



Curso de Engenharia Química
Operações Unitárias II – 2016/2

Prof. Rodolfo Rodrigues

Lista 8: Dimensionamento de Coluna Recheada

Exercício 1*

(Azevedo e Alves, 2013, Exemplo 8.3)

Pretende construir-se uma torre recheada com selas *Intalox* plásticas de 50 mm para tratar 708 m³/h de uma corrente gasosa que contém 2% (em volume) de amônia, usando água ($\rho_L = 998 \text{ kg/m}^3$ e $\mu_L = 1 \text{ cP}$) como absorvente a 20°C e 1 atm. Sabendo que se vai usar 1 kg de água por cada kg de gás a tratar, calcule:

- O diâmetro da torre, usando uma velocidade do gás igual a 1/2 da velocidade de inundação.
- A queda de pressão, se a altura do recheio for 6,1 m.
- Repita o cálculo do item (a), se optarmos por recheio estruturado *Mellapak 350.Y*.

Respostas: (a) 0,42 m. (b) 854 Pa. (c) 0,42 m.

Exercício 2*

(Azevedo e Alves, 2013, Exemplo 8.4)

Considere a operação de absorção do Exemplo 7.2 (Azevedo e Alves, 2013). Admita que a mesma operação é efetuada em uma coluna recheada com 0,5 m de diâmetro. Usando o conceito de HETP, determine a altura de recheio nas seguintes condições:

- Recheio randômico constituído por anéis de *Nutter* de 0,7".
- Recheio estruturado *Mellapak 350.Y*.

São dadas as massas molares (g/mol) de 28,9 para o ar e 58,08 para a acetona.

Respostas: (a) 2 m. (b) 1,4 m.

Exercício 3

(Azevedo e Alves, 2013, Problema 8.11)

Uma coluna de absorção com anéis de *Pall* plásticos de 2" (cujo HETP é 1,83 m) vai remover o cloro presente em 7 000 kg/h de uma corrente gasosa usando 5 000 kg/h de um solvente orgânico. Sabendo que esta separação requer 20 estágios teóricos e considerando a densidade da fase gasosa como a do topo da coluna, estimada em 4,2 kg/m³, Determine:

- O diâmetro da coluna.
- A altura da coluna.

São dadas as densidades médias (kg/m³) de 4,8 para o vapor e 833 para o líquido; e a viscosidade cinemática do líquido de 0,48 cSt.

Respostas: 0,73 e 37 m, respectivamente.

Exercício 4

(Azevedo e Alves, 2013, Problema 8.32)

Uma coluna de destilação com 21 m de altura e com recheio de selas de *Berl* destila 1 355 kg/h de uma mistura fenol/*o*-cresol com uma fração molar inicial $z = 0,55$ de fenol, que é o componente mais volátil. A coluna produz 800 kg/h de destilado de composição $x_D = 0,91$ e 555 kg/h de resíduo de composição $x_W = 0,03$. A vazão do refluxo é 5 760 kg/h e a carga entra 20% vaporizada. Usando o método F.U.G.:

- Calcule o número de pratos teóricos desta separação.
- Determine a altura equivalente a um prato teórico.

É dada a volatilidade relativa fenol/*o*-cresol, a 1 atm, de 1,26.

Respostas: (a) $N = 47$; (b) HETP = 0,45 m.

Formulário

- Cálculo do Diâmetro, d_c :

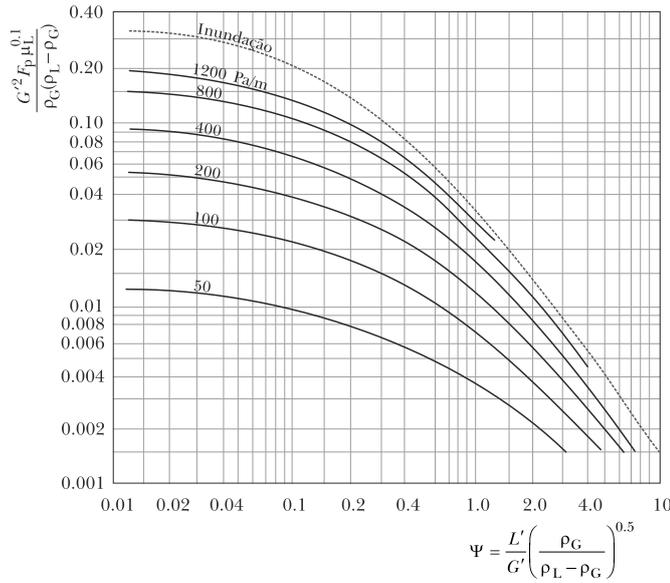


Figura 1: Queda de pressão, $\Delta p/z$, em colunas de recheio randômico de 1ª geração. Dados F_p em ft^{-1} e μ_L em cP. Válido para $F_p > 60 \text{ ft}^{-1}$.

Tabela 1: Fatores de recheio randômico, F_p (m^{-1}).

Recheio	Dimensão, mm					
	13 (0,5")	25 (1")	38 (1,5")	50 (2")	64 (2,5")	75 (3")
<i>Anéis de Raschig</i>						
Cerâmicos	1903	508	312	213	–	121
Metálicos	1345	472	272	187	–	105
<i>Anéis de Pall</i>						
Plásticos	–	180	130	85	–	–
Metálicos	–	183	131	89	–	–
<i>Selas de Berl</i>						
Cerâmicos	790	360	215	150	–	–
<i>Selas Intalox</i>						
Cerâmicos	660	302	171	131	–	72
Plásticos	–	131	–	92	–	59
<i>Anéis de Nutter</i>						
–	–	–	98	79	59	43

(a) Queda de Pressão, $\Delta p/z$:

- vácuo: $\sim 8\text{--}40 \text{ Pa/m}$.
- $\sim 1 \text{ atm}$: $\sim 400\text{--}600 \text{ Pa/m}$.
- pressão elevada: $\sim 800\text{--}1200 \text{ Pa/m}$.

$$G' = \left[Y \frac{\rho_G (\rho_L - \rho_G)}{F_p \mu_L^{0,1}} \right]^{0,5} \quad (1)$$

$$A = \frac{\overline{M}_G \cdot G}{G'} \quad (2)$$

$$d_c = \left(\frac{4A}{\pi} \right)^{0,5} \quad (3)$$

onde \overline{M}_G é a massa molar média do vapor.

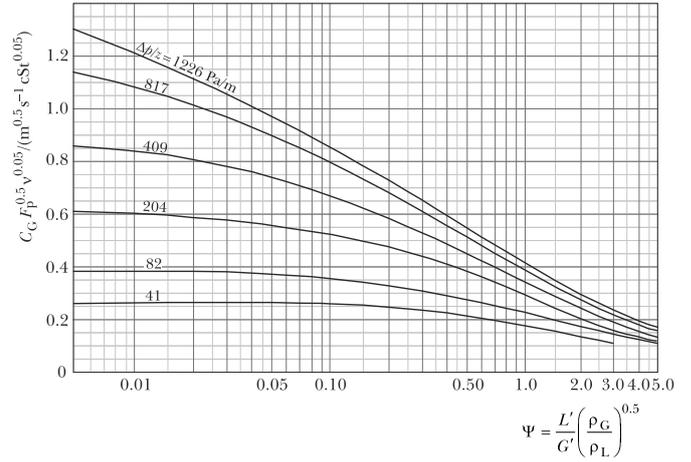


Figura 2: Correlação generalizada de queda de pressão, $\Delta p/z$, para recheio randômico mais recentes. Sabendo que $\nu = \mu_L / \rho_L$. Válido para $F_p < 200 \text{ m}^{-1}$.

Fator de capacidade do gás, C_G :

$$C_G = v_G \left[\frac{\rho_G}{(\rho_L - \rho_G)} \right]^{0,5} \quad (4)$$

onde:

$$v_G = \frac{G'}{\rho_G} = \frac{G}{A \rho_G} \quad (5)$$

(b) Percentual de Inundação:

$$G' = \left[Y_f \frac{\rho_G (\rho_L - \rho_G)}{C_f \mu_L^{0,1}} \right]^{0,5} \quad (6)$$

$$G'_{op} = (50\text{--}80\%) G'_f \quad (7)$$

$$d_c = \left(\frac{4G}{\pi G'_{op}} \right)^{0,5} \quad (8)$$

Para recheio estruturado, Fig. 3:

$$C_f = v_f \left(\frac{\rho_G}{\rho_L - \rho_G} \right)^{0,5} \quad (9)$$

$$\Psi = \frac{L'}{G'} \left(\frac{\rho_G}{\rho_L - \rho_G} \right)^{0,5} \quad (10)$$

Para $30 < F_p < 197 \text{ m}^{-1}$, é válida a correlação:

$$(\Delta p/z)_f = 40,912 \cdot F_p^{0,7} \quad (11)$$

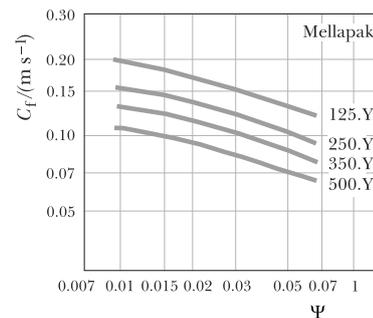


Figura 3: Fator de capacidade máxima, C_f , para recheio estruturado *Mellapak* série Y.

- Cálculo da Altura de Recheio, z :

$$z = (\text{HETP}) \times N \quad (12)$$

- Para recheios estruturados a pressão moderada ou baixa e com fluidos pouco viscosos:

$$\text{HETP} = \frac{100}{a_p} + 0,1 \quad (13)$$

onde a_p é a área superficial por unidade de volume do recheio.

- Regra prática mais simples e antiga:

$$\text{HETP} = d_c \quad (14)$$

válida para d_c pequeno.

- Correlação empírica de *Murch*:

$$\text{HETP} = K_1 (G')^{K_2} d_c^{K_3} z^{1/3} \left(\frac{\alpha \mu_L}{\rho_L} \right) \quad (15)$$

válida para $d_c < 0,3$ m e onde K são constantes dadas pela Tabela 2.

Tabela 2: Constantes da correlação de *Murch*.

Recheio	Dimensão, mm	K_1	K_2	K_3
<i>Anéis</i>	10 (3/8")	654 598	-0,37	1,24
	13 (1/2")	3 241 429	-0,34	1,24
	25 (1")	1 056 621	-0,1	1,24
	50 (2")	1 506 802	0	1,24
<i>Selas</i>	13 (1/2")	640 768	-0,45	1,11
	25 (1")	671 084	-0,14	1,11

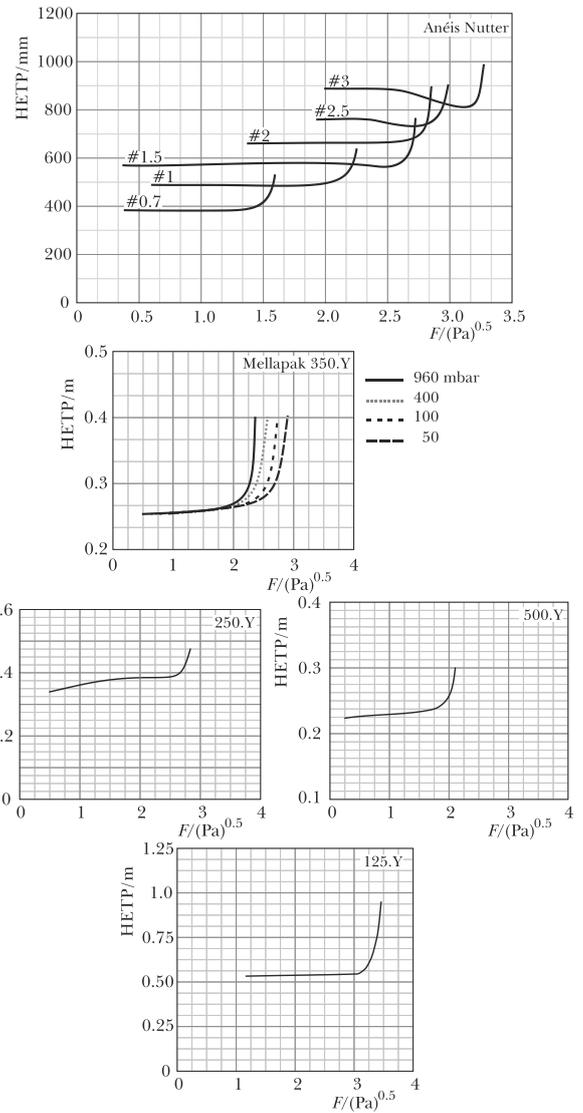


Figura 4: HETP para anéis de *Nutter* (0,7–3") e recheios estruturados *Mellapak* (125.Y, 250.Y, 350.Y e 500.Y). Sabendo que o fator de capacidade do gás $F = v_G(\rho_G)^{0,5}$ é dado em $\text{Pa}^{0,5}$. Os diagramas para os recheios estruturados *Mellapak* 125.Y, 250.Y e 500.Y são dados a 960 mbar.

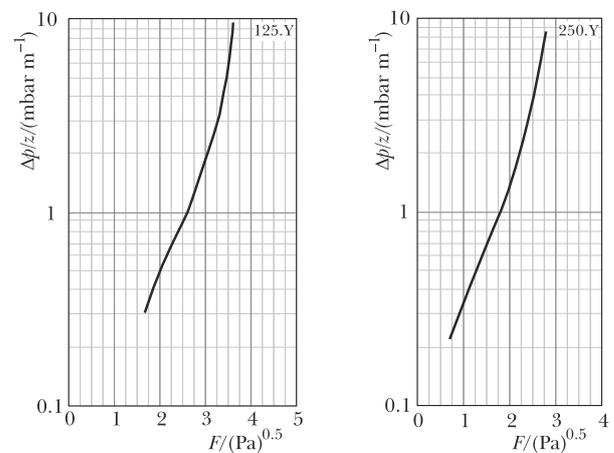


Figura 5: Queda de pressão, $\Delta p/z$, para recheio estruturado *Mellapak* 125.Y e 250.Y. Sabendo que o fator de capacidade do gás $F = v_G(\rho_G)^{0,5}$ é dado em $\text{Pa}^{0,5}$.