

FILTRO PRENSA E FILTRO DE TAMBOR ROTATIVO

RECUPERAÇÃO DE CARBONATO DE CÁLCIO NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAPEL

22 NOV. 2017

DIMENSIONAMENTO DOS FILTROS

Detalhamento e Cálculos

Proposta de venda – ProjetoEQ – Soluções em Engenharia Química.



A Projeteq Consultoria em Projetos de Engenharia Química foi fundada em 2017 com o objetivo de oferecer, através de estudo e análise de projetos, novas práticas de mercado, buscando soluções que se adequem à necessidade dos clientes.

Nossos serviços incluem quaisquer etapas de processamento industrial que envolvam Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias, Termodinâmica, etc. Podemos atender a diversos ramos industriais projetando e dimensionando equipamentos e tubulações, bem como oferecer suporte nas etapas de operação através de análises em laboratório ou computacionais (simulações).

Nossa equipe atual é formada por membros especializados nas soluções de problemas em Engenharia de Processos. Somos graduandos em Engenharia Química pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM e prestamos serviços de acessória e consultoria em projetos industriais para a disciplina de Operações Unitárias sob a supervisão da Prof. Dra. Kássia Graciele dos Santos.

SUMÁRIO

1. FILTRO PRENSA.....	4
1.1 Informações Gerais.....	5
1.2 Dimensionamento do Filtro	6
2. FILTRO TAMBOR ROTATIVO.....	9
2.1 Informações Gerais.....	10
2.2 Dimensionamento do Filtro	11

1. FILTRO PRENSA

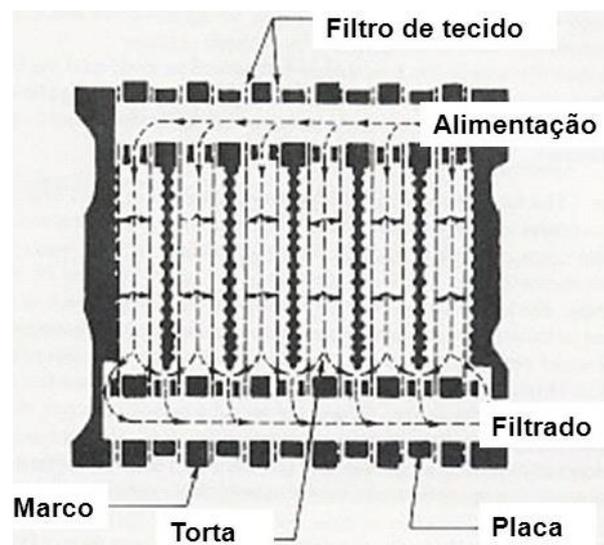
1.1 Informações Gerais

A filtração é largamente encontrada em diversos tipos de processamento nas indústrias químicas e correlacionadas, podemos citar: nas indústrias de papel, cervejeira e sucroalcooleira, bem como tratamento de efluentes industriais e domésticos.

Na filtração, o produto desejado pode ser tanto o fluido clarificado, como no caso das estações de tratamento de água, ou a própria torta.

O filtro prensa normalmente é um equipamento que opera em batelada, incluindo lavagem do meio filtrante e a forma de descarga da torta ao final do ciclo de filtração. Este tipo de filtro caracteriza-se por apresentar quadros e placas, que são separadas entre si pelo meio filtrante como mostra a figura 1.

Figura 1 – Esquema filtro prensa.



Fonte: Prof. Dr. Félix Monteiro Pereira.

No filtro prensa a suspensão é bombeada à prensa e escoar através das armações. As partículas se acumulam dentro da armação, levando à formação da torta. O filtrado escoar entre o meio filtrante e as placas pelos canais de passagem e sai pela parte inferior de cada placa. A filtração prossegue até que o espaço interno da armação esteja completamente preenchido por particulados. Segue-se a lavagem da torta e em seguida o filtro é aberto e a torta descarregada.

O filtro prensa é muito utilizado por precisar de uma menor área de implantação quando comparada aos métodos naturais de tratamento, além das tortas apresentarem baixo conteúdo de umidade.

1.2 Dimensionamento do Filtro

O projeto foi feito com o objetivo de separar carbonato de cálcio da água, a partir do filtro prensa. As propriedades do fluido estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados do fluido

Solução	CaCO₃ + H₂O
Temperatura (°C)	25
Viscosidade água (g/cm.s)	0,01
Densidade da partícula (g/cm ³)	2,7
Densidade da água (g/cm ³)	1
C _s (g _{sólido} /g _{H₂O})	0,0235
Massa torta molhada/massa de torta seca	1,2
Produção (L/h)	90000
T _d (min)	1,5

Fonte: Dos autores, 2017.

Os dados obtidos em laboratório durante a filtração estão dispostos da Tabela 2, assim como a relação do tempo com o volume de filtrado. Os dados do filtro prensa estão dispostos separadamente na Tabela 3.

Tabela 2 – Dados experimentais de filtração

Tempo (s)	Volume de Filtrado (cm³)	t/V
4,4	498	0,0088
9,5	1000	0,0095
16,3	1501	0,0109
24,6	2000	0,0123
34,7	2498	0,0139
46,1	3002	0,0154
59	3506	0,0168
73,6	4004	0,0184
89,4	4502	0,0199
107,3	5009	0,0214

Fonte: Dos autores, 2017.

Tabela 3 – Dados do filtro prensa

Filtro prensa laboratorial	
A₁ (cm²)	439
e₁ (in)	1,5
V₁ (cm³)	5009
V_{t1} (cm³)	67,1392
t₁ (s)	107,3

Fonte: Dos autores, 2017.

A partir disso, foi possível calcular a massa de torta, o volume da torta 1 e o Scale-up, respectivamente a partir das equações 1, 2 e 3

$$m = C_s V \rho \quad (1)$$

$$\frac{\text{massa de torta molhada}}{\text{massa de torta seca}} = \frac{m + (V_t - \frac{m}{\rho_s})}{m} \quad (2)$$

$$\text{Scale - up} = \frac{V}{V_t} \quad (3)$$

Em seguida foram calculados t₂, V₂ e A₂ partir das equações 4, 5 e 6, respectivamente, afim de obter os dados necessários para a escolha do filtro com área mais adequada.

$$\frac{t_2}{t_1} = \left(\frac{e_2}{e_1}\right)^2 \quad (4)$$

$$V_2 = P(t_2 + t_d) \quad (5)$$

$$A_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{e_1}{e_2} A_1 \quad (6)$$

A tabela 4 com os valores calculados está disposta a seguir.

Tabela 4 – Cálculos da área adequada

e₂ (in)	t₂ (s)	V₂ (cm³)	A₂ (cm²)
1	0,7948	57370,3704	9489,1311
1,25	1,2419	68547,4537	7256,2142
1,5	1,7883	82208,3333	6043,2717
1,75	2,4341	98353,0093	5311,9056
2	3,1793	116981,481	4837,2209
3	7,1533	216333,333	3975,7560

Fonte: Dos autores, 2017.

A área escolhida foi a de $e_2 = 2$, pois o tempo deve ser aproximadamente o dobro do tempo de montagem. A partir disso, foram especificadas as dimensões determinadas, dispostas na tabela 5.

Tabela 5 – Dados do filtro prensa escolhido

A₂ (ft²)	5,206736195
Dimensão nominal do elemento (in)	12
Área filtrante efetiva por quadro (ft²)	1,7

Fonte: Dos autores, 2017.

Enfim, foi calculado o número de quadros a partir da divisão da área obtida pela área filtrante efetiva por quadro e o número de placas, que é o número de quadros arredondado para cima.

A Tabela 6 mostra os resultados provenientes dos cálculos demonstrados acima.

Tabela 6 – Resultados.

Massa de torta (g)	Volume de torta 1 (cm³)	Scale-up	Número de quadros	Número de placas
117,7115	67,1396	74,6062	3,063	4

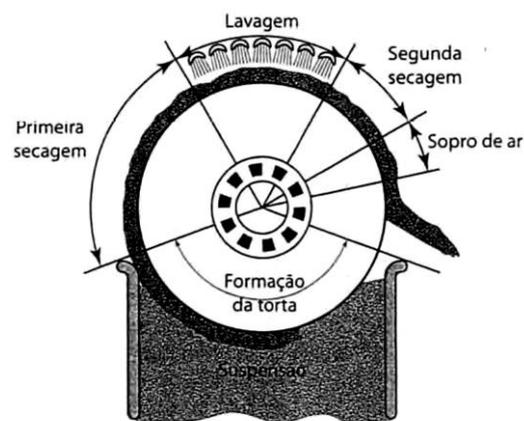
Fonte: Dos autores, 2017.

2. FILTRO TAMBOR ROTATIVO

2.1 Informações Gerais

Um filtro de tambor é um dispositivo grande e cilíndrico, tipicamente utilizado em aplicações industriais para filtrar líquidos que transportam alta concentração de sólidos em suspensão. O filtro de tambor rotativo atua extraíndo a água para a superfície externa do filtro através do espaço interior por meio de um vácuo interno como ilustra a figura 2.

Figura 2 – Esquema filtro tambor rotativo.



Fonte: CREMASCO, Marco Aurélio.

Os sólidos suspensos na água são presos à superfície do tambor, e a água filtrada é bombeada para fora. Filtros de tambor podem utilizar painéis de tela removíveis ou ter uma peneira padrão com orifícios na sua superfície para uso com um revestimento de um auxiliar de filtração. Estes modelos de filtros apresentam um mínimo de partes móveis e são baratos para operar e manter.

Esta máquina consiste tipicamente de um grande tambor que gira dentro de um compartimento com a solução que se deseja filtrar. O interior do tambor utiliza vácuo no seu centro e um sistema de bombeamento de água filtrada. Uma vez que o sistema é iniciado, o tambor rotativo, com o vácuo criado no seu interior, atrai a água suja do compartimento através do elemento de filtro no seu interior. Os sólidos em suspensão são presos à superfície externa do dispositivo de filtração para serem descartados ou usados, dependendo do que se deseja.

2.2 Dimensionamento do Filtro

Para o dimensionamento de um filtro de tambor rotativo, é necessário realizar a coleta de dados em laboratório utilizando um filtro folha. Com esses dados, utiliza-se uma relação de scale-up para o projeto do filtro industrial. É importante ressaltar que as condições operacionais do teste laboratorial devem ser as mesmas utilizadas no filtro industrial em operação. Ou seja, a suspensão, meio filtrante e queda de pressão devem ser as mesmas.

A suspensão a ser utilizada para o dimensionamento do filtro de tambor rotativo é uma mistura de carbonato de cálcio (densidade 2,7 g/cm³) com água à temperatura de 25 °C (viscosidade de 1 cP e densidade 1 g/cm³).

Sendo assim, os dados obtidos para o experimento para a formação de 6 mm de torta e área filtrante de 150 cm², encontram-se na tabela 7 apresentada a seguir.

Tabela 7 – Dados do Teste Laboratorial

Volume de filtrado (cm³)	900
Volume de lavagem (cm³)	200
Tempo de filtração (s)	200
Tempo de lavagem (s)	100
Tempo de secagem (s)	150
Outros tempos (s)	60

Fonte: Os Autores, 2017.

Em posse dos dados do experimento, calculou-se o tempo do ciclo completo resultando em 510 segundos, equivalente a 8,5 minutos. Os tempos se mantêm para o dimensionamento do filtro industrial, sendo assim, é possível calcular a rotação necessária para um ciclo (360°) de filtração, através da equação 7.

$$N = 1/t_c \quad (7)$$

Com isso, a rotação do filtro de tambor rotativo obtida foi de aproximadamente 0,12 rpm. A fração do tambor a ser submersa pode ser calculada dividindo o tempo de filtração pelo tempo total de um ciclo, conforme a equação 8.

$$I(\%) = \left(t_f / t_c \right) \cdot 100 \quad (8)$$

A fração submersa calculada para os dados apresentados foi de aproximadamente 39 %, o que equivale dizer que o ângulo da seção circular formado pela parte submersa é de 141°. A relação de scale-up usada para o filtro de tambor rotativo consiste em igualar os fluxos volumétricos de ambos os filtros conforme a equação 9.

$$\psi_1 = \left(Q/A \right)_1 = \psi_2 = \left(Q/A \right)_2 \quad (9)$$

Calculou-se, portanto, o fluxo volumétrico para o filtro laboratorial, que resultou em 423,53 L/m²h. Para o projeto do filtro industrial adotou-se uma capacidade de 15000 L/h. Portanto a área do filtro industrial pela relação de scale-up é de 35,42 m², o equivalente a 457,46 ft².

A partir da área de filtração em pés quadrados e do catálogo da FEINC, selecionamos o filtro de tambor rotativo com a área ligeiramente superior. As dimensões do filtro selecionado de área 462 ft² encontram-se na tabela 8, a seguir.

Tabela 8 – Dimensões do Filtro de Tambor Rotativo

Área Filtrante (ft²)	462
Diâmetro do Cilindro (ft)	10,6
Comprimento do Cilindro (ft)	14
Potência do Motor de Acionamento (HP)	1,5
Potência do Motor do Agitador (HP)	2

Fonte: Catálogo FEINC.