



Regolfo em Canais com Secção Composta: Análise Comparativa de Métodos de Cálculo Hidráulico



http://www.cham.co.uk/PUC/PUM_London/presentations/Tunis_Tech1.ppt

Vitor SOUSA
Instituto Superior Técnico

Inês MEIRELES
Universidade de Aveiro

Fabián BOMBARDELLI
University of California, Davis

José SALDANHA MATOS
Instituto Superior Técnico

Jorge MATOS
Instituto Superior Técnico



- Os modelos matemáticos permitem avaliar o risco de inundação e a eficácia de eventuais medidas de protecção contra cheias, dividindo-se em:
 - Modelos hidrológicos
 - recorrem ao princípio da continuidade e a curvas de vazão empíricas para aproximar os efeitos do amortecimento no hidrograma afluente;
 - permitem calcular o hidrograma efluente na secção de jusante, desde que coincida com a localização de uma estação hidrométrica;
 - exigem pouca informação.
 - Modelos hidráulicos
 - recorrem a métodos numéricos para resolver as equações de Saint-Venant;
 - permitem estimar a altura de água e o caudal ao longo de todo o trecho em análise;
 - exigem mais informação.



- Algumas das leis correntemente utilizadas na prática, tanto para escoamentos em pressão como em superfície livre, incluem:

- Fórmula de Darcy-Weisbach

$$Q = A \sqrt{\frac{8g}{f}} \sqrt{RJ}$$

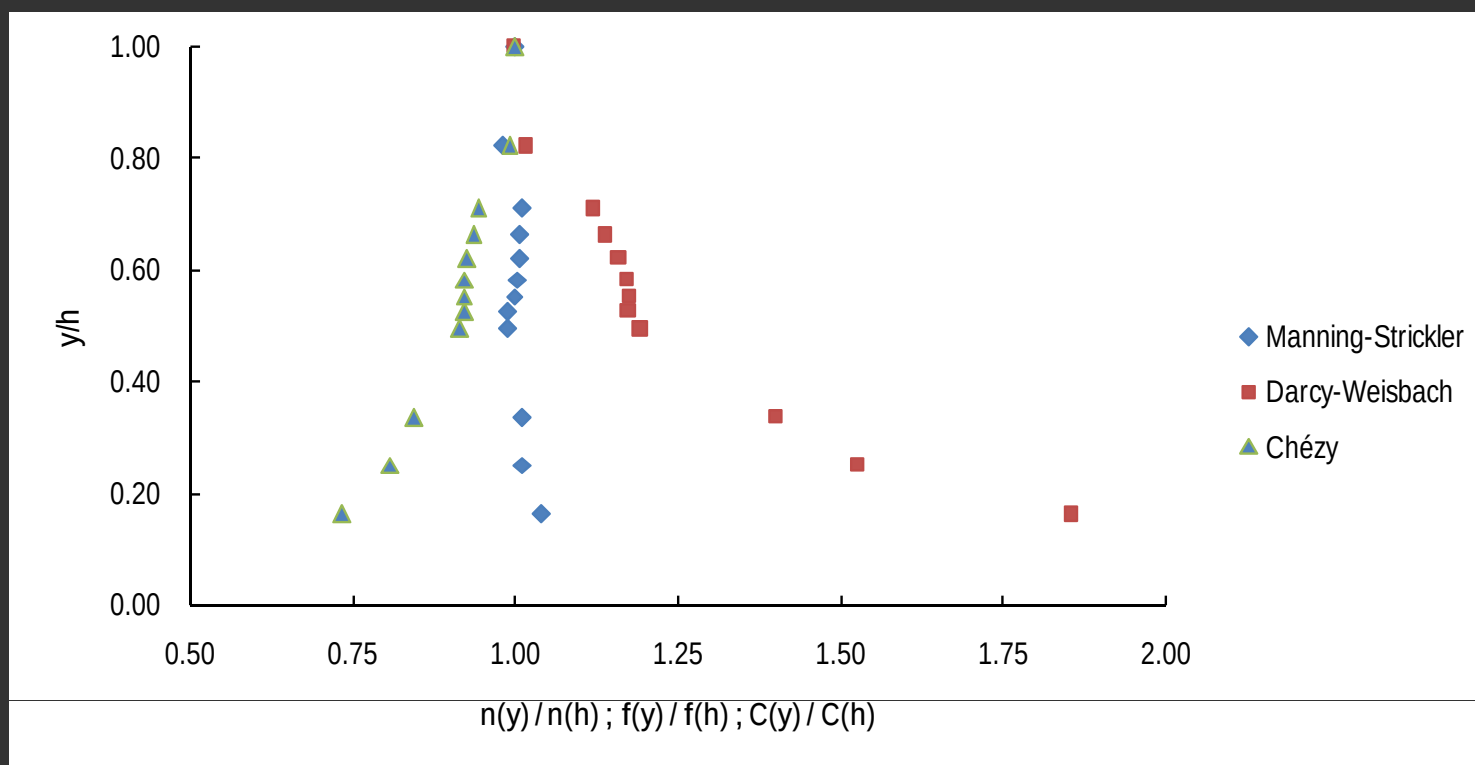
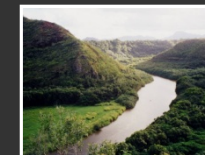
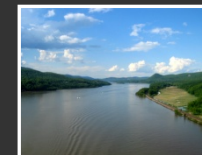
- Fórmula de Chézy

$$Q = CA \sqrt{RJ}$$

- Fórmula de Manning-Strickler

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} J^{1/2}$$

Leis de resistência





- Na bibliografia da especialidade, as metodologias para tratar secções compostas são usualmente organizadas em dois grandes grupos:
 - SCM (Single Channel Method) :
 - PAVLOVSKII (1931)
 - LOTTER (1933)
 - EINSTEIN e BANKS (1950)
 - FELKEL (1960)
 - KRISHMURTHY e CHRISTENSEN (1972)
 - COX (1973)
 - YEN (1991)
 - DSM (Divided Section Method)
 - ACKERS (1993)
 - BOUSMAR e ZECH (1999)
 - HUTHOFF (2007)

Curvas de regolfo

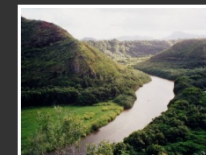
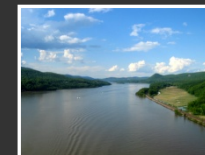


- Geralmente, adoptam-se modelos unidimensionais para calcular curvas de regolfo ao longo de canais prismáticos.
- Para tal, recorre-se às equações de Saint-Venant ou, se o caudal for constante e a taxa de variação da altura de água na direcção do escoamento reduzida, às equações de escoamentos permanentes gradualmente variados.
- Pretendendo-se apenas determinar curvas de regolfo em regime lento, foi adoptada a segunda hipótese no presente estudo:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{i - J}{1 - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{dA}{dy}}$$

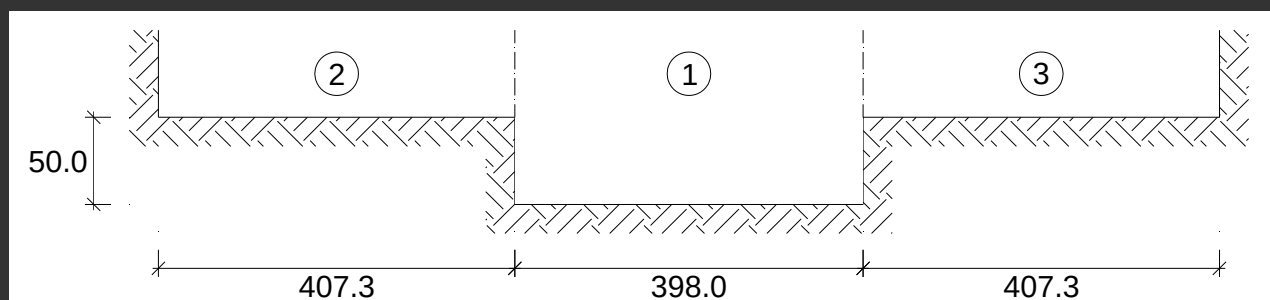
com

$$J = \left(\frac{n_c Q}{AR^{2/3}} \right)^2$$



➤ Características do caso de estudo

- Na figura é apresentada uma representação da secção transversal que serviu de base para análise. Para a situação estudada foram adoptadas as dimensões correspondentes ao canal utilizado por TANG (1999) e ATABAY (2001), em que:
 - $n_1 = n_{mc} = 0.0092$
 - $n_2 = n_3 = n_{fp} = 0.032$
 - $i = 0.002024$
 - $Q = 8.92 \text{ l/s}$



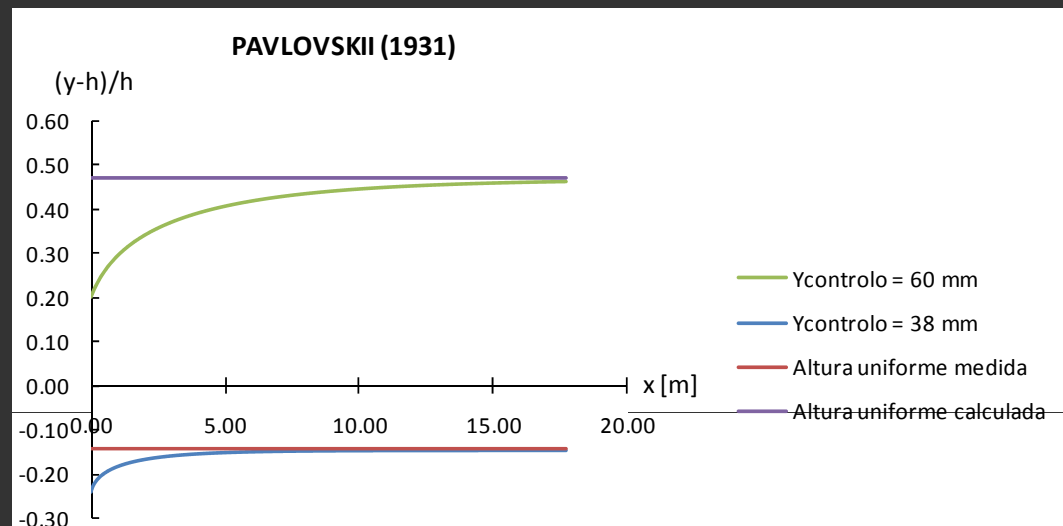
- A altura uniforme, determinada a partir da fórmula de Manning-Strickler, é $Y_n = 42.74 \text{ mm}$ (ATABAY 2001 mediu 42.83 mm).
- Para as condições descritas, o escoamento uniforme é lento e a capacidade de vazão do leito menor é superior ao caudal descarregado.

Caso de estudo

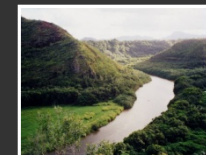
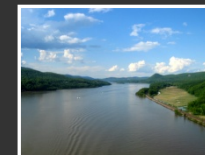


➤ Resultados do caso de estudo

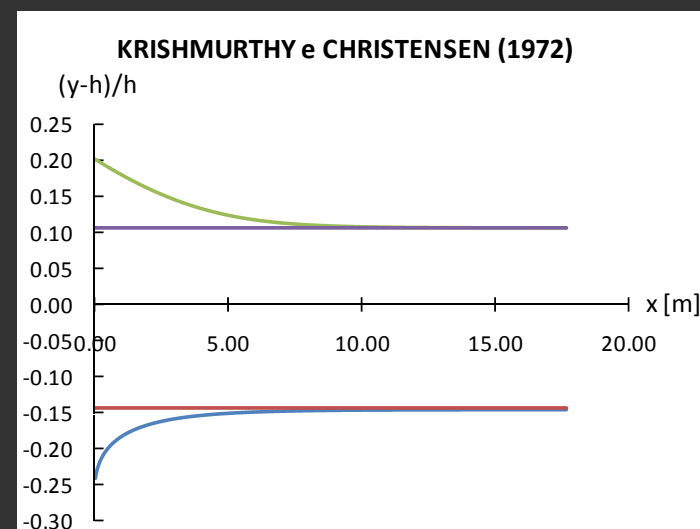
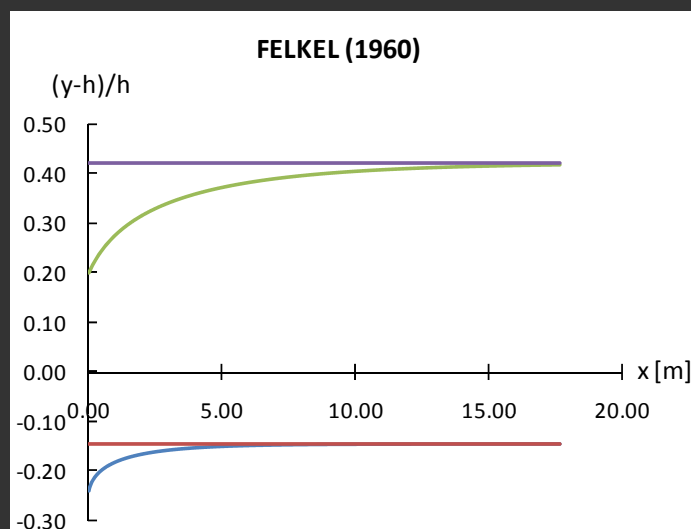
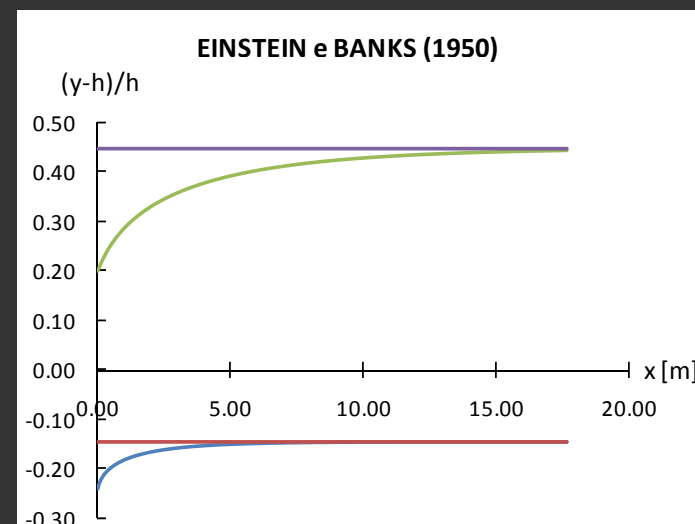
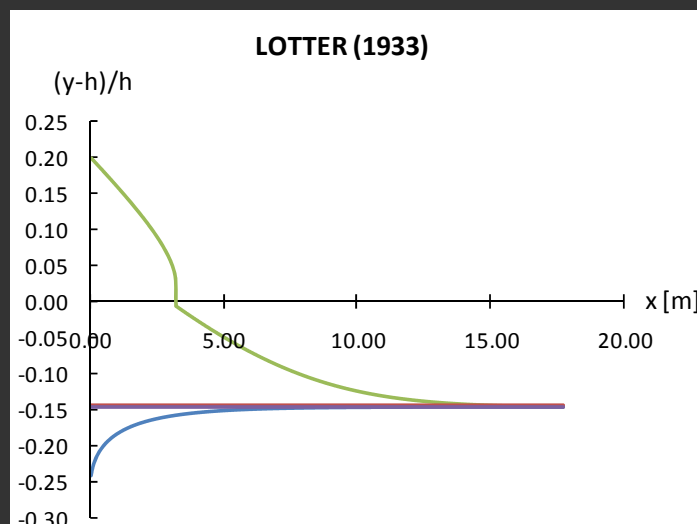
- As curvas de regolfo foram obtidas considerando duas secções de controlo distintas, com alturas de água de 38 mm e 60 mm, respectivamente.
- Para cada método foi ainda determinada a altura uniforme a partir da fórmula de Manning-Strickler, admitindo como valor inicial da altura de água metade da altura do leito menor, $h/2 = 25$ mm.



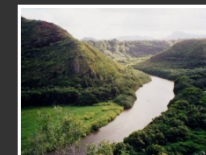
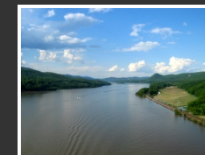
Caso de estudo



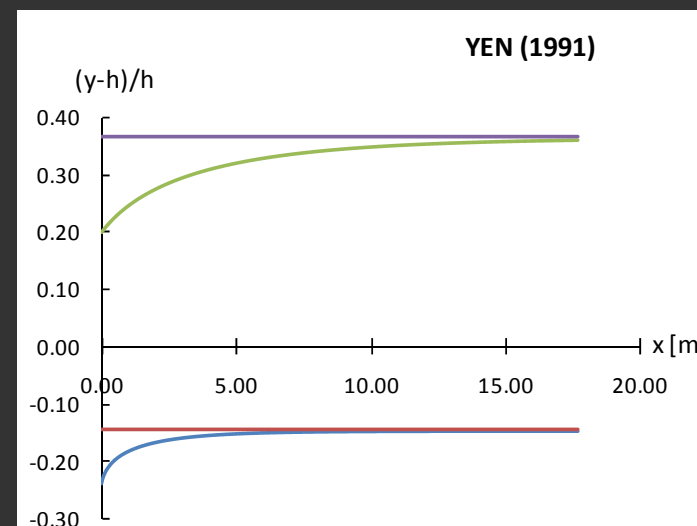
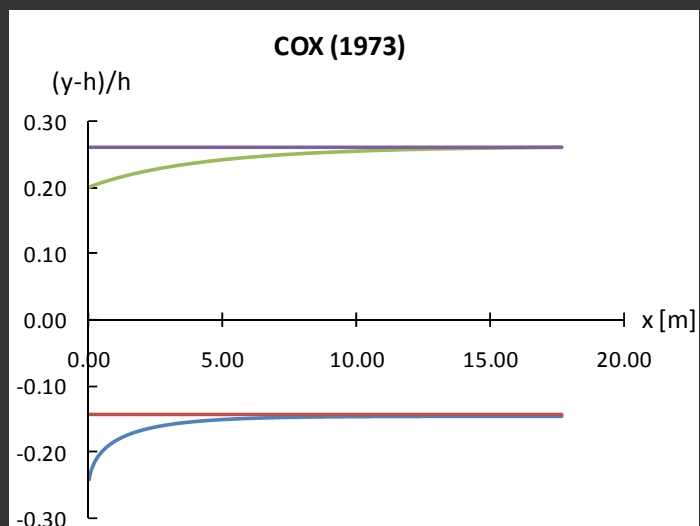
➤ Resultados do caso de estudo



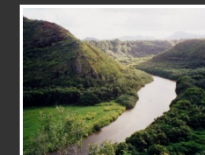
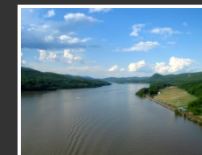
Caso de estudo



➤ Resultados do caso de estudo

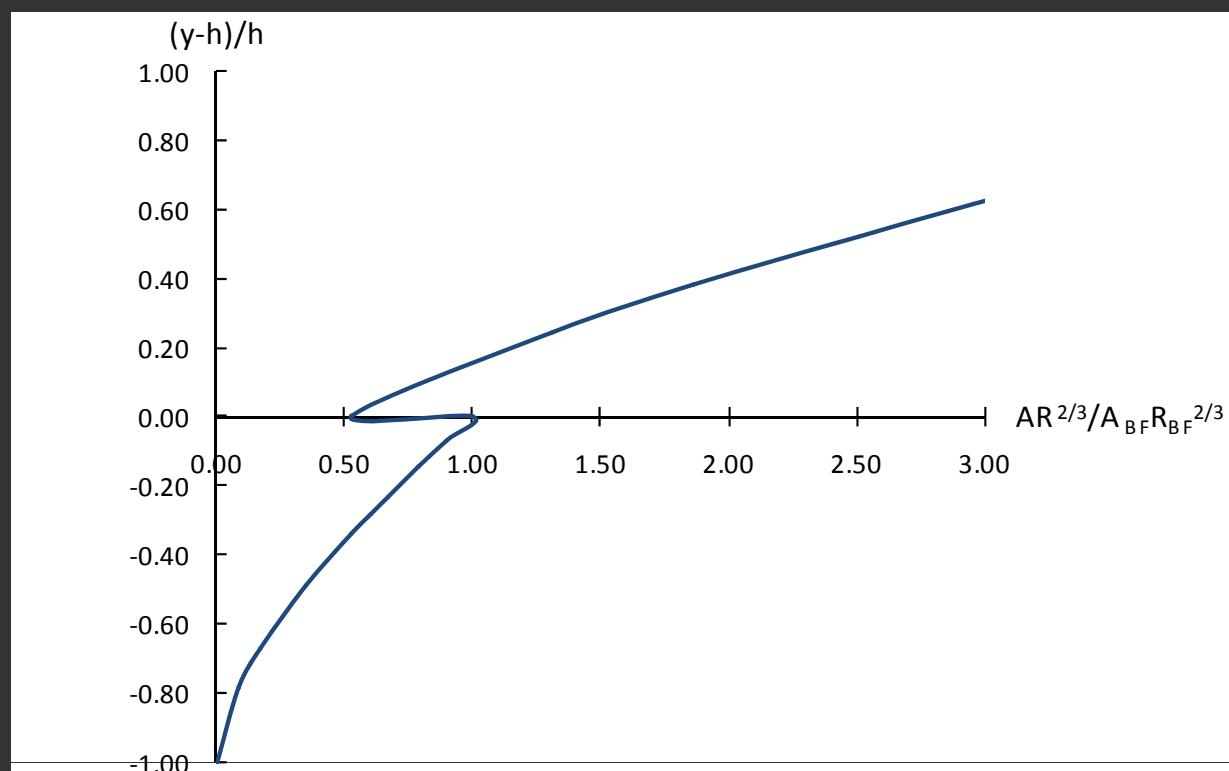


Caso de estudo

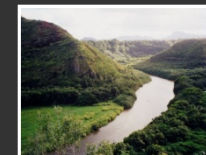
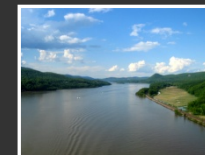


➤ Resultados do caso de estudo

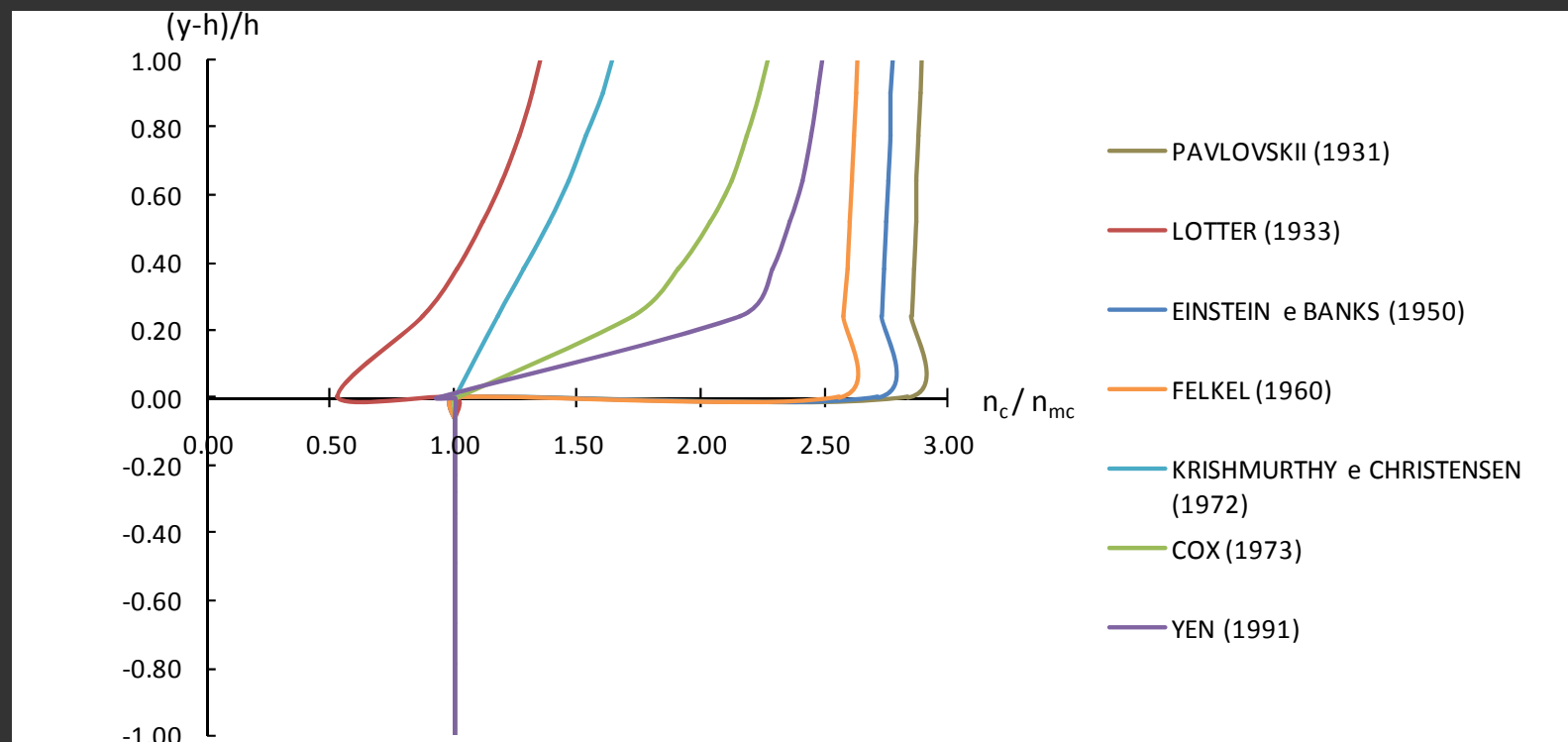
- Verifica-se que em secções compostas o raio hidráulico não é uma função de solução única com a altura de água.



Caso de estudo

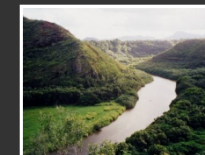
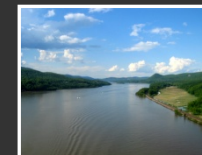


➤ Resultados do caso de estudo

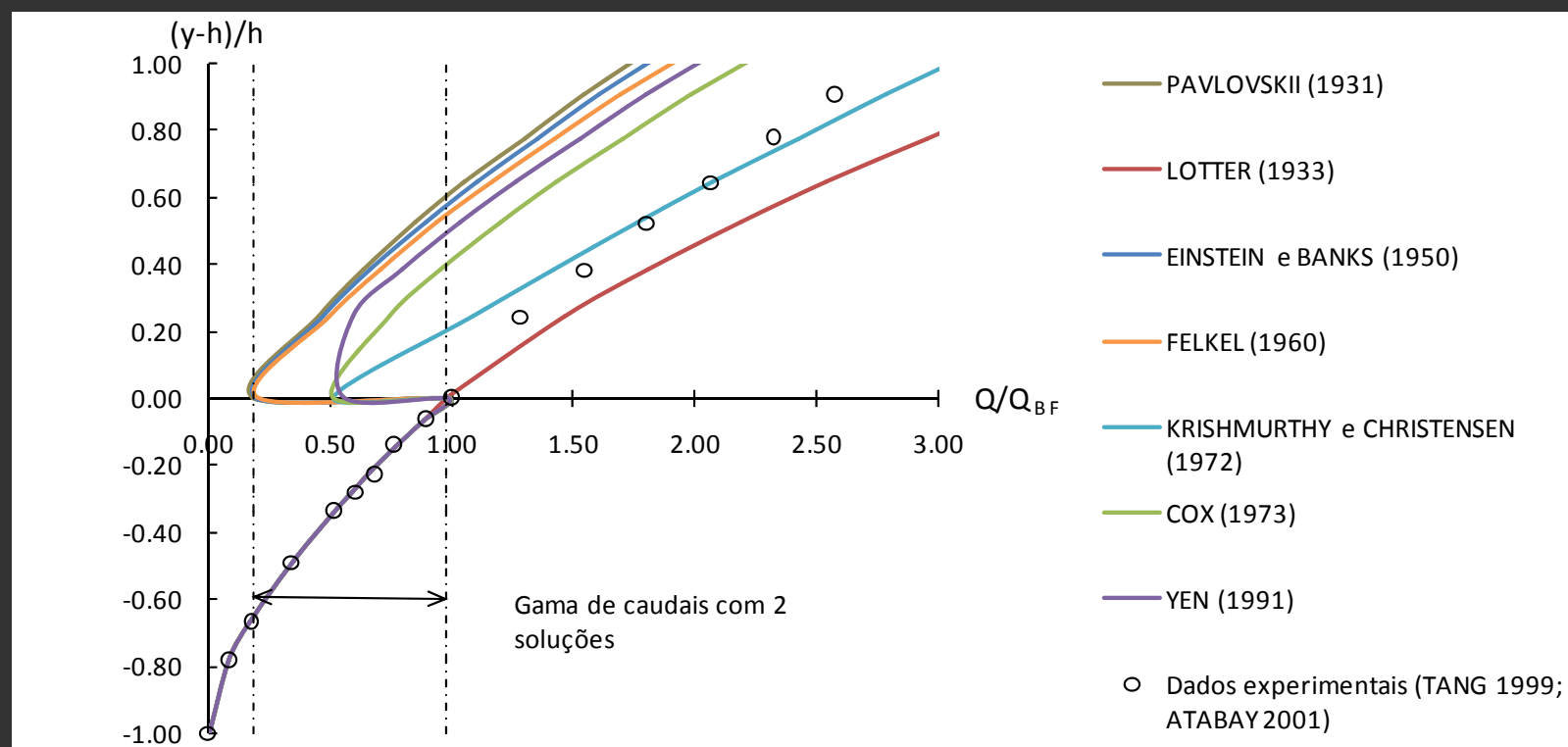


- Os resultados permitem ainda constatar que a gama de caudais para a qual os restantes métodos conduzem a duas soluções depende da relação n_{fp}/n_{mc} . Se $n_{fp}/n_{mc} > 1$ a gama aumenta, enquanto que para $n_{fp}/n_{mc} < 1$ diminui.

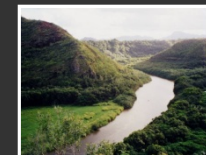
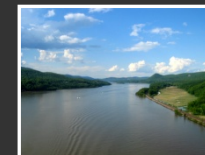
Caso de estudo



➤ Resultados do caso de estudo

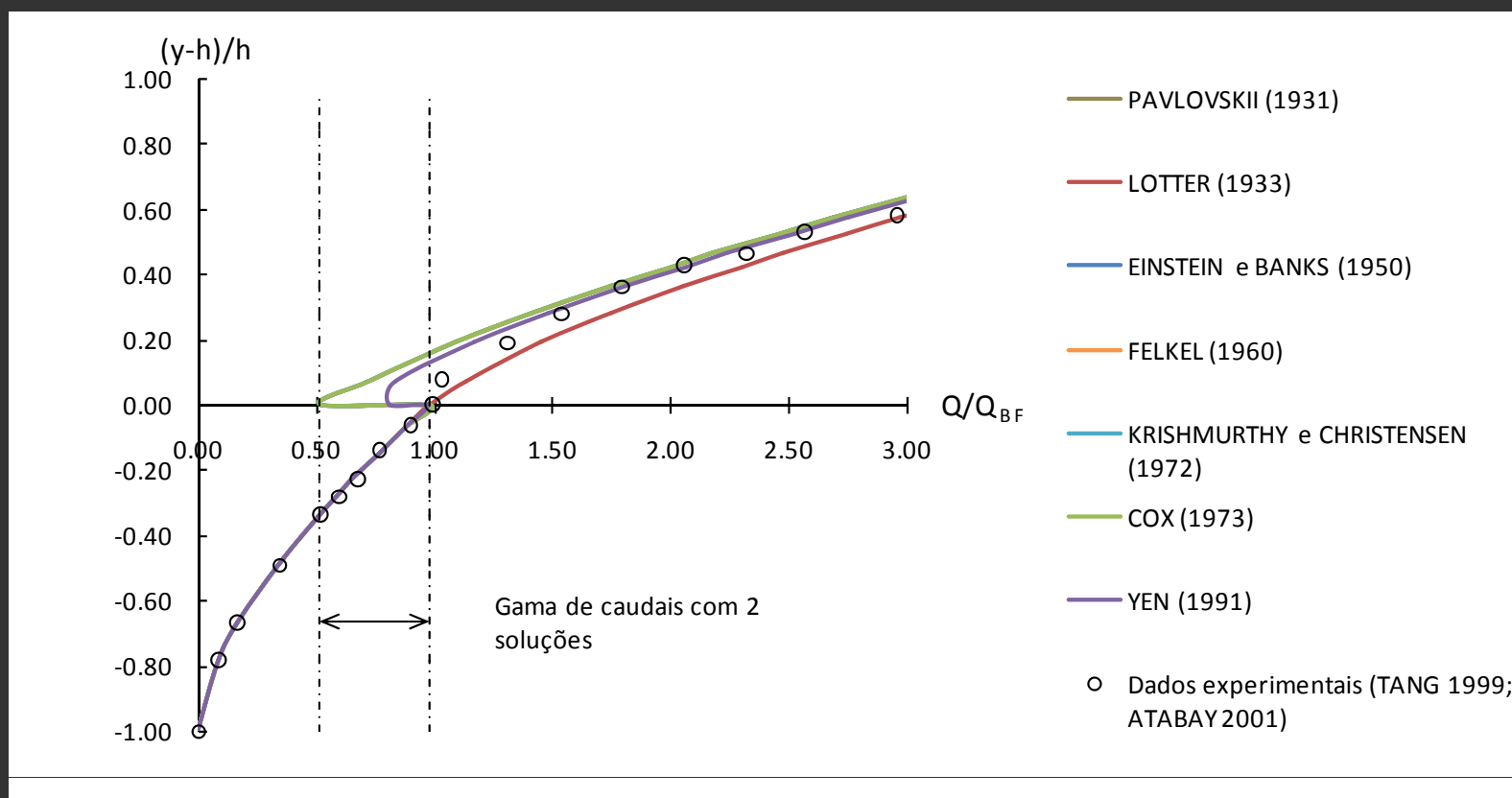


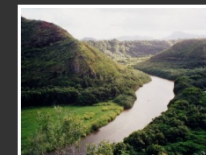
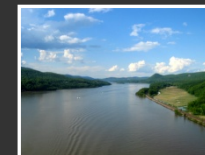
Caso de estudo



➤ Resultados do caso de estudo

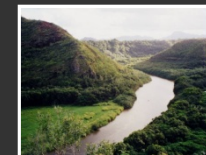
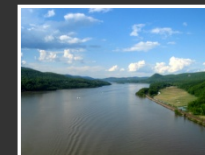
- Apresentam-se as curvas de vazão determinadas pelos diferentes métodos pertencentes ao grupo SCM para o caso de estudo apresentado, assumindo rugosidade constante em toda a secção.



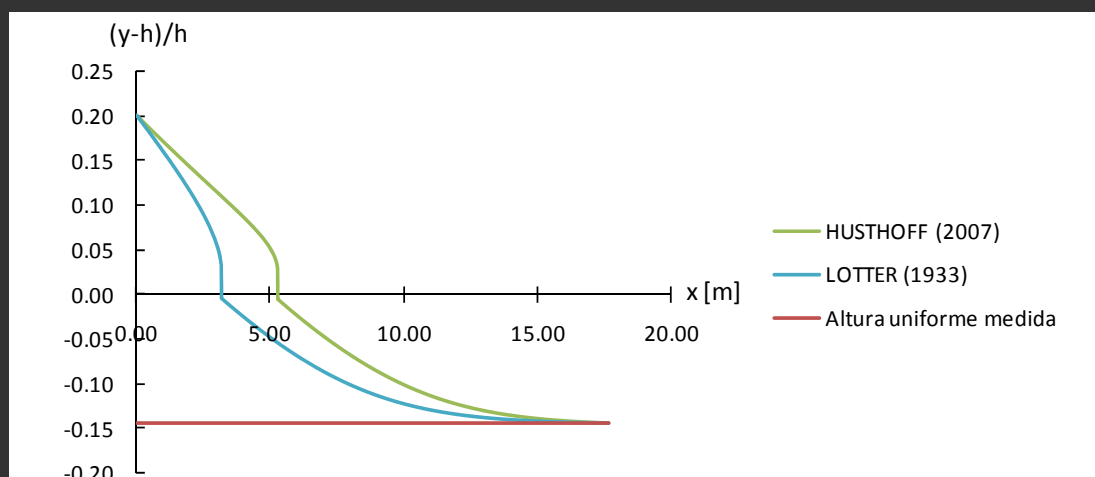


- Embora vários estudos tenham referido a possibilidade de em canais compostos existir mais do que uma altura crítica, para o mesmo caudal, extenso número de ensaios indica que, para cada caudal, existe uma única altura uniforme.
- Só em casos muito particulares (em que não se enquadra o presente caso de estudo) foram observadas, por um número muito reduzido de investigadores, a existência de duas alturas uniformes.
- De facto, na generalidade dos casos a existência de duas assíntotas para o mesmo caudal decorre de um problema numérico e não de um fenómeno físico, o que leva a concluir que grande parte dos métodos depende incorrectamente da condição inicial de cálculo.
- De forma a evitar este problema numérico, os métodos do grupo dos SCM não devem ser utilizados, com excepção do método de LOTTER (1933), caso na sua aplicação se considere divisões de subsecção não só quando há mudança de rugosidade mas também mudança de geometria.

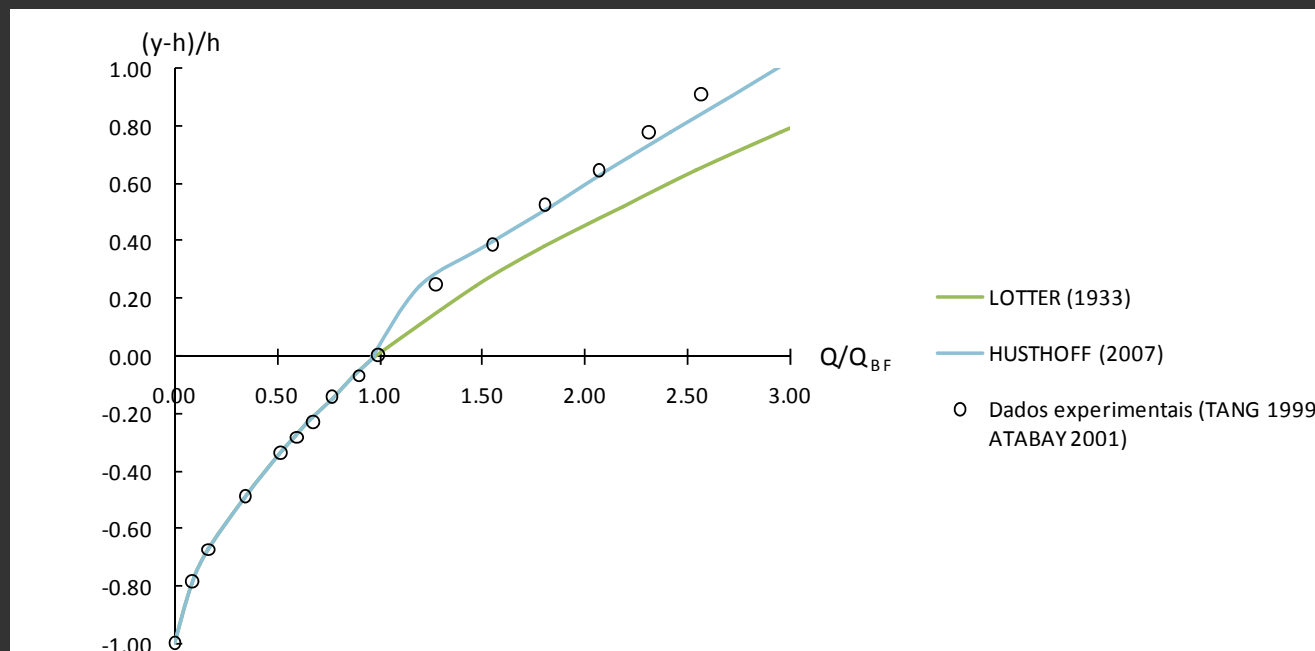
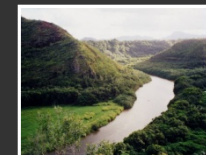
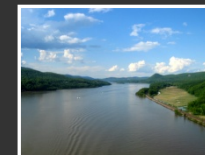
Considerações finais



- Os métodos pertencentes ao grupo DCM apresentam um comportamento idêntico ao método de LOTTER (1933), tal como observado nas figuras seguintes, uma vez que se baseiam na utilização de factores correctivos a aplicar a este método.



Considerações finais



- O grande objectivo dos DCM é aumentar o rigor na determinação da curva de vazão correcta. Contudo, os resultados dependem significativamente do valor atribuído aos parâmetros empíricos incluídos nas formulações, o que limita a sua generalização.



Vitor Sousa e Inês Meireles, recentemente Visiting Scholars na Universidade da Califórnia, em Davis (EUA), agradecem, respectivamente, à ESTBarreiro pela dispensa de serviço docente e a concessão de uma bolsa de investigação Fulbright/FLAD.



Regolfo em Canais com Secção Composta: Análise Comparativa de Métodos de Cálculo Hidráulico



http://www.cham.co.uk/PUC/PUM_London/presentations/Tunis_Tech1.ppt

Vitor SOUSA
Instituto Superior Técnico

Inês MEIRELES
Universidade de Aveiro

Fabián BOMBARDELLI
University of California, Davis

José SALDANHA MATOS
Instituto Superior Técnico

Jorge MATOS
Instituto Superior Técnico