

**Declaro que segui o código de ética do Curso de Engenharia Ambiental ao realizar esta prova**

NOME: GABARITO

Assinatura: \_\_\_\_\_

**1** [25] Na teoria de difusão turbulenta de Taylor, é usual supor que cada partícula é emitida em  $z = 0$ , e que

$$\overline{Z(t)} = 0.$$

onde a barra indica uma média. Que média é essa? Como ela é (conceitualmente) calculada?

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:

Trata-se de uma média sobre todas as partículas emitidas:

$$\overline{Z(t)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z_i(t),$$

onde  $Z_i(t)$  é a trajetória da  $i$ -ésima partícula ■

**2** [25] Se  $W(t)$  é a velocidade vertical de cada partícula na teoria de difusão turbulenta de Taylor, dê a definição da função de autocorrelação lagrangeana de  $W$ .

---

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:

$$\varrho_L(\tau) \equiv \frac{1}{\overline{W^2}} \overline{W(t)W(t+\tau)} \blacksquare$$

**3** [25] Na equação

$$\sigma_Z^2 = 2K_{zz}t,$$

dê o significado físico de  $\sigma_Z$  e de  $K_{zz}$ .

---

**SOLUÇÃO DA QUESTÃO:**

$\sigma_Z^2$  é a variância do deslocamento vertical das partículas lagrangeanas.

$K_{zz}$  é a difusividade turbulenta.

**4** [25] Considere a equação de pluma gaussiana

$$\bar{c}(x, z) = \frac{q}{L\bar{u}\sqrt{4\pi K_{zz}(x/\bar{u})}} \exp\left[-\frac{\bar{u}}{x} \left(\frac{z^2}{4K_{zz}}\right)\right],$$

para uma emissão de dióxido de Nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ). **Adapte** a equação para uma altura efetiva de chaminé de 15 m, e para as seguintes condições:  $L = 20$  m,  $q = 20\,000\,000\,\mu\text{g s}^{-1}$ ,  $\bar{u} = 2\,\text{m s}^{-1}$ ,  $K_{zz} = 10\,\text{m}^2\text{s}^{-1}$ . Qual é a concentração de  $\text{NO}_2$  no solo a 300 m corrente abaixo da chaminé? **Nota: por simplicidade, não é necessário incluir uma fonte-imagem**

---

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:

$$\bar{c}(x, z) = \frac{q}{L\bar{u}\sqrt{4\pi K_{zz}(x/\bar{u})}} \exp\left[-\frac{\bar{u}}{x} \left(\frac{(z - H_e)^2}{4K_{zz}}\right)\right]$$

e calculamos para  $x = 300$  m e  $z = 0$ :  $c = 3\,507,78\,\mu\text{g m}^{-3}$ .