

EXERCÍCIO: Dispersão Hidrodinâmica - Ensaio de Coluna - 1

O ensaio de dispersão ou coluna é geralmente realizado para a determinação do coeficiente de dispersão hidrodinâmica D_{dh} e do fator de retardamento R_d .

O ensaio de coluna começa como um ensaio de permeabilidade a carga constante. Após a passagem de um volume de água suficiente para regularizar a vazão (geralmente igual a dois volumes de vazios do corpo-de-prova), substitui-se a alimentação de água pela de uma solução de composição conhecida, mantendo-se o gradiente hidráulico aplicado. Monitora-se a concentração efluente ao longo do tempo, até que esta atinja o valor da concentração da solução aplicada ao corpo-de-prova. Um esquema ilustrativo do ensaio de coluna está apresentado na Figura 1.

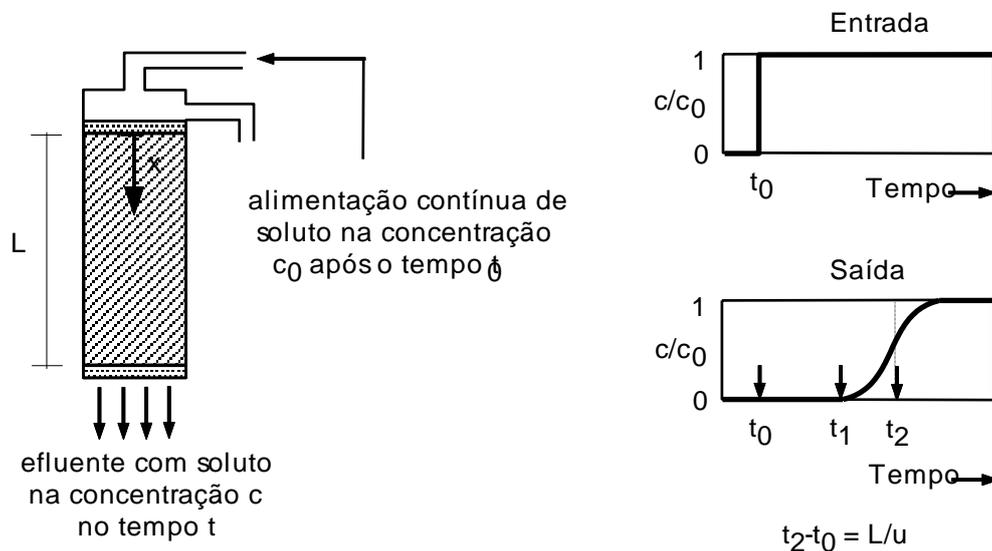


Figura 1 – Esquema ilustrativo do ensaio de coluna

Se houvesse apenas advecção, as partículas de soluto atingiriam a base da coluna após um intervalo de tempo igual a L/u ; observa-se, no entanto, que a concentração da solução na base da amostra de solo em função do tempo segue a curva indicada na Figura 1, denominada curva de eluição ou “breakthrough curve”. Algumas partículas caminham mais rapidamente e outras mais lentamente que a velocidade média de fluxo u , devido ao fenômeno da dispersão.

Não ocorrendo adsorção, a concentração relativa c/c_0 atingirá o valor 0,5 no tempo $t_2 = t_0 + L/u$ (sendo t_0 o instante de aplicação da solução de concentração c_0 no topo do corpo-de-prova); caso ocorra adsorção do poluente pelas partículas de solo, a “breakthrough curve” será retardada.

O ensaio de coluna também permite investigar a compatibilidade entre solo e solução, verificando-se se há variação na permeabilidade devido à interação entre solo e solução.

A seguir serão apresentados alguns métodos para obtenção dos parâmetros D_{dh} e R_d , baseados na equação de Ogata e Banks (1961) ou nas formas simplificadas dessa equação apresentadas na aula anterior.

1) Estimativa de R_d pela comparação entre a velocidade da água e a velocidade da frente de soluto

$$R_d = \frac{u}{u_s}$$

R_d fator de retardamento

u velocidade específica (= v/n)

v velocidade de percolação ou de Darcy (= ki)

n porosidade

k coeficiente de permeabilidade ou de condutividade hidráulica

i gradiente hidráulico

u_s velocidade da frente de soluto (= $L/t_{0,5}$)

L altura do corpo-de-prova

$t_{0,5}$ tempo para o qual $c_e/c_0=0,5$

c_0 concentração da solução aplicada no solo

c_e concentração efluente

2) Estimativa de D_{dh} quando $R_d=1$ (utilização de traçadores, pH baixo etc.)

$$D_{dh} = \frac{1}{8} \left[\frac{L - ut_{0,16}}{\sqrt{t_{0,16}}} - \frac{L - ut_{0,84}}{\sqrt{t_{0,84}}} \right]^2$$

$t_{0,16}$ tempo para o qual $c_e/c_0=0,16$

$t_{0,84}$ tempo para o qual $c_e/c_0=0,84$

3) Estimativa de D_{dh} e R_d pela curva $c_e/c_0 \times T$.

Traça-se a tangente à curva no ponto $c_e/c_0=0,5$. O ponto de intersecção da tangente com o eixo das abscissas é R_d , e a tangente é:

$$b = \sqrt{\frac{P_L}{4\pi R_d^2}}$$

P_L e T são definidos como:

$$T = \frac{ut}{L} = \frac{V_e}{V_v} \quad \text{e} \quad P_L = \frac{uL}{D_{dh}}$$

T número de volume de poros

V_e volume efluente

V_v volume de vazios do corpo-de-prova

P_L número de Peclet

Tendo em vista o exposto, pede-se determinar R_d e D_{dh} para uma areia ensaiada com uma solução de 0,086 g/L de cloreto de sódio, com base nos resultados experimentais a seguir. São dados: $u = 1,3 \times 10^{-4}$ m/s e $L = 10$ cm.

Tempo (s)	c/c_0	Tempo (s)	c/c_0	Tempo (s)	c/c_0
660	0,04	740	0,16	820	0,92
670	0,04	750	0,23	830	0,94
680	0,04	760	0,33	840	0,96
690	0,04	770	0,46	850	0,97
700	0,05	780	0,6	860	0,99
710	0,065	790	0,72	870	1
720	0,10	800	0,84	880	1
730	0,12	810	0,88	890	1