



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

ENSAIOS DE FILTRAÇÃO

Suzana Ferreira-Dias

Isabel Miranda

(Aula Prática no âmbito da U.C. de Operações Unitárias I)

2019/2020

1. Introdução

A filtração é uma operação unitária muito utilizada tanto a nível laboratorial como industrial. Consiste em remover fisicamente as partículas sólidas em suspensão num fluido, através de um meio poroso que retém essas partículas numa fase separada (bolo de filtração), deixando passar o fluido (filtrado). O estudo da filtração consiste fundamentalmente no estudo do caudal de filtração (V/t). O fluido passa através do meio de filtração, o qual oferece resistência à sua passagem, sob a influência de uma força que é o diferencial de pressão através do filtro. Logo, a velocidade de filtração pode ser expressa pela seguinte equação geral:

$$\text{Velocidade de filtração} = \text{força motriz} / \text{resistência} \quad (1)$$

Na resistência, R , há a considerar a resistência da membrana ou tela filtrante e a resistência do bolo de filtração. Como a resistência total é proporcional à viscosidade do fluido, μ , podemos escrever:

$$R = \mu \cdot R_b \cdot (L_c + L) \quad (2)$$

onde R_b é a resistência específica do bolo de filtração, L_c e L são a espessura do bolo de filtração e a espessura fictícia equivalente da membrana de filtração, respectivamente. Assumindo que todos os sólidos em suspensão ficam retidos no filtro, de área A , a espessura do bolo L_c será dada por:

$$L_c = \frac{xV}{A} \quad (3)$$

onde x é o teor de sólidos na suspensão (base seca), V é o volume de filtrado. Logo, o caudal de filtração, dV/dt , será dado pela seguinte expressão geral, conhecida como *Equação Fundamental da Filtração*:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A\Delta P}{\mu.R_b \left[\frac{xV}{A} + L \right]} \quad (4)$$

onde t é o tempo de filtração (s), V , o volume de filtrado (m^3), A é a área do filtro (m^2), x é o teor de sólidos (kg/m^3), R_b é a resistência específica do bolo, μ é a viscosidade do filtrado (Pa.s) e ΔP , o gradiente de pressão aplicada (Pa).

Após os primeiros instantes, em que a filtração decorre a caudal constante, e após a formação do bolo de filtração, a operação passa a processar-se sob pressão constante. Nestas condições, a equação (4) pode ser rescrita na forma seguinte, a qual é muito útil no estudo das operações de filtração às escalas laboratorial, piloto e industrial:

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu.x.R_b}{2\Delta P} \frac{V}{A^2} + \frac{\mu.L.R_b}{\Delta P.A} \quad (5)$$

onde $R_b.L$ é a resistência específica da membrana, R_m .

2. Objectivos

Com o presente trabalho pretendem-se realizar ensaios de filtração, em condições da segunda etapa da filtração (ΔP constante) de uma suspensão de borras de café em água, nas seguintes situações:

- 1) Ensaios a diferentes pressões, mantendo constante a concentração de sólidos nas suspensões;
- 2) Ensaios a pressão constante, variando a concentração de sólidos nas suspensões.

Com estes ensaios pretende-se estudar a influência do (i) diferencial de pressão aplicado e das (ii) características do bolo de filtração e (iii) do filtro (membrana) na cinética da operação.

3. Material e Métodos

Material: borras de grãos de café moídos (obtidos após a extracção dos solúveis do café), papel de filtro.

Filtro de Buckner (Sartorius, 16306) com copo graduado e membrana filtrante de 12 cm de diâmetro; 1 cronómetro; 1 balão de Erlenmeyer de 500 mL; 1 bomba de vácuo Velp Scientifica (JVP – F40100541) que actua a pressões de 0,04 bar a 1 bar.

Preparação das amostras:

1) Ensaios a diferentes pressões e com concentração de sólidos constante:

Para cada ensaio a pressão constante, preparar 400 mL de suspensões de “borras” de café, com 40 g de sólidos (base húmida).

2) Ensaios a pressão constante e carga de sólidos variável:

Para cada ensaio, preparar 400 mL de suspensões de “borras” de café, com as seguintes massas de sólidos (base húmida): 40, 60 e 80 g.

Modo operatório:

1) Ensaio a diferentes pressões e concentração de sólidos constante:

Para uma dada concentração de sólidos, realizar a experiência seguinte para os níveis de pressão: 0,616; 0,30 e 0,232 bar.

- Pesar o papel de filtro a utilizar sobre a placa filtrante.
- Colocar esse papel de filtro sobre a placa filtrante e montar o aparelho de filtração.
- Verter a suspensão no copo do filtro, ligar imediatamente a bomba à pressão desejada e começar a cronometrar o tempo.
- Anotar os volumes de filtrado e os respectivos tempos de filtração necessários.

2) Ensaio a pressão constante e concentração de sólidos variável

Manter a pressão da bomba a um valor constante (0,53 bar) e proceder conforme descrito anteriormente em 1), utilizando as diferentes suspensões de borras de café em água.

3) Cálculo do teor de humidade e de matéria seca das borras de café:

- No final da operação de filtração, retirar com cuidado o papel de filtro com o bolo de filtração aderente, e levar à estufa a 80°C durante 24 h.
- Após secagem, retirar o papel com o bolo da estufa, arrefecer num exsiccador até à temperatura ambiente e pesar em balança analítica.
- Determinar o teor de humidade e de matéria seca nas borras.

4. Tratamento dos resultados:

Para cada situação experimental, (1) “ensaio a diferentes pressões e concentração de sólidos constante” ou (2) “Ensaio a pressão constante e concentração de sólidos variável”:

- Representar graficamente os resultados obtidos;
- Calcular a fracção mássica de sólidos na suspensão (base seca), x (kg/m^3);
- Calcular os valores das resistências específicas do bolo e da membrana, através da equação (5) ou de outra equivalente. Considerar a viscosidade do filtrado igual à da água ($0,001005 \text{ Pa}\cdot\text{s}$).
- Para os ensaios a diferentes pressões e concentração de sólidos constante, representar graficamente a variação de R_b e R_m com ΔP e, se possível, estabelecer relações algébricas entre estes parâmetros.
- Para os ensaios a pressão constante e diferentes concentrações de sólidos, representar graficamente a variação de R_b e R_m com x e, se possível, estabelecer relações algébricas entre estes parâmetros.
- Interpretar os resultados obtidos.

Bibliografia:

Earle, R.L. (1985), *Unit Operations in Food Processing*, Pergamon Press.

Geankoplis, C.J. (1986), *Transport Processes and Unit Operations*, 3ª Edição, Prentice-Hall International, Inc.