

**Simbologia:**

$d_{50}$	Tamanho médio do floco (m)
$d_s$	Diâmetro médio do floco (m)
$T_n$	Período de escala natural
$T$	Período de onda (s)
$h$	Profundidade da água (m)
$H$	Altura de onda (m)
$\rho$	Densidade da água (Kg/m <sup>3</sup> )
$g$	Gravidade (m <sup>2</sup> /s)
$\nu$	Viscosidade cinemática da água (m <sup>2</sup> /s)
$z_0$	Rugosidade de fundo (m)
$Re_c$	Número de Reynolds para corrente
$Re_w$	Número de Reynolds para onda
$A$	Amplitude Orbital do movimento de onda
$C_D$	Coeficiente de arrasto para vel. Integrada na profundidade
$C_{Dm}, C_{Dmax}$	Coeficiente de arrasto médio e máximo para o ciclo ondulatório
$f_{wr}$	Fator de atrito de onda para fundo rugoso
$f_{ws}$	Fator de atrito de onda para fundo liso
$\phi$	Diferença angular entre a direção de onda e corrente
$\delta$	Espessura da camada limite de onda
$\kappa$	Constante de Von Karman's (0.41)
$a_r, a_s$	Coeficiente que prescrevem $\delta$ para fluxo turbulento ou suave
$u_{*e}$	Velocidade de atrito efetiva
$\bar{U}$	Vel. Média integrada na profundidade
$U_w$	Velocidade orbital de onda (m/s)
$\tau_m, \tau_{max}$	Tensão de cisalhamento de fundo médio e máximo (Nm <sup>-2</sup> )
$\tau_w$	Amplitude oscilatória de tensão de cisalhamento de fundo devido às ondas.
$u_*$	Velocidade de cisalhamento do fluxo (m/s)
$\varepsilon_s$	Coeficiente de difusão turbulenta

$C$	Concentração (kg/m <sup>3</sup> )
Subscritos:	
$r$	Fluxo turbulento rugoso
$s$	Fluxo turbulento suave
$ref$	Referência

**Parte 1. Estimar a tensão de cisalhamento médio, para corrente, onda e onda+corrente.**

**Calculando a vel. Orbital de onda:**

$$\frac{T_n}{T} = \left( \frac{h}{gT^2} \right)^{0.5} \quad (A1)$$

Método de Nielsen's:

$$U_w = 0.5H(g/h)^{0.5} \left[ 1 - \frac{1}{3} \frac{2\pi T_n^2}{T} \right] se \frac{T_n}{T} < 0.2 \quad (A2)$$

Soulsby aproximação exponencial:

$$U_w = 0.5H(g/h)^{0.5} \exp \left\{ - \left[ \frac{4.41}{T} \left( \frac{h}{g} \right)^{0.5} \right]^{2.45} \right\} se \frac{T_n}{T} \geq 0.2 \quad (A3)$$

**Calculando os parâmetros básicos:**

$$z_0 = d_{50}/12 \quad (\text{fundo rugoso}) \quad (A4)$$

$$z_0 = \nu/(9u_{*e}) \quad (\text{fundo liso}) \quad (A5)$$

$$u_{*e} = \left( C_{Ds}^2 \bar{U}^4 + \left( \frac{f_{ws}}{2} \right)^2 U_w^4 \right)^{0.25} \quad (A6)$$

$$Re_c = \frac{\bar{U}h}{\nu} \quad (A7)$$

$$A = \frac{U_w T}{2\pi} \quad (A8)$$

$$Re_w = \frac{U_w A}{\nu} \quad (A9)$$

$$C_{Ds} = 0.0001615 \exp[6(Re_c)^{-0.08}] \quad (A10)$$

$$f_{ws} = 0.0521 Re_w^{-0.187} \quad (A11)$$

$$C_{Dr} = \left[ \frac{0.40}{\ln(h/z_0) - 1} \right]^2 \quad (A12)$$

$$f_{wr} = 1.39 \left( \frac{A}{z_0} \right)^{-0.52} \quad (A13)$$

**Para corrente somente:**

**Se  $Re_c < 2000$**

$$\tau_m = \tau_{max} = \frac{3\rho\nu\bar{U}}{h} \quad (A14)$$

**Se  $Re_c > 2000$**

$$\tau_{cr} = \rho C_{Dr} \bar{U}^2 \quad (A15)$$

$$\tau_{cs} = \rho C_{Ds} \bar{U}^2 \quad (A16)$$

$$\tau_c = \tau_{cmax} = \max(\tau_{cr}, \tau_{cs}) \quad (A17)$$

**Para onda somente:**

**Se  $Re_w < 1.5 \times 10^5$**

$$\tau_m = 0, \tau_{max} = \rho Re_w^{-0.5} U_w^2 \quad (A18)$$

**Se  $Re_w > 1.5 \times 10^5$**

$$\tau_{wr} = \frac{1}{2} \rho f_{wr} U_w^2 \quad (A19)$$

$$\tau_{ws} = \frac{1}{2} \rho f_{ws} U_w^2 \quad (A20)$$

$$\tau_m = 0, \tau_{max} = \max(\tau_{wr}, \tau_{ws}) \quad (A21)$$

**Para onda+corrente:**

$$Re_{c,cr} = 2000 + (5.92 \times 10^5 \times Re_w)^{0.35}$$

$$Re_{w,cr} = 1.5 \times 10^5$$

**Se  $Re_c < Re_{c,cr}$  e  $Re_w < Re_{w,cr}$  então:**

Não implementado. Os dados são maiores que o valor crítico para toda a série

**Se  $Re_c > Re_{c,cr}$  ou  $Re_w > Re_{w,cr}$  então:**

**Tensão de cisalhamento onda+corrente turbulento e rugoso:**

$$a_r = 0.24$$

$$T_1 = \frac{\delta}{z_0} = \max \left\{ a_r \left( \frac{f_{wr}}{2} \right)^{0.5} \left( \frac{A}{z_0} \right), 12 \right\} \quad (A22)$$

$$T_2 = \frac{h}{\delta} = \frac{h}{T_1 z_0} \quad (A23)$$

$$T_3 = \frac{u_{*e}}{\bar{U}} = \left[ C_{Dr}^2 + \left( \frac{f_{wr}}{2} \right)^2 \left( \frac{U_w}{\bar{U}} \right)^4 \right]^{0.25} \quad (A24)$$

$$A_1 = \frac{T_3 [\ln(T_2) - 1]}{2 \ln(T_1)} \quad (A25)$$

$$A_2 = \frac{0.4 T_3}{\ln(T_1)} \quad (A26)$$

$$C_{Dm} = [(A_1^2 + A_2)^{0.5} - A_1]^2 \quad (A27)$$

$$C_{Dmax} = \left[ \left( C_{Dm} + T_3 \cdot \frac{U_w}{\bar{U}} \left( \frac{f_{wr}}{2} \right)^{0.5} \cdot |\cos \phi| \right)^2 + \left( T_3 \cdot \frac{U_w}{\bar{U}} \left( \frac{f_{wr}}{2} \right)^{0.5} |\sin \phi| \right)^2 \right]^{0.5} \quad (A28)$$

**Tensão de cisalhamento onda+corrente turbulento e suave:**

$$a_s = 0.24$$

$$T_1 = 9a_s Re_w \left( \frac{f_{ws}}{2} \right)^{0.5} \left[ C_{Ds}^2 \left( \frac{\bar{U}}{U_w} \right)^4 + \left( \frac{f_{ws}}{2} \right)^2 \right]^{0.25} \quad (A29)$$

$$T_2 = \left( \frac{Re_c}{Re_w} \right) \left( \frac{U_w}{\bar{U}} \right) \frac{1}{a_s} \left( \frac{2}{f_{ws}} \right)^{0.5} \quad (A30)$$

$$T_3 = \left[ C_{Ds}^2 + \left( \frac{f_{ws}}{2} \right)^2 \left( \frac{U_w}{\bar{U}} \right)^4 \right]^{0.25} \quad (A31)$$

Calcule  $A_1$  e  $A_2$  com as equações A25, A26.  $C_{Dm}$  com a equação A27,  $C_{Dmax}$  com a equação A28 substituindo  $f_{wr}$  por  $f_{ws}$ .

$$\tau_m = \rho C_{Dm} \bar{U}^2 \quad (A32)$$

$$\tau_{max} = \rho C_{Dmax} \bar{U}^2 \quad (A33)$$

Se  $\tau_{max} > \tau_m$  então o fluxo é turbulento rugoso

$$\tau_m = \tau_{m,r}, \tau_{max} = \tau_{max,r}$$

Se  $\tau_{max} \leq \tau_m$  então o fluxo é turbulento suave

$$\tau_m = \tau_{m,s}, \tau_{max} = \tau_{max,s}$$

## Parte 2. Calcular o Perfil de Rouse

$$u_* = (\tau_m / \rho)^{0.5} \quad (A34)$$

$$\varepsilon_s = \kappa u_* (z + z_r) \quad (A35)$$

$$\varepsilon_s = \kappa u_* z + \varepsilon_0$$

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_s - \kappa u_* z$$

$$\varepsilon_0 = \kappa u_* z_r \quad (A36)$$

$$z_r = \frac{26d_s}{\kappa} \quad (A37)$$

$$W_s = \frac{2(\rho_{sed} - \rho_{water})}{9 \frac{v g d_{50}^2}{2}} \quad (A38)$$

$$Ro = \frac{\beta W_s}{\kappa u_*} \quad (A39)$$

$$C(z) = C_{ref} \left( 1 + \frac{\kappa u_* z}{\varepsilon_s} \right)^{-Ro} \quad (A40)$$