

* PHA3201
Hidráulica Ambiental
aula 15

J Rodolfo S Martins (scarati@usp.br)

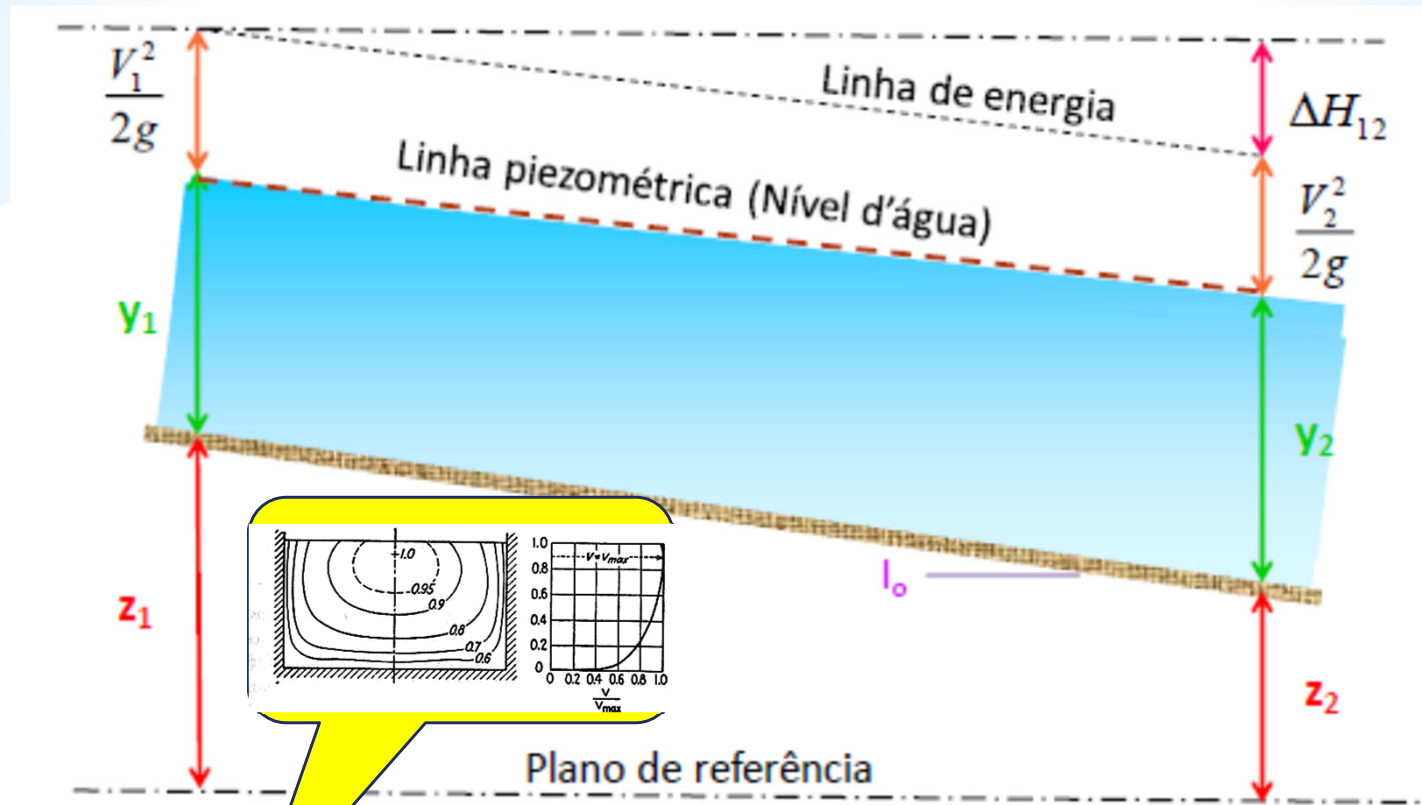
Luiz Cesar de Souza Pinto (lcesar@usp.br)

André Luiz Marguti (andre.marguti@usp.br)

*Objetivos

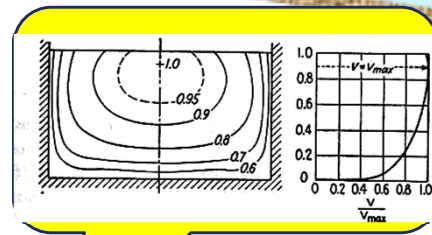
- *Carga específica
- *Transições hidráulicas
- *Regimes cinéticos de escoamento
- *Número de Froude

* CARGA TOTAL (H)



$$H = \alpha \frac{U^2}{2g} + y + z$$

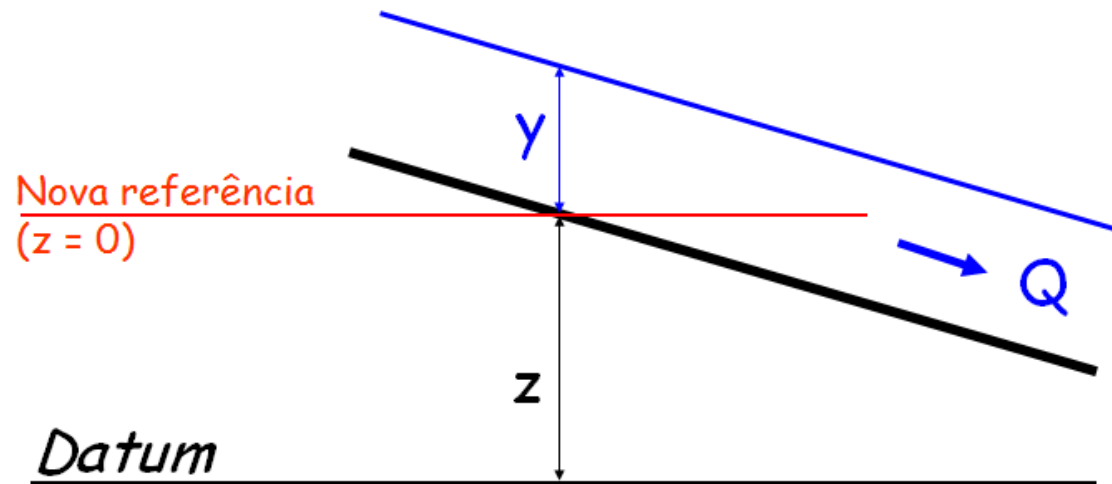
$$H_1 = H_2 + \Delta H_{1-2}$$



* CARGA ESPECÍFICA (E)

$$E = \alpha \frac{U^2}{2g} + y$$

CARGA CINÉTICA + ALTURA DE ÁGUA



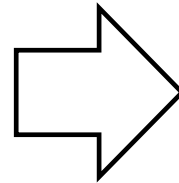
Ou ainda,
$$E = \frac{Q^2}{2g \cdot A^2} + y \quad (\text{para } \alpha = 1)$$

* CANAIS DE SEÇÃO RETANGULAR

VAZÃO UNITÁRIA OU
VAZÃO ESPECÍFICA

$$\left\{ \begin{array}{l} q = \frac{Q}{B} \quad (\text{m}^3/\text{s}/\text{m}) \end{array} \right.$$

ENERGIA ESPECÍFICA



$$E = \frac{q^2}{2g \cdot y^2} + y$$

Conceito válido também para canais de grande largura

Para uma dada vazão
específica (q):

$$E = f(y)$$

* CURVA y X E para q = constante

$$E = y + \frac{q^2}{2g \cdot y^2}$$

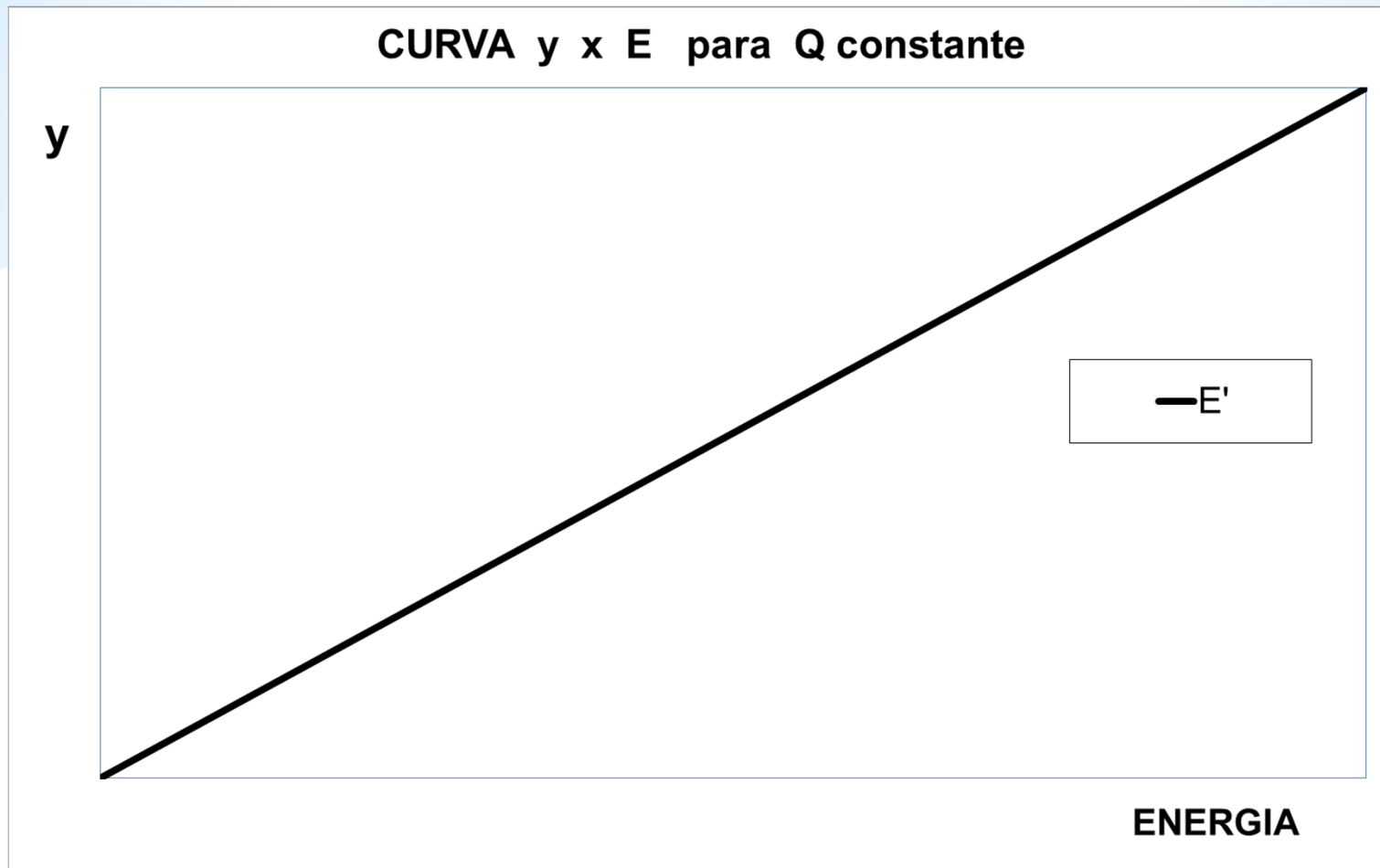


$$E = E' + E''$$

$$E' = y$$

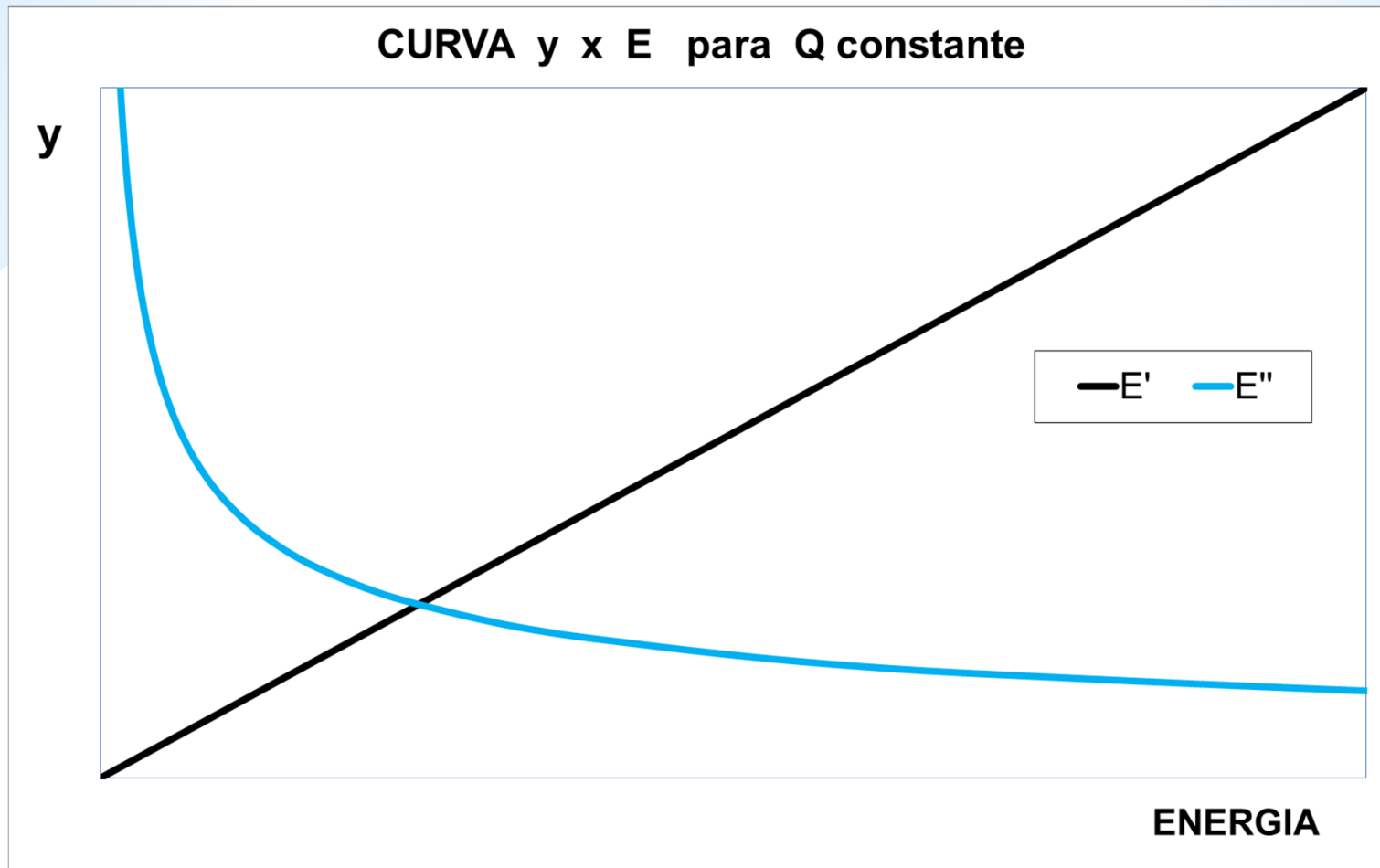
$$E'' = \frac{q^2}{2g \cdot y^2}$$

CURVA y x E para Q constante



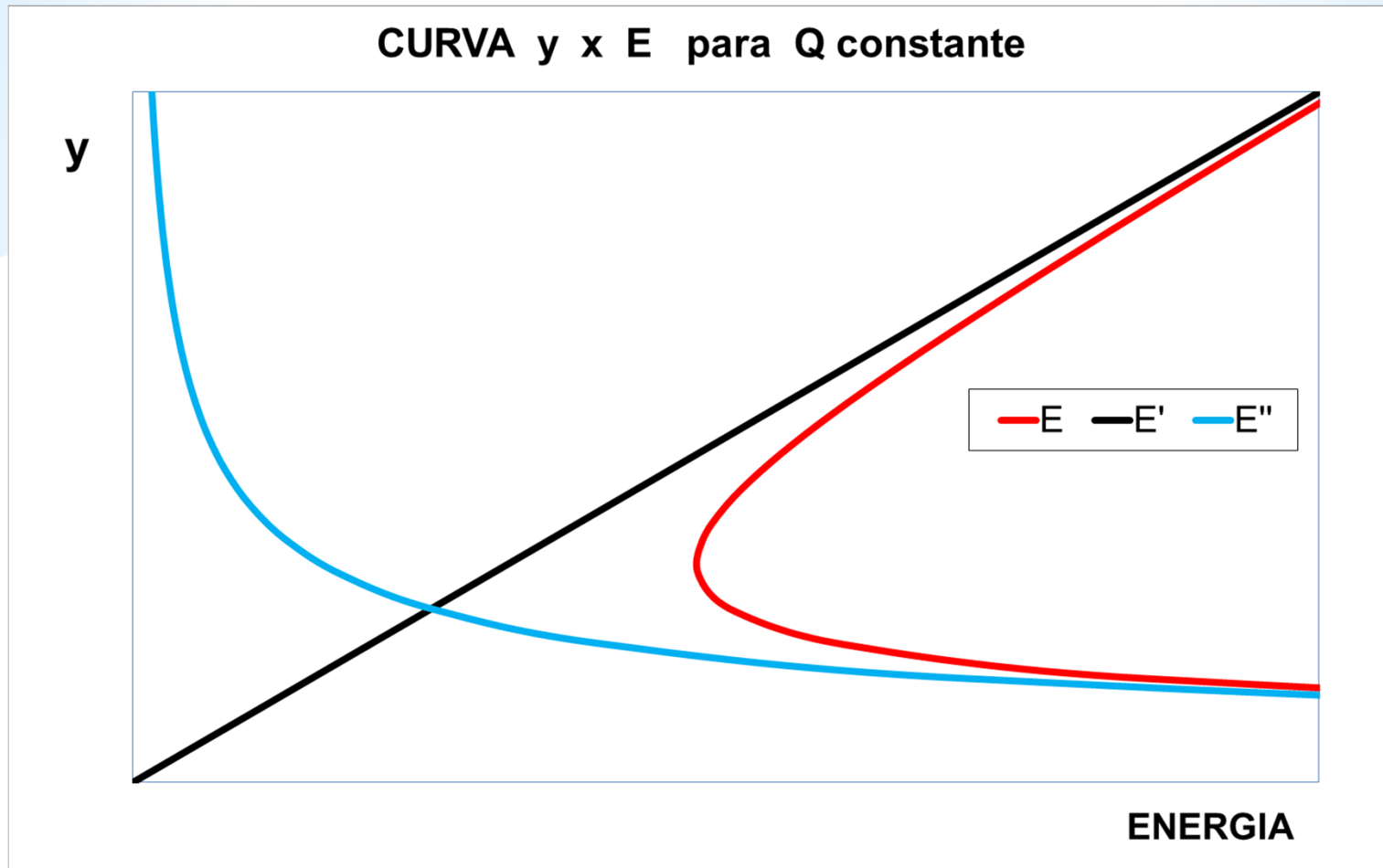
$$E = y + \frac{q^2}{2g \cdot y^2}$$

CURVA y x E para Q constante



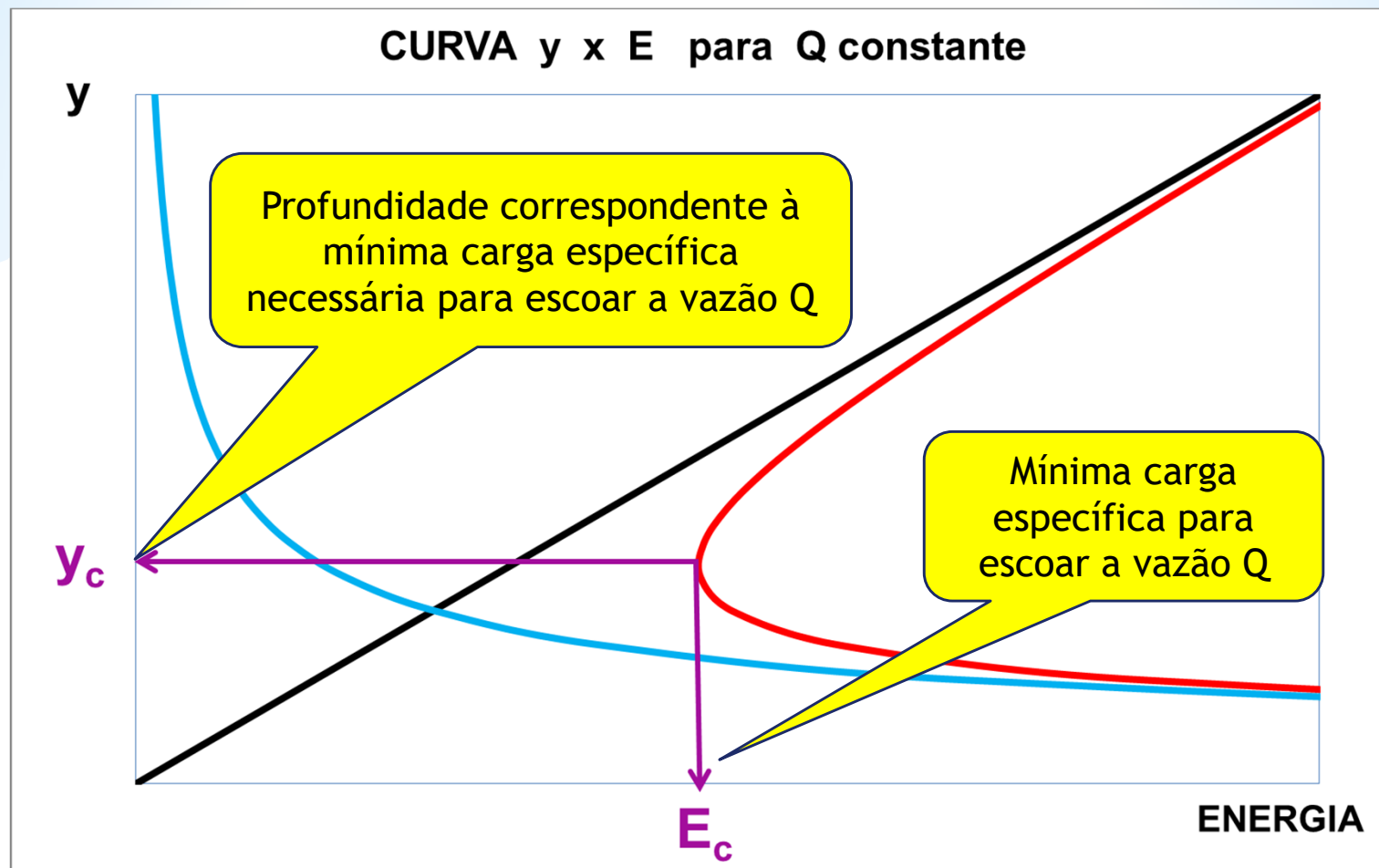
$$E = y + \frac{q^2}{2g \cdot y^2}$$

CURVA y x E para Q constante



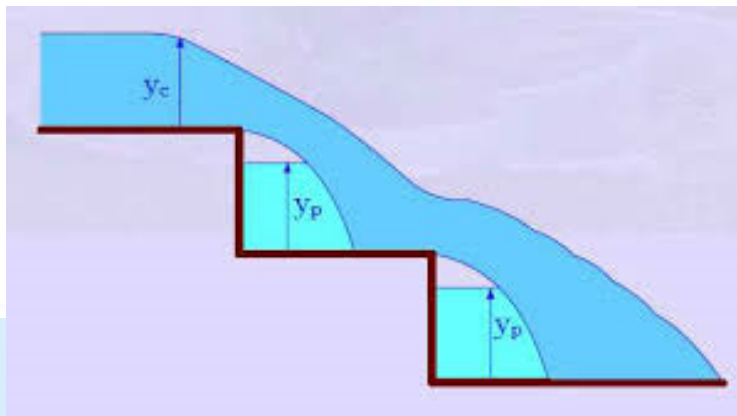
$$E = y + \frac{q^2}{2g \cdot y^2}$$

PROFUNDIDADE CRÍTICA y_c



$$E = y + \frac{q^2}{2g \cdot y^2}$$

* Situações práticas onde ocorre a profundidade crítica



$$Fr = \frac{U}{c}$$

Celeridade (c):

$$c = \sqrt{g \cdot y}$$

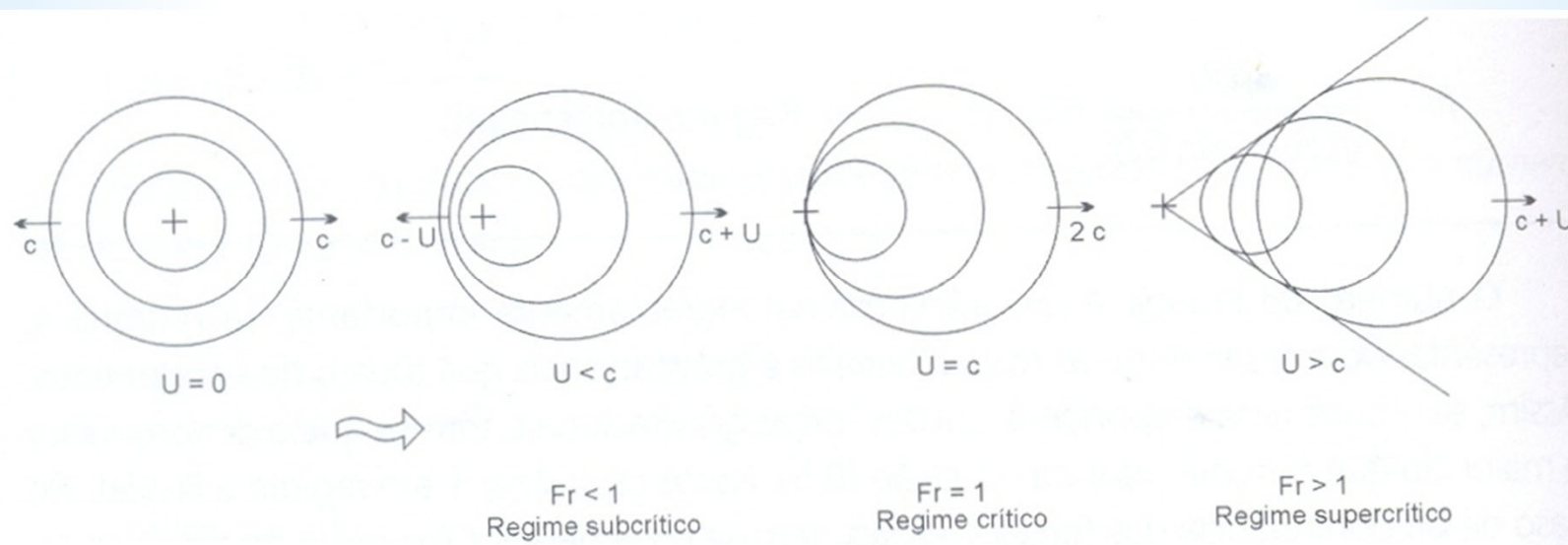


* Interpretação Física do
Número de Froude

$$Fr = \frac{U}{c}$$

Celeridade (c):

$$c = \sqrt{g \cdot y}$$

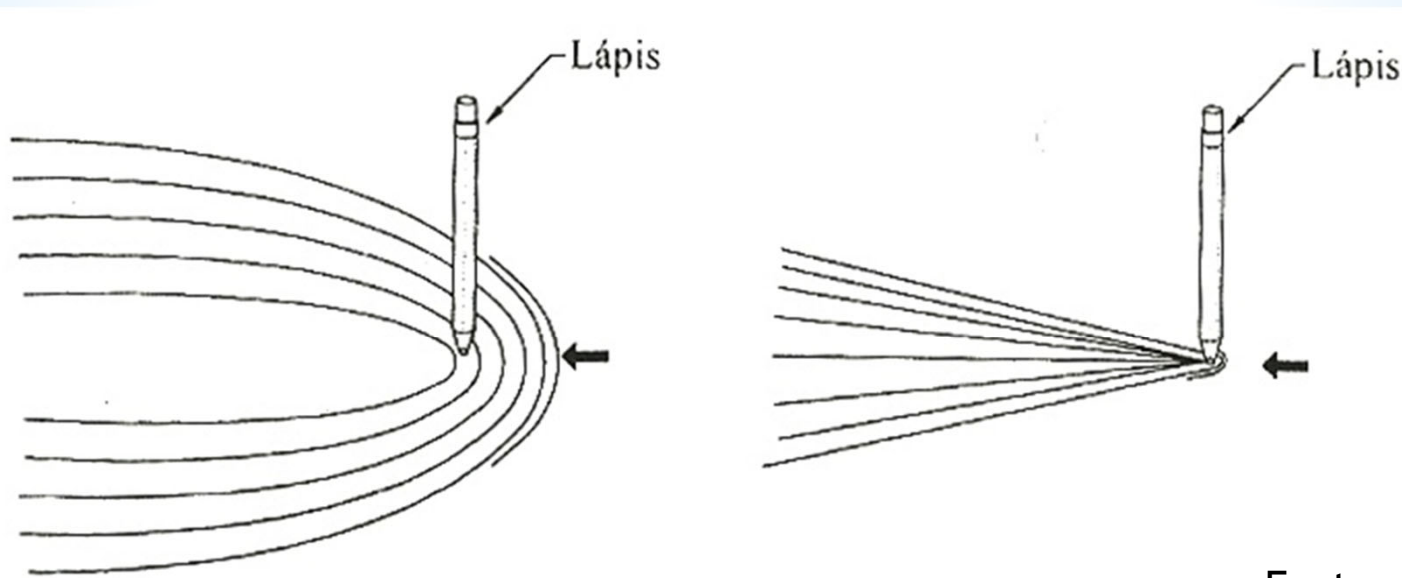


* Interpretação Física do Número de Froude

$$Fr = \frac{U}{c}$$

Celeridade (c):

$$c = \sqrt{g \cdot y}$$



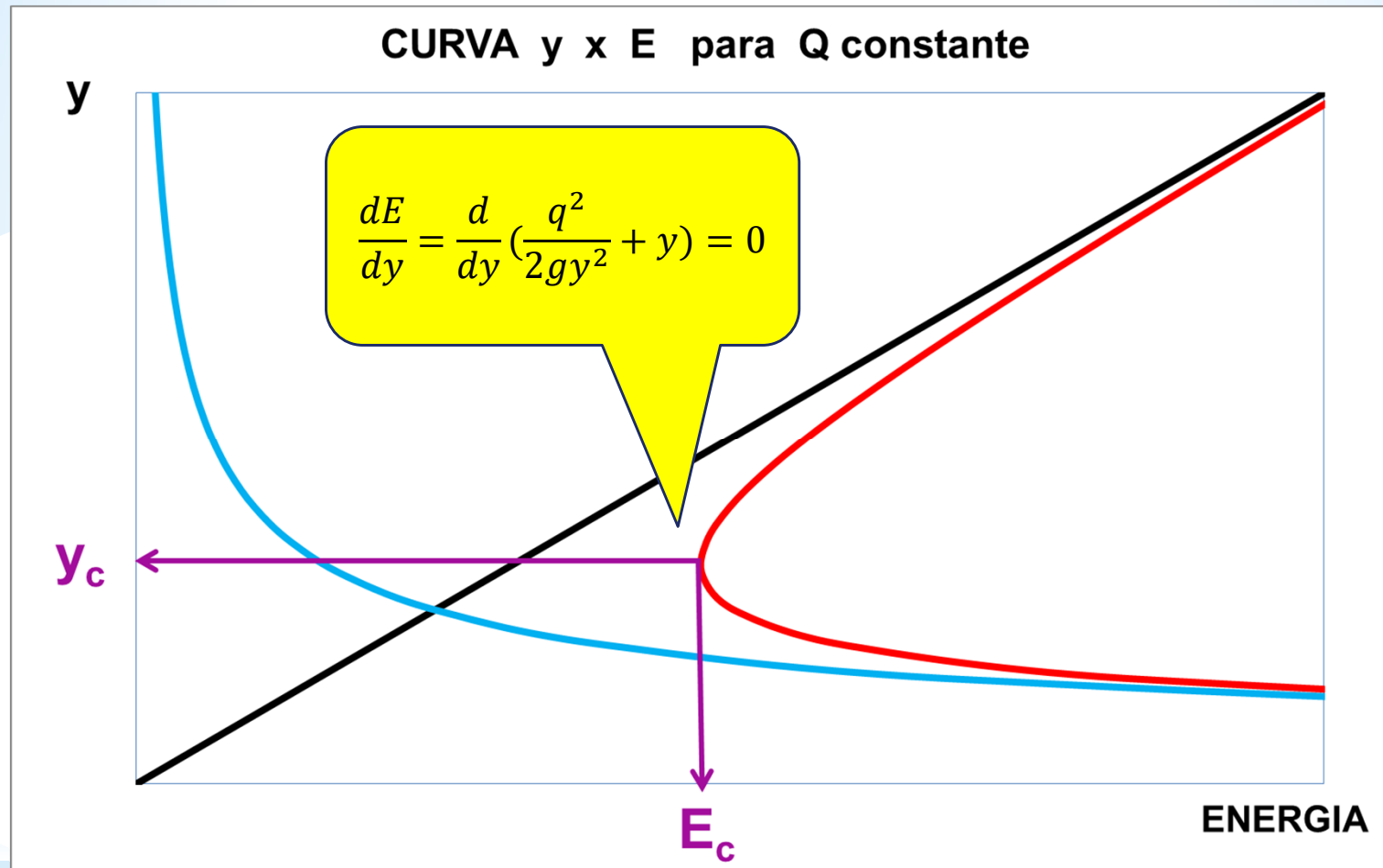
$V < c$ - Fluvial

$V > c$ - Torrencial

Fonte:
Porto (1999)

* Interpretação Física do Número de Froude

PROFUNDIDADE CRÍTICA y_c



* Profundidade crítica em canais retangulares:

$$\frac{dE}{dy} = 0 \Rightarrow \frac{d}{dy} \left(y + \frac{q^2}{2g \cdot y^2} \right) = 0 \Rightarrow 1 - \frac{q^2}{g \cdot y^3} = 0$$

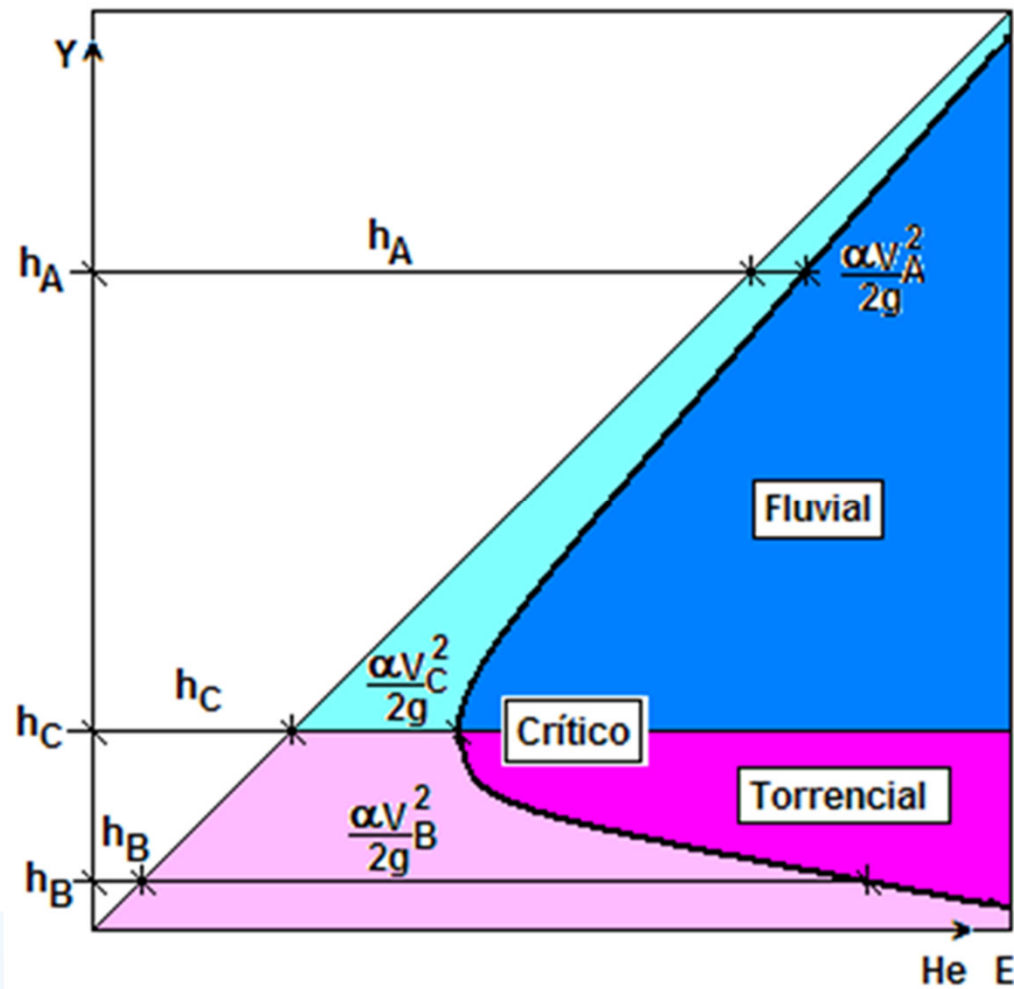
$$Fr^2 = \frac{Q^2}{g \cdot y \cdot b^2 \cdot y^2} \Rightarrow Fr^2 = \frac{q^2}{g \cdot y^3}$$

$$1 - Fr^2 = 0 \Rightarrow Fr^2 = 1 \Rightarrow 1 = \frac{q^2}{g \cdot y_c^3} \Rightarrow y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$$

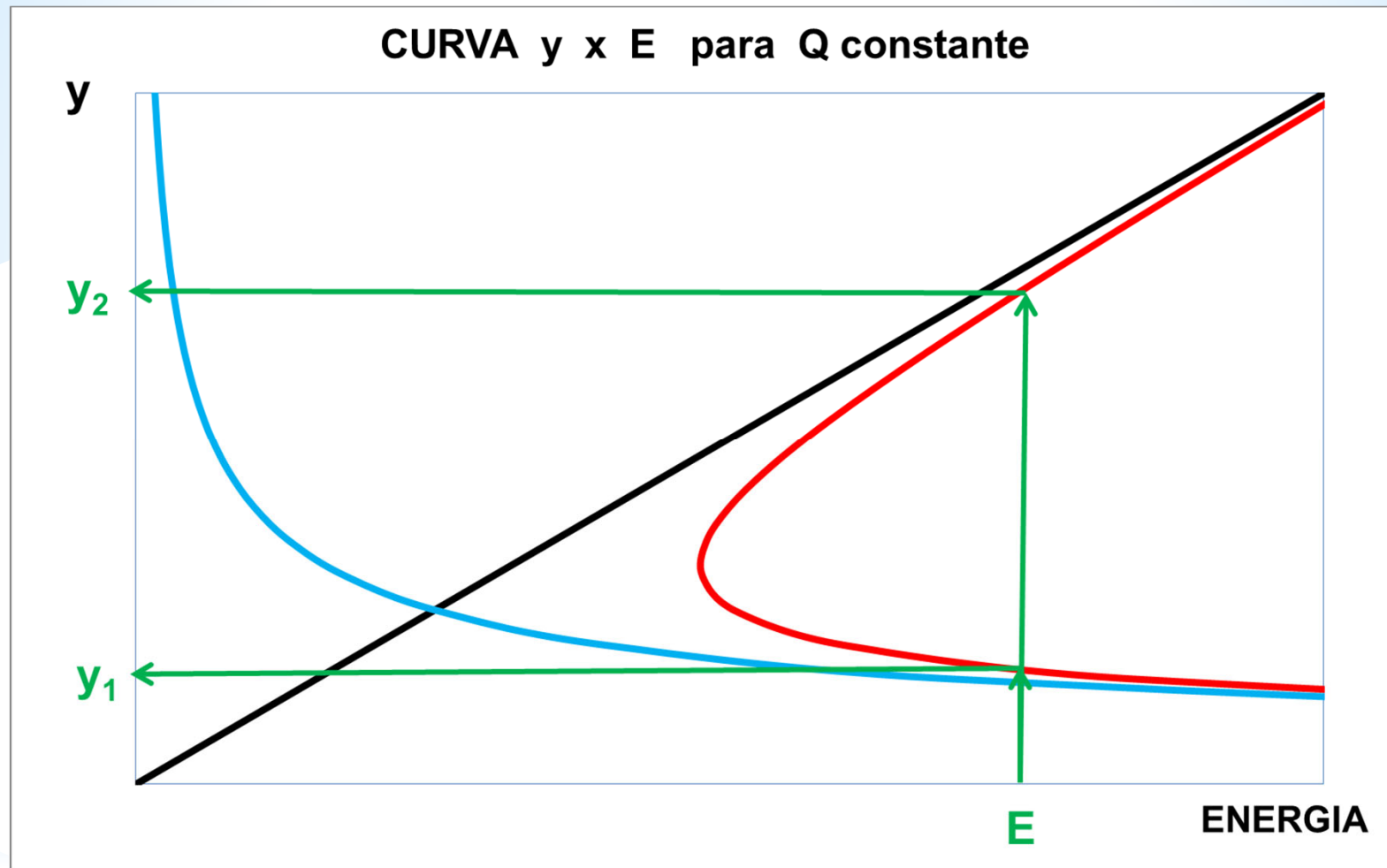
* Energia crítica em canais retangulares:

$$E = y + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot y^2} \Rightarrow E_c = y_c + \frac{y_c^3}{2 \cdot y_c^2} \Rightarrow E_c = \frac{3}{2} \cdot y_c$$

* Curva de Energia Específica e o Escoamento Crítico



PROFUNDIDADES ALTERNADAS y_1 e y_2



* Determinação das profundidades alternadas em canais retangulares

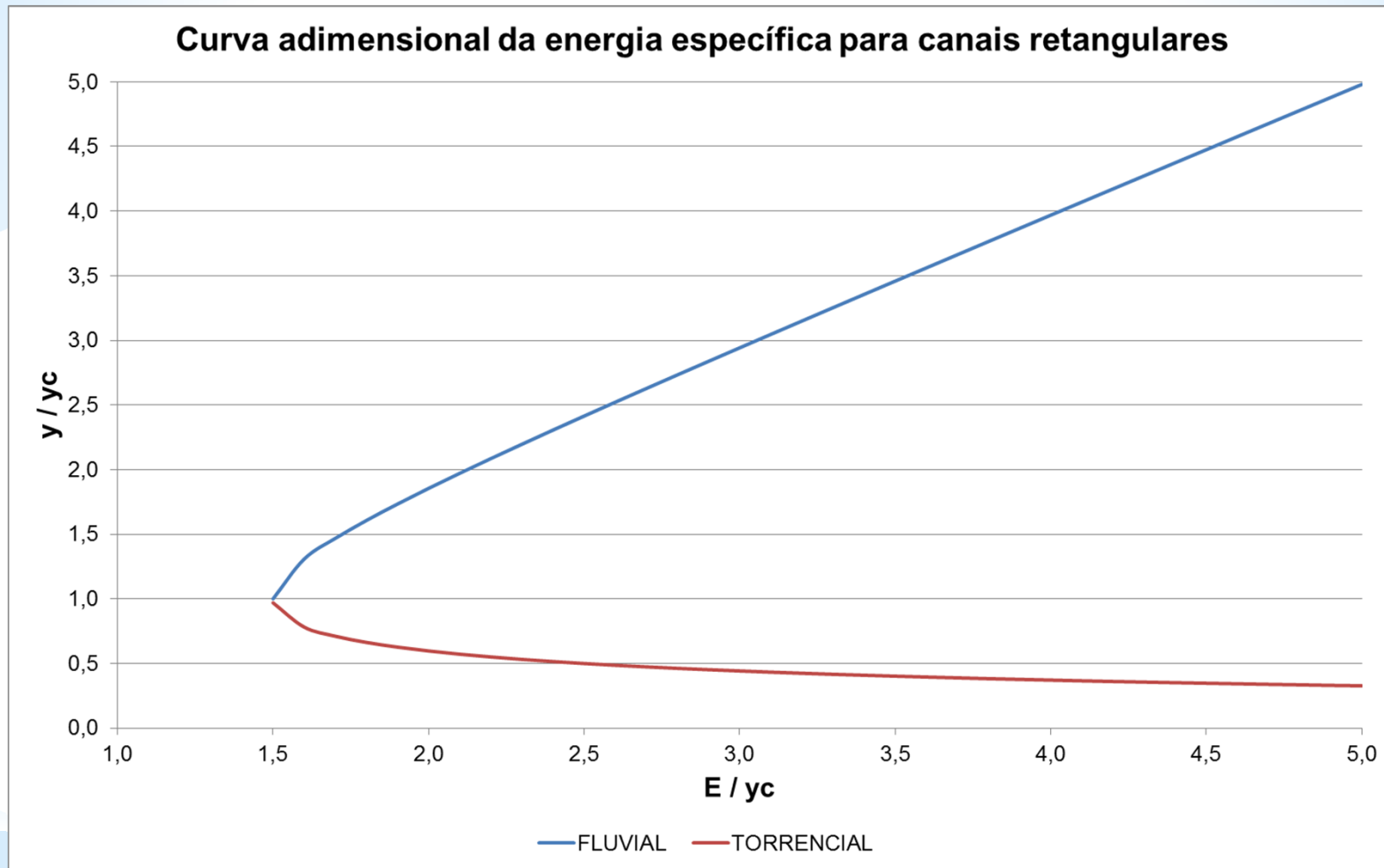
Adimensionalização da Curva de Energia Específica:

$$E = y + \frac{q^2}{2g \cdot y^2} \qquad y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$$

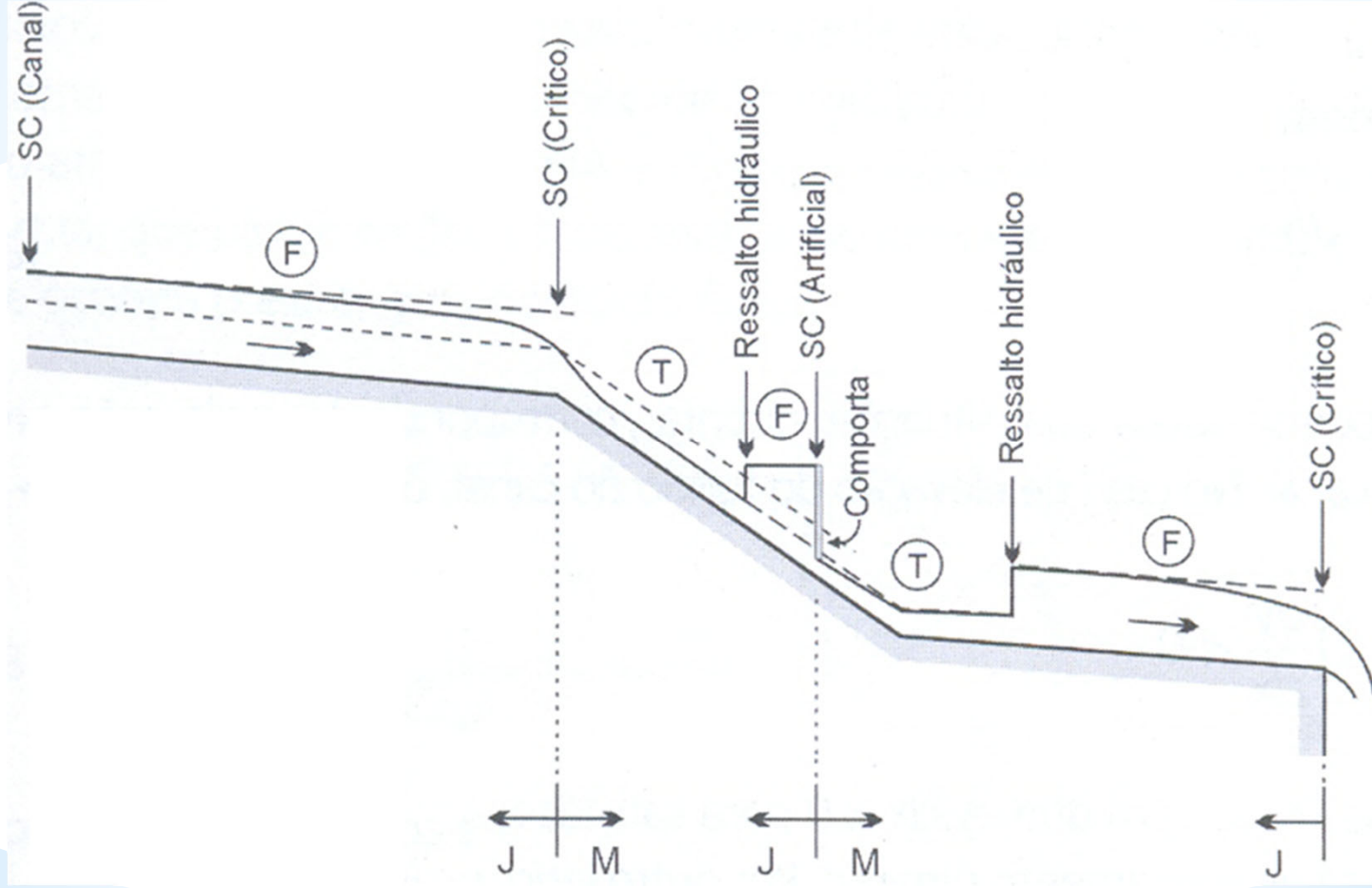
$$E = y + \frac{y_c^3}{2 \cdot y^2} \quad \Rightarrow \quad \frac{E}{y_c} = \frac{y}{y_c} + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{y}{y_c} \right)^{-2}$$

$$\boxed{\frac{E}{y_c} = f\left(\frac{y}{y_c}\right)}$$

* Energia específica - canais retangulares

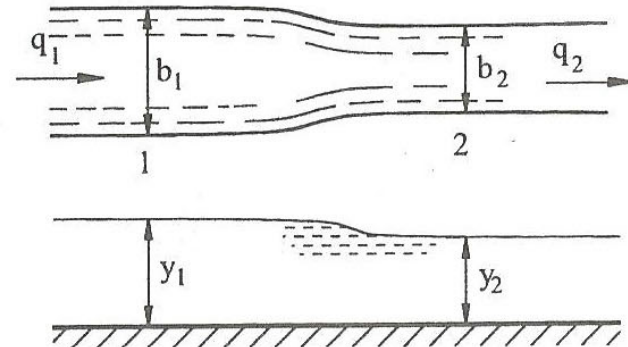
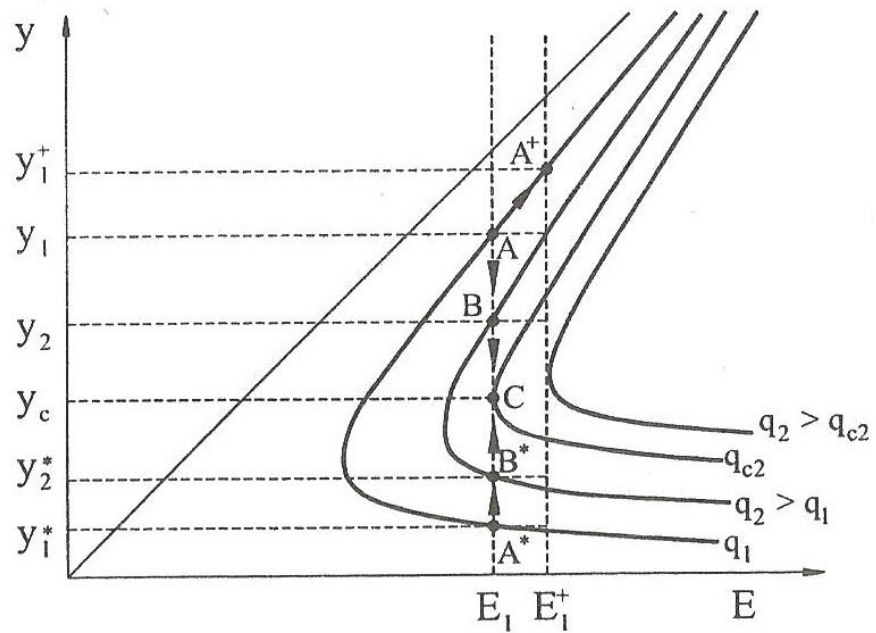


*Transições Hidráulicas



OLE

* TRANSIÇÕES - REDUÇÃO DE LARGURA

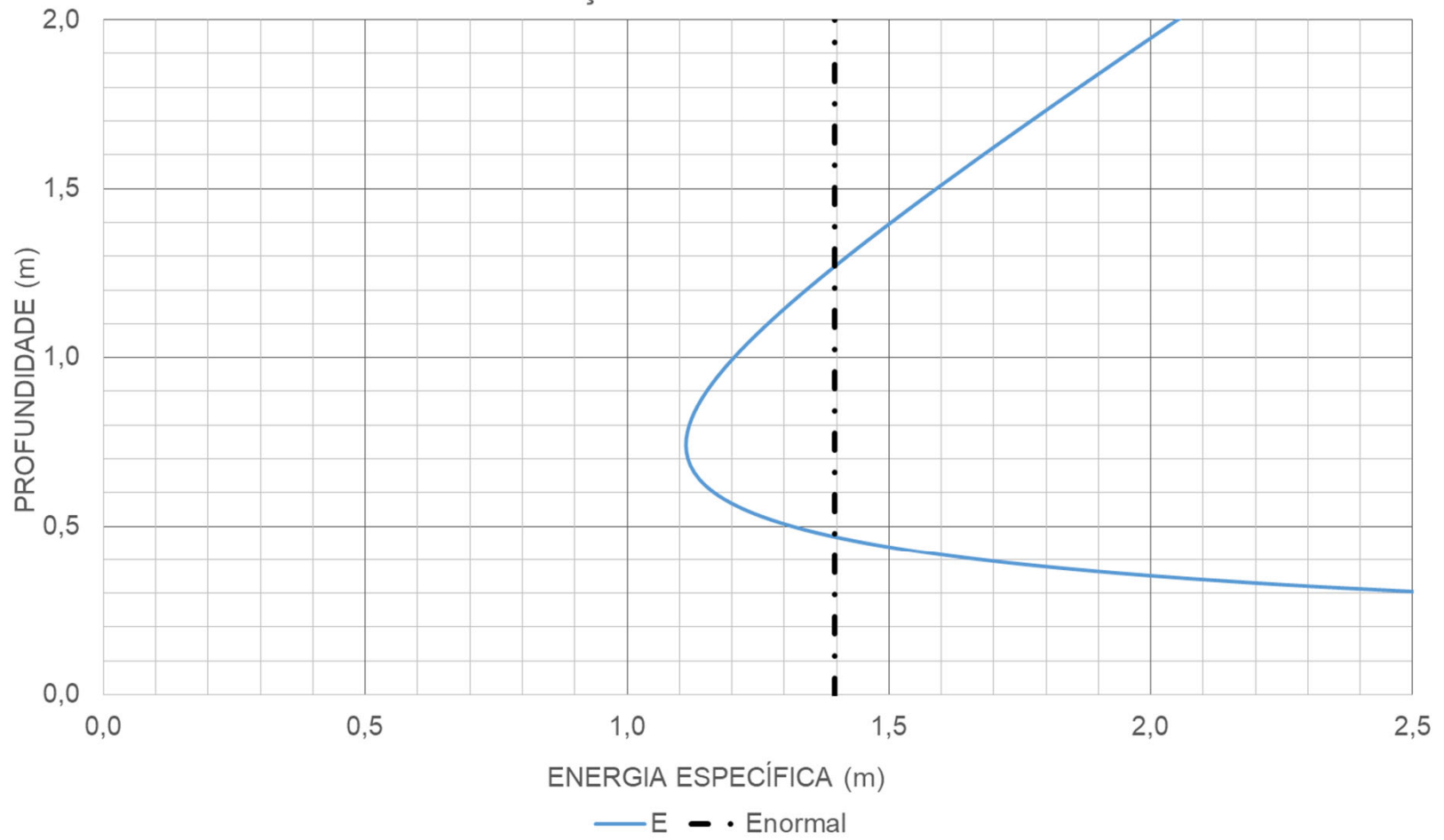


Porto (1999)

Exercício (adaptado de Porto, 2006) - Um canal retangular com 3,0 m de largura, rugosidade de Manning $n = 0,014$ e declividade de fundo 0,08 m/km transporta em regime permanente e uniforme uma vazão de $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Em uma determinada seção a largura é reduzida suavemente para 2,4 m. Despreze as perdas de carga na transição. Pergunta-se:

- a) Qual a profundidade do escoamento nesta seção de largura reduzida ?
- b) Qual deve ser a largura da seção contraída para que o escoamento seja crítico e sem alterações da condição de escoamento a montante?

SEÇÃO RETANGULAR



SEÇÃO RETANGULAR

