm} \cdot \rho_V} \quad (4)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_C}{\pi}} \quad (5)$$

A altura total da coluna (h_{total}) é calculado por meio das Equações 6 e 7 (SILLA, 2003. Ambas as equações das alturas são dimensões verticais.

$$h_{total} = h_L + 1,5 \cdot D + 0,4572m \quad (6)$$

$$h_L = \frac{L \cdot t_s}{A_C \cdot \rho_L} \quad (7)$$

O menor valor de h_L deve ser de 0,6096 m, caso a Equação 7 dê um valor menor, deve ser ajustado para 0,6096 m. t_s é uma constante de tempo, seu valor para tanques flashes verticais é de 180 e 300 s, geralmente se usa o valor de 240 s (SILLA, 2003). O valor de h_L deve ser entre 3 a 5 vezes o valor do diâmetro, ou seja, h_L/D deve estar entre 3 e 5. Caso o valor de h_L seja menor que 3 vezes o diâmetro, o valor de h_L deve ser ajustado para ser 3 vezes o diâmetro. Caso o valor do h_L seja maior que 5 vezes o valor do diâmetro, um tanque flash horizontal deve ser utilizado no lugar de um tanque horizontal. (WALKAT, 2012).

No caso de um tanque flash horizontal, a sequência das Equações 4 a 7 são substituídas, respectivamente, pelas Equações 8 e 9:

$$A_C = \frac{V}{0,625 \cdot \mu_{perm} \cdot \rho_V} \quad (8)$$

$$h_{total} = \frac{L \cdot t_s^*}{0,5 \cdot A_C \cdot \rho_L} \quad (9)$$

A Equação 8 fornece a área da seção transversal vertical. t_s^* é uma constante de tempo e seu valor para tanques flashes horizontais é em torno de 525 s. A Equação 9 fornece uma altura horizontal, ou seja, pode ser chamado de comprimento do tanque flash horizontal. O cálculo do volume do tanque flash é o mesmo tanto para tanque vertical e horizontal e é dado pela Equação 10.

$$Volume = A_C \cdot h_{total} \quad (11)$$

Após o cálculo do volume, e conhecendo o custo (C_1) de um determinado equipamento a um dado volume, é possível calcular o custo (C_2) para qualquer volume por meio da regra dos seis décimos, dada pela Equação 11.

$$C_2 = C_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0,6} \quad (11)$$

A razão adimensional P_2/P_1 é definida como um “fator de tamanho” e pode ser expresso em termos de área, potência, vazão e, nesse caso, volume. Um valor de preço de tanque flash levantado com fornecedores é de US\$ 21.695,00 para um tanque flash de 11,3 m³.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo tradicional de fabricação de óleo de soja processa 125 t/h, produzindo 25 t/h de óleo bruto. Esse óleo, para estar apto ao consumo humano, precisa passar pelo processo de desacidificação, ou seja, eliminar os ácidos graxos livres. Meirelles *et al.* (2001) propõe um processo de desacidificação desse óleo por etanol hidratado de 90% em massa, sendo os outros 10% de água. Para essa vazão de óleo bruto de soja é necessário 22,2 t/h de etanol. Essas correntes entram em contracorrente em um desacidificador de pratos produzindo duas correntes, uma corrente de refinado e outra de extrato. A corrente de refinado tem uma vazão de 26,9 t/h e é rica em óleo de soja desacidificado, com presença de em torno de 8,3% de etanol. Já a corrente de extrato tem uma vazão de 20,3 t/h e é rica em etanol, com a presença de em torno de 1,4% de ácido graxo livres. Devido a grande diferença do ponto de ebulição entre o etanol hidratado e os demais componentes, o flash seria uma ótima opção.

A vazão de refinado vai para o tanque flash 1 que, segundo a metodologia aqui apresentada, tem uma configuração horizontal, uma área de seção transversal vertical de 0,28 m² e um comprimento horizontal de 28,47 m. Totalizando um volume de 8,04 m³ e um custo de US\$ 17.698,5.

A vazão de extrato vai para o tanque flash 2 que apresenta configuração vertical, uma área de seção transversal horizontal de 16,37 m² e uma altura vertical de 13,70 m. Com isso, o volume total é de 224,28 m³ e o custo é de US\$ 130.312. Apesar de ter uma vazão de entrada menor, a vazão de vapor do flash 2 é muito maior que o do flash 1 dada a quantidade de etanol sendo vaporizada, necessitando um volume de reator muito maior.

CONCLUSÕES

A metodologia se mostrou eficiente e não acarretou diferença na demanda computacional, já que a velocidade de convergência do EMSO se manteve a mesma. Há outras metodologias de cálculo de dimensões do tanque flash nas mesmas referências, contudo apresentam maior complexidade e demanda computacional, sem apresentar grandes diferenças dos valores aqui encontrados. Saber o custo de um equipamento flash é importante para saber sua viabilidade econômica para o processo industrial.

REFERÊNCIAS

BLACKWELL, W. Wayne. **Chemical Process Design on a Programmable Calculator**. McGraw-Hill, New York, 1984.

MEIRELLES, Antonio José de Almeida et al. Processo de desacidificação de óleos e gorduras por extração líquido-líquido e processo de purificação de biodiesel e de tratamento do reagente alcoólico. Patente PI0900869-1 A2, 2011.

SILLA, Harry. **Chemical process engineering: design and economics**. New York: Marcel Dekker, 2003.

SOARES, Rafael P.; SECCHI, Argimiro R. EMSO: A new environment for modelling, simulation and optimization. **Computer Aided Chemical Engineering**, v. 14, p. 947-952, 2003.

WANKAT, Phillip C. **Separation process engineering: includes mass transfer analysis**. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2012.

WILIANS, R. Six-tenths Factor Aids in Approximating Costs. *Chemical Engineering magazine*, dez. 1947.