

EXERCÍCIO: ENSAIOS DE COLUNA - MODELAGEM

O transporte unidimensional de solutos em solos, para as hipóteses de solo homogêneo, isotrópico e saturado, fluxo de água uniforme, e adsorção linear, pode ser expresso por:

$$\left(1 + \frac{\rho K_d}{n}\right) \frac{\partial c}{\partial t} = D_{dh} \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} - u \frac{\partial c}{\partial z} \quad \text{ou} \quad R_d \frac{\partial c}{\partial t} = D_{dh} \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} - u \frac{\partial c}{\partial z} \quad (1)$$

Onde:

- ρ massa específica seca do solo
- K_d coeficiente de distribuição ou de adsorção
- n porosidade
- c concentração
- t tempo
- z posição (profundidade)
- D_{dh} coeficiente de dispersão hidrodinâmica (difusão + dispersão mecânica)
- u velocidade específica (= v/n)
- v velocidade de percolação ou de Darcy (= ki)
- k coeficiente de permeabilidade ou de condutividade hidráulica
- i gradiente hidráulico
- R_d fator de retardamento

Com a imposição de determinadas condições iniciais e de contorno, a equação (1) pode ser resolvida analiticamente. Por exemplo, em um ensaio de dispersão ou coluna, adotando-se as condições a seguir, obtém-se como solução a equação (2).

$$c(z,0) = 0 \text{ para } z \geq 0$$

$$c(0,t) = c_0 \text{ para } t \geq 0$$

$$c(\infty,t) = 0 \text{ para } t \geq 0$$

$$c = \frac{c_0}{2} \left[\operatorname{erfc} \left(\frac{R_d z - ut}{2\sqrt{R_d D_{dh} t}} \right) + \exp \left(\frac{uz}{D_{dh}} \right) \operatorname{erfc} \left(\frac{R_d z + ut}{2\sqrt{R_d D_{dh} t}} \right) \right] \quad (2)$$

Onde

c_0 concentração da solução aplicada ao corpo-de-prova

erfc função erro complementar

Quando o comprimento da coluna, ou corpo-de-prova de solo, é suficientemente grande, o segundo termo da equação (2) é praticamente desprezível comparado ao primeiro, de modo que:

$$\frac{c}{c_0} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{R_d z - ut}{2\sqrt{R_d D_{dh} t}} \right) \quad (3)$$

Com a equação (3), esboce a frente de contaminantes para os casos a seguir, considerando comprimento da coluna igual a 5 cm ($L=0,05$ m), soluto inerte ($R_d=1$), velocidade de percolação (u) igual a 10^{-4} m/s, coeficiente de dispersão (D_{dh}) igual a 10^{-8} m²/s e coeficiente de difusão (D_d) igual a 5×10^{-10} m²/s.

