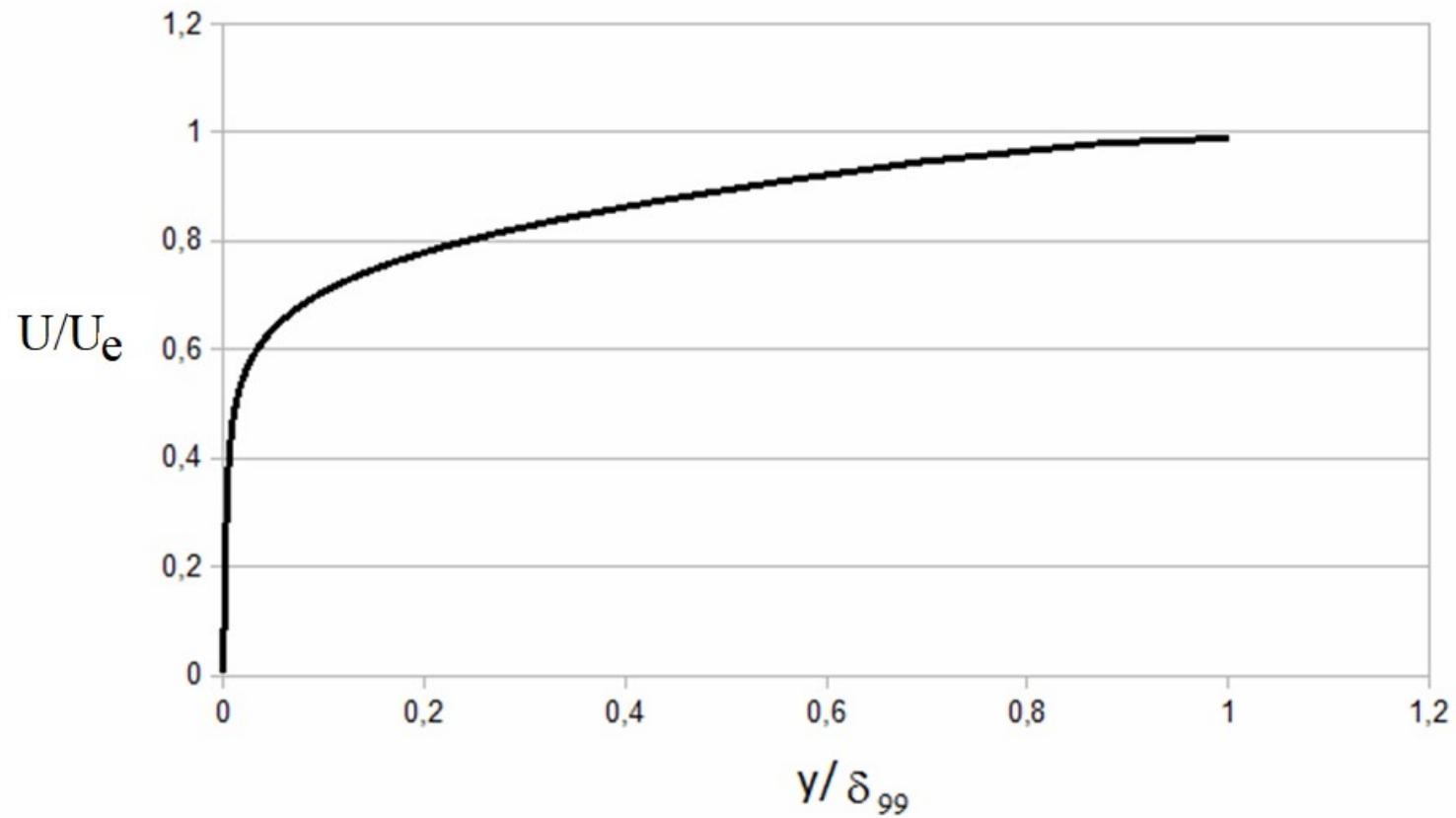


Resultados Físicos para a Camada Limite

Perfil de Velocidades



Adimensionalização do Perfil de Velocidades

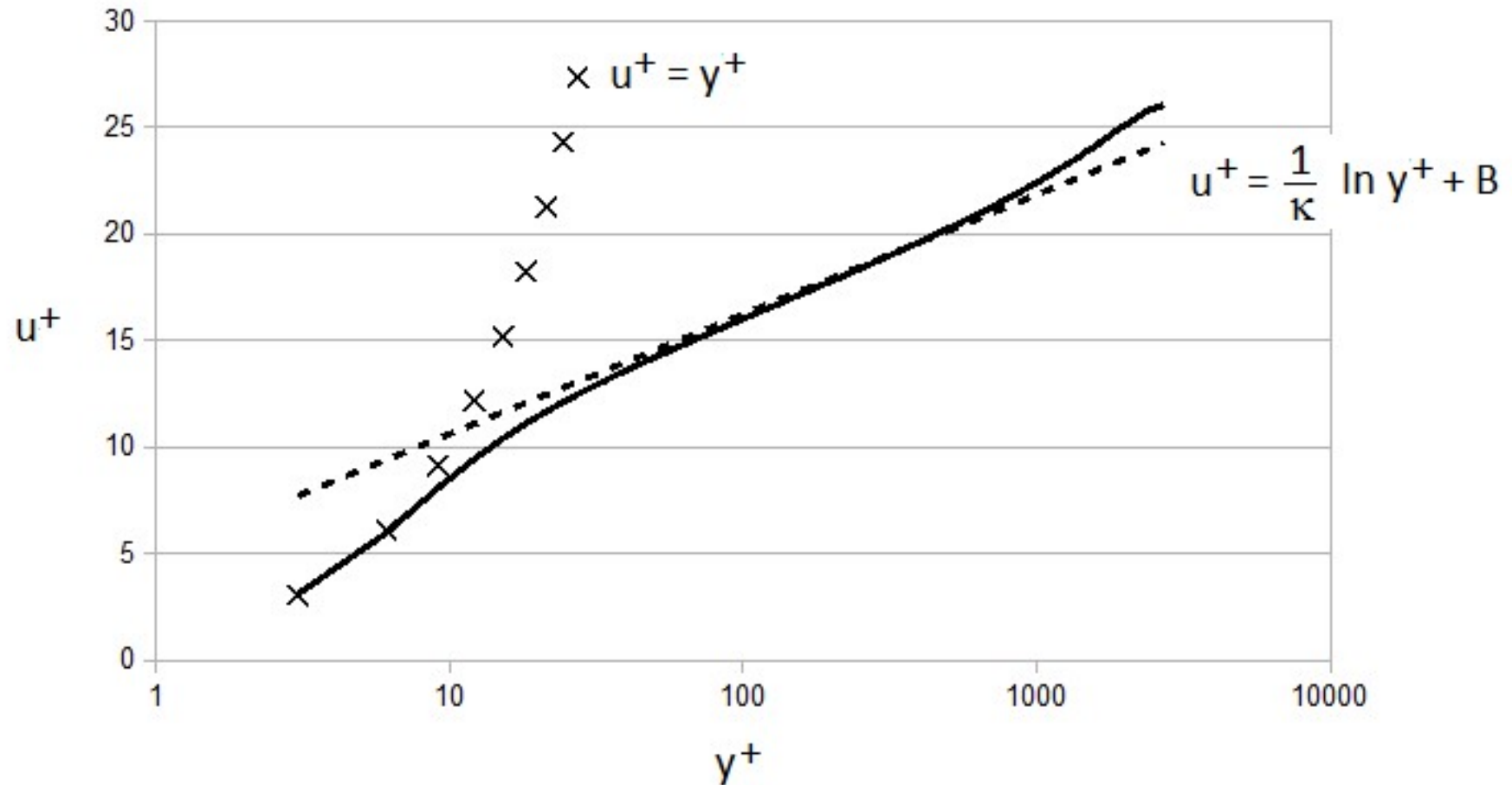
Podemos definir uma escala de velocidades chamada de velocidade de atrito, Velocidade de fricção ou velocidade de cisalhamento:

$$u^* = \sqrt{\frac{\tau_{\text{wall}}}{\rho}}$$

A velocidade e a cota normal à parede podem ser adimensionalizadas:

$$u^+ = \frac{U}{u^*} \qquad y^+ = \frac{u^* y}{\nu}$$

Perfil de Velocidades Adimensional



X : expressão válida para a subcamada viscosa

- - - : expressão válida para a camada logarítmica

Produção de Turbulência

$$P_k = -\overline{u'_i u'_j} \frac{\partial U_i}{\partial x_j}$$

$$P_k = -\overline{u'^2} \frac{\partial U}{\partial x} - \overline{v'^2} \frac{\partial V}{\partial y} - \overline{w'^2} \frac{\partial W}{\partial z} - \overline{u'v'} \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) - \overline{u'w'} \left(\frac{\partial U}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial x} \right) - \overline{v'w'} \left(\frac{\partial V}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial y} \right)$$

Para uma camada limite bidimensional sem gradiente de pressão:

$$W = 0, \quad \frac{\partial}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial y} \gg \frac{\partial U}{\partial x}, \quad \frac{\partial U}{\partial y} \gg \frac{\partial V}{\partial x}, \quad \frac{\partial U}{\partial y} \gg \frac{\partial V}{\partial y}$$

Logo:

$$P_k \cong -\overline{u'v'} \frac{\partial U}{\partial y}$$

Tensão

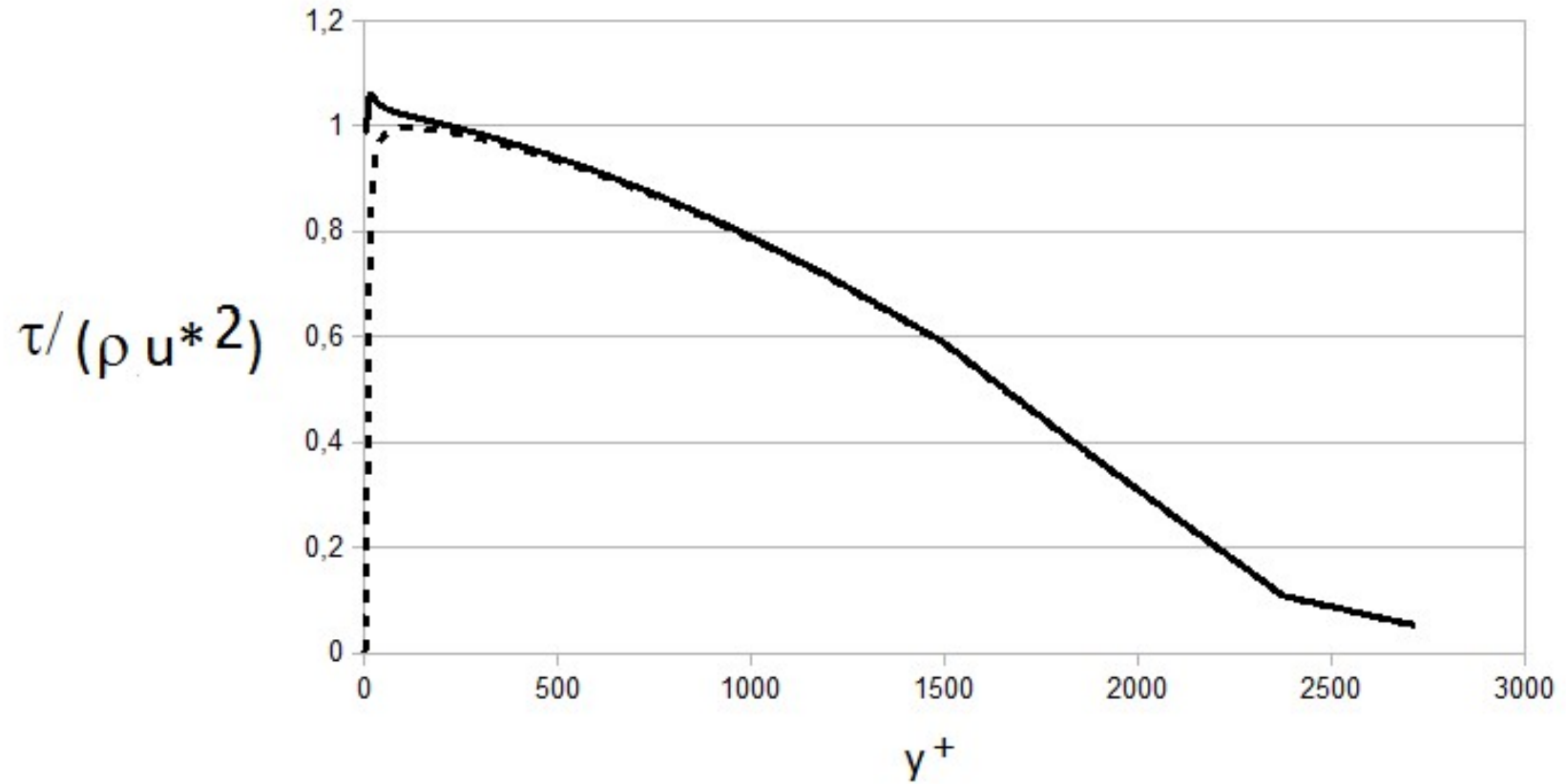
Da hipótese de Boussinesq:

$$-\overline{u'v'} = \nu_t \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right)$$

Na camada limite:

$$-\overline{u'v'} \cong \nu_t \frac{\partial U}{\partial y}$$

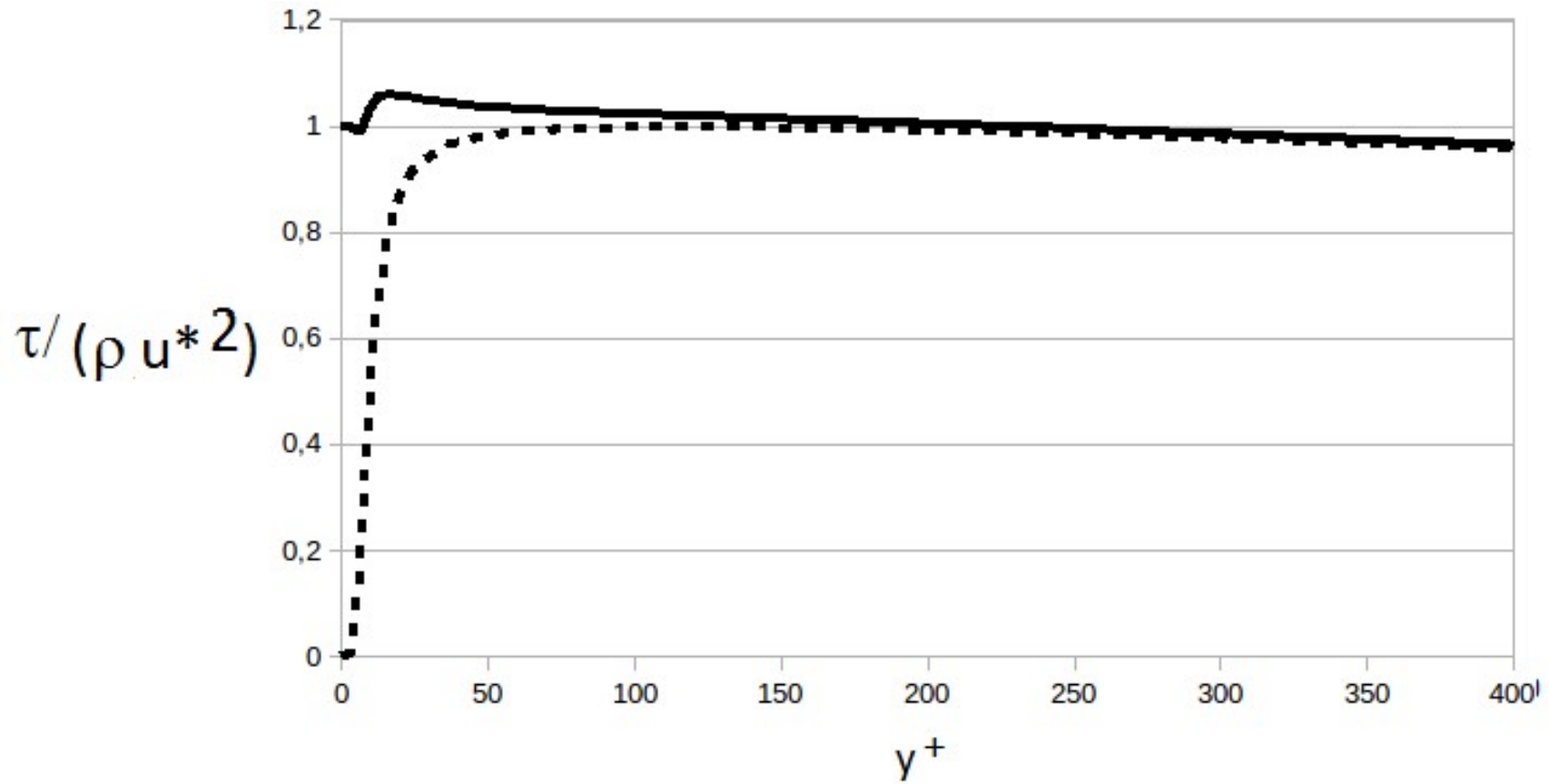
Tensão



$$\text{—} : \frac{\nu \frac{\partial U}{\partial y} - \overline{u'v'}}{u_*^2}$$

$$\text{- - -} : \frac{-\overline{u'v'}}{u_*^2}$$

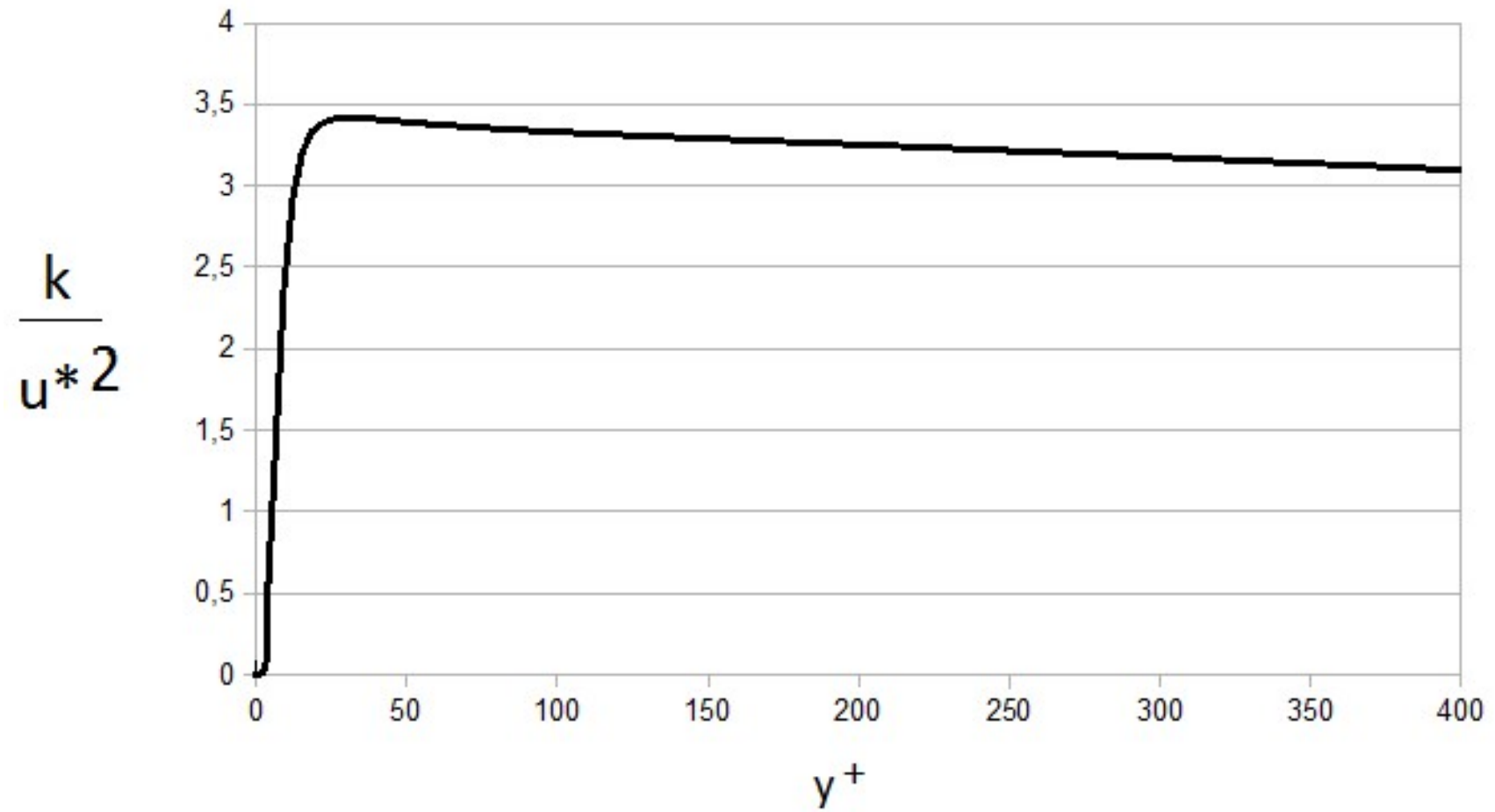
Tensão



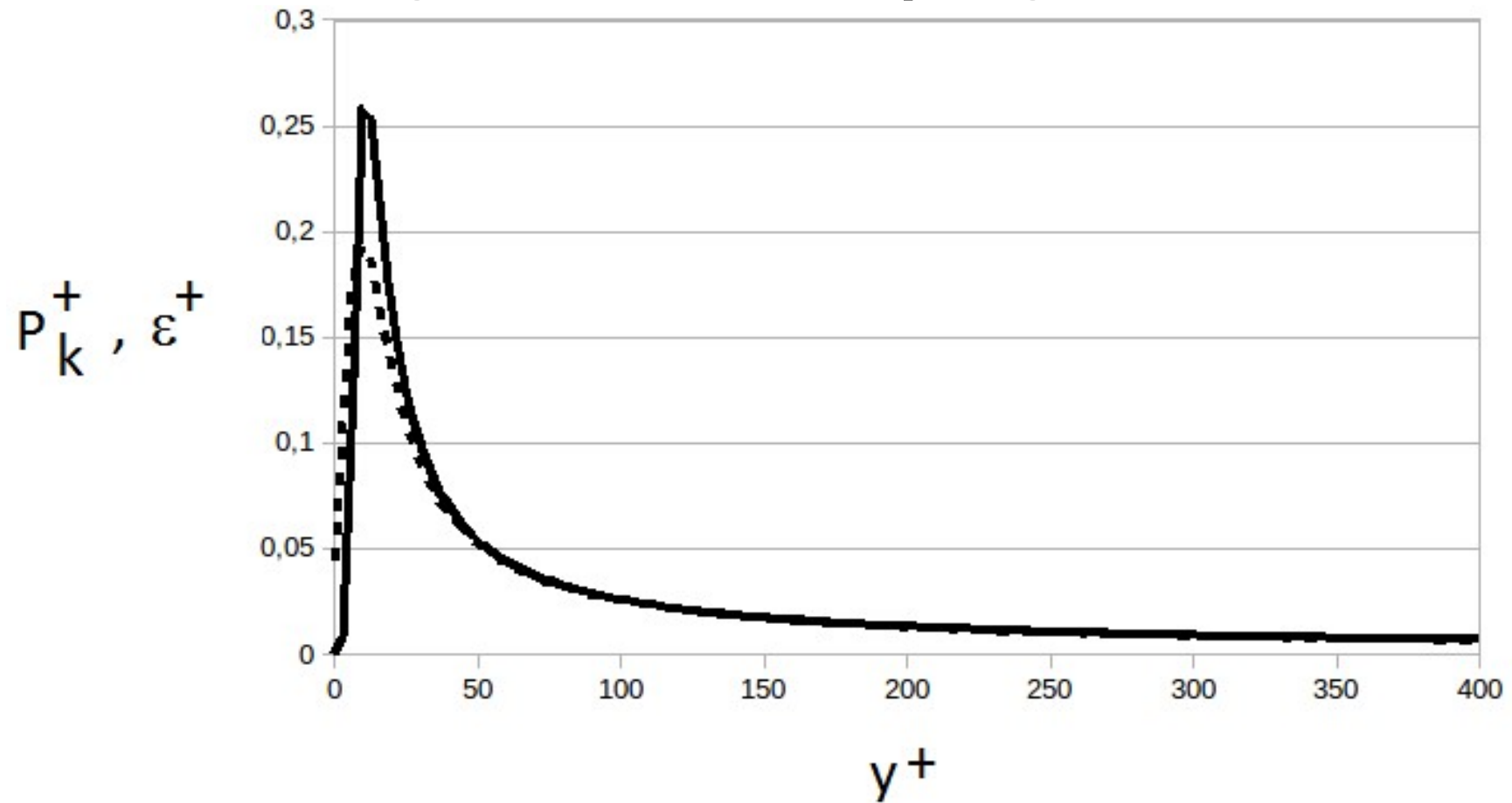
— : $\frac{\nu \frac{\partial U}{\partial y} - \overline{u'v'}}{u_*^2}$

- - - : $\frac{-\overline{u'v'}}{u_*^2}$

Energia Cinética



Produção e Dissipação de k



— : $P_k^+ = \frac{\nu P_k}{u^{*4}}$

- - - : $\epsilon^+ = \frac{\nu \epsilon}{u^{*4}}$

Conclusões

Para uma camada limite bidimensional sem gradiente de pressão:

$$P_k \cong -\overline{u'v'} \frac{\partial U}{\partial y} \quad -\overline{u'v'} \cong \nu_t \frac{\partial U}{\partial y}$$

Para $30 < y^+ < 400$:

- a tensão de Reynolds é constante e igual a u^{*2} ;
- a energia cinética é constante;
- A produção P_k e a dissipação ε estão em equilíbrio.

Na parede:

$$\frac{\partial k}{\partial y} = 0$$