



HÁ *50 anos* GERANDO E DISSEMINANDO
O CONHECIMENTO GEOCIENTÍFICO
COM EXCELÊNCIA



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



EXTRAPOLAÇÃO DE CURVA-CHAVE, COM E SEM A PARTIÇÃO DO PERFIL TRANSVERSAL, PELO MÉTODO DECLIVIDADE- TRANSMISSÃO



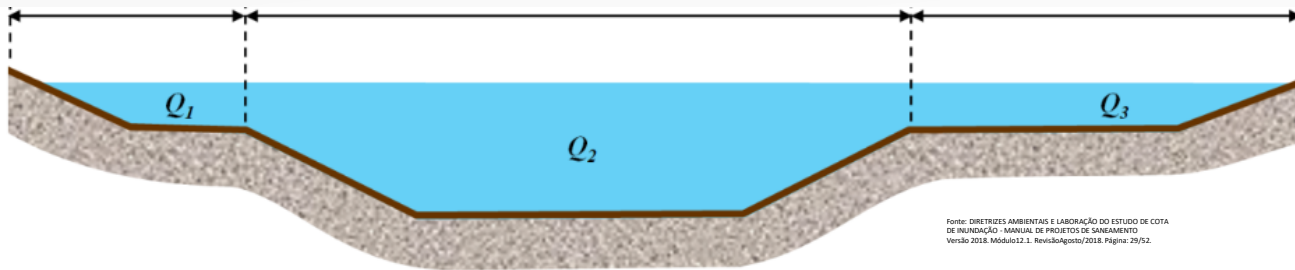
Considerações iniciais:

Analisou-se a partição de perfil transversal de seção irregular de um curso d'água na melhoria do cálculo visando estimar a vazão por meio da extrapolação do tramo alto de curva-chave pelo método Declividade-Transmissão (*Declivity-Conveyance*), utilizando a estação Cerâmica Cherubini (87401600), na bacia do rio Gravataí no Rio Grande do Sul.

Do que exatamente trata o artigo?

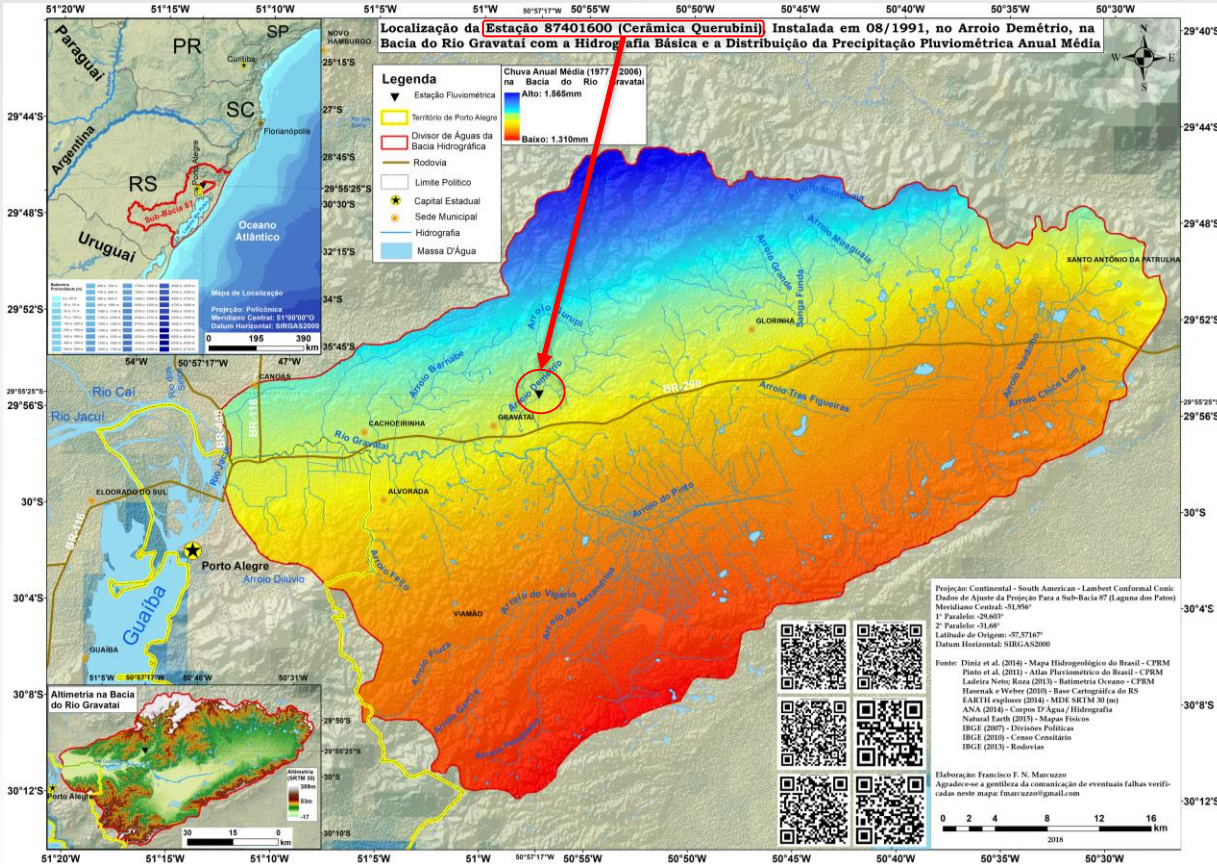
- Extrapolação de curva-chave utilizando o cálculo de parâmetros hidráulicos de seção transversal composta de rio.

As seções transversais compostas devem ser divididas em subcondutos para o cálculo dos parâmetros hidráulicos a serem utilizados na extrapolação de curva-chave, visto que podem possuir resistências ao escoamento diferentes o que resulta em escoamentos distintos. A Figura abaixo exhibe três subseções, que produzem as vazões: Q_1 , Q_2 , Q_3 , ou seja a capacidade de vazão da seção é: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$.



Na seção transversal composta, deve-se calcular o Manning do canal principal(n_c) e das planícies à esquerda (n_p) e à direita (n_p'), de modo que a vazão de cada subseção seja calculada com seu respectivo coeficiente de Manning.

Caracterização geral da região de localização da estação fluviométrica



A estação fluviométrica com medição de descarga líquida (FD) utilizada neste estudo (Cerâmica Cherubini – código: 87401600) esta localizada no arroio Demétrio, no município de Gravataí/RS, na bacia do rio Gravataí, pertencente a sub-bacia 87.

A bacia do rio Gravataí faz parte da região hidrográfica de número 12, chamada Região Hidrográfica do Atlântico Sul, e da Bacia Hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste, que recebe o número 8.

A precipitação pluviométrica média anual na bacia do rio Gravataí varia de 1.310 a 1.585mm.ano⁻¹, segundo os dados apresentados pelo Atlas Pluviométrico do Brasil do Serviço Geológico do Brasil e interpretados para este estudo.



Caracterização geral da região de localização da estação fluviométrica

Foz do Rio Gravataí

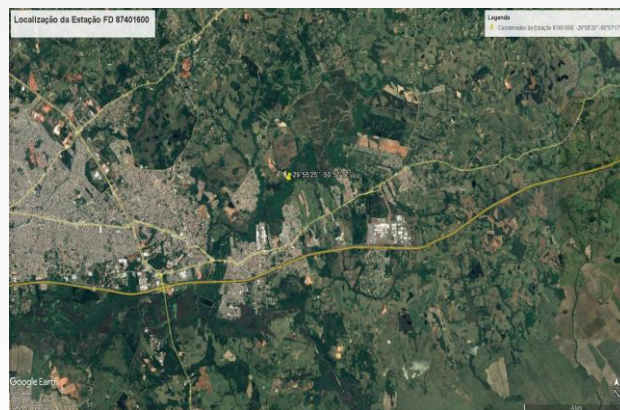
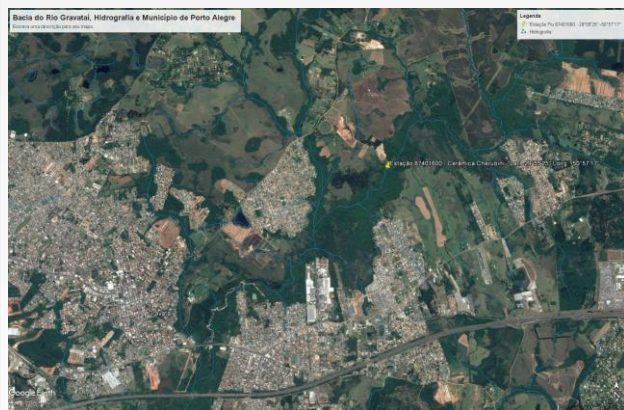
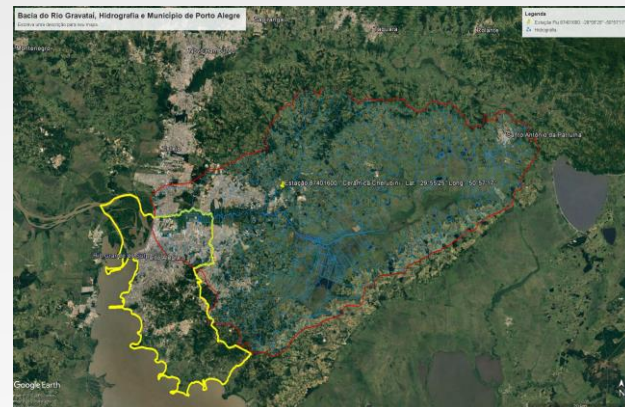
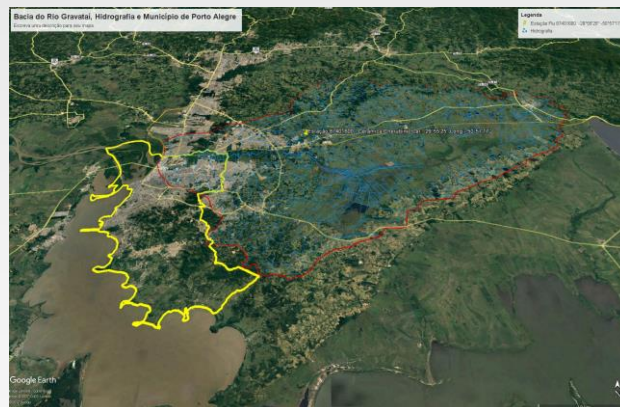
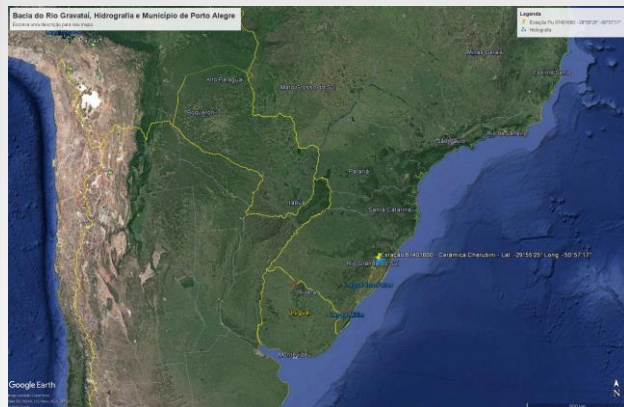


CA-Atas 225-226-230



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
CPRM

Caracterização geral da região de localização da estação fluviométrica



Caracterização da seção transversal da estação fluviométrica



Hidro 1.3 - [Estação (87401600, CERÂMICA CHERUBINI)]

Sistema Editar Exibir Imagens Janela Ajuda

Fechar

Estação Descrição Histórico Imagens

Identificação
 Código: 87401600 Nome: CERÂMICA CHERUBINI Código adicional: Tipo: Fluviométrica

Localização
 Bacia (código/nome): 8 ATLÂNTICO, TRECHO SUDESTE
 Sub-bacia (código/nome): 87 LAGOA DOS PATOS
 Rio (código/nome): 87240100 ARROIO DEMÉTRIO
 Estado (código/nome): 24 RIO GRANDE DO SUL
 Município (código/nome): 24091000 GRAVATAÍ

Coleta/Período
 Escala (F): 08/1991 a /
 Registrador de nível (Fr): 08/1991 a /
 Descarga líquida (D): 08/1991 a /
 Sedimentos (S): a /
 Qualidade da água (Q): 01/2009 a /
 Pluviômetro (P): a /
 Registrador de chuva (Pr): a /
 Evaporimétrica (E): a /
 Climatológica (C): a /
 Piezometria (Z): a /
 Telemétrica (T): a /

Entidades
 Responsável (código/UF/jurisdicção/sigla): 00001 27 01 ANA
 Operadora (código/UF/roteiro/sigla): 00082 24 13 CPRM

Coordenadas
 Latitude (±GG.MM.SS): -29.55.25 Altitude (m): 20.00
 Longitude (±GGG.MM.SS): -050.57.17 Área de drenagem (km2): 199.00

Rede
 Básica: Não Curso de água: Afluente Sedimentos: Não
 Energética: Não Estratégica: Não Qualidade da água: Água doce classe 2
 Navegação: Não Captação: Uso geral Classe de vazão: Vazão observada

Atualização
 Última atualização: 20/02/2017

Hidro 1.3 - [Perfil Transversal (87401600, 04/08/2006, -)]

Sistema Editar Exibir Janela Ajuda

Fechar

Perfil Transversal Elementos Geométricos

Estação
 Nome: CERÂMICA CHERUBINI Código: 87401600 Área de drenagem (km2): 202.30 Responsável: ANA
 Rio: ARROIO DEMÉTRIO Município: GRAVATAÍ UF: RS Operadora: CPRM

Identificação
 Nível de consistência: Bruto Data: 04/08/2006 Hora: Núm. do levantamento: 0037

Seção
 Tipo de seção: Régua Distância PI-PF (m): 36,7

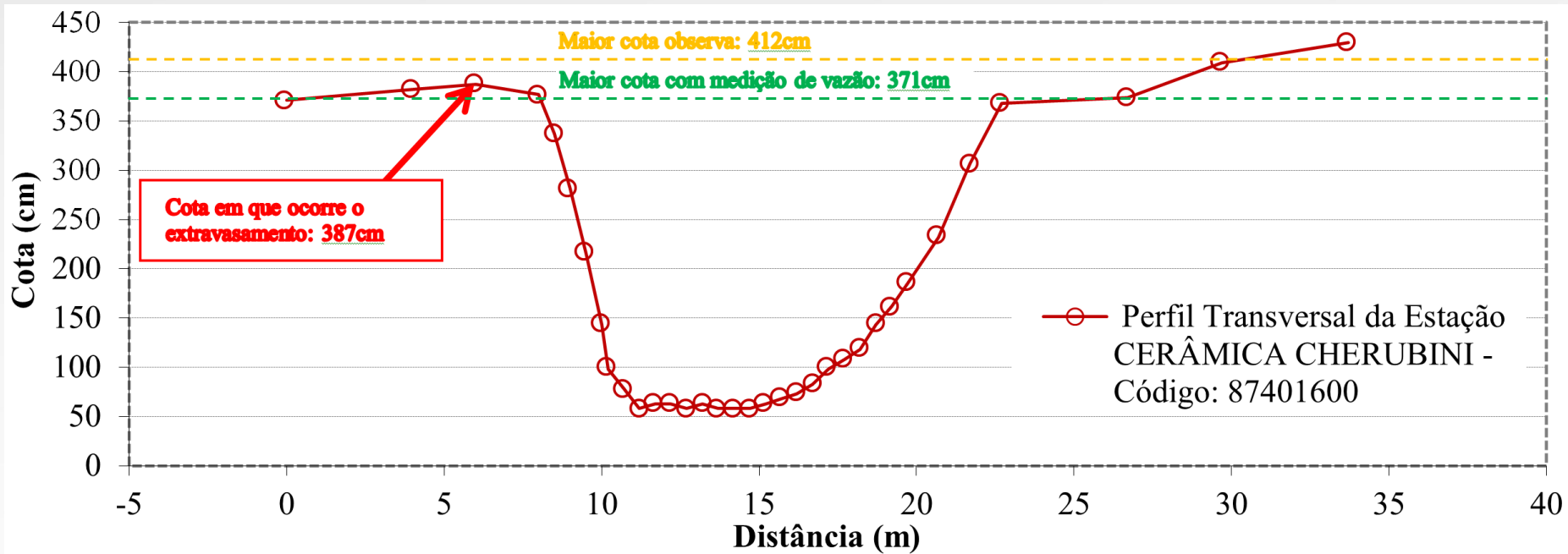
Verticais

#	Distância (m)	Cota (cm)
1	0,00	371
2	4,00	382
3	6,00	387
4	8,00	337
5	8,00	377
6	9,00	281
7	10,00	216
8	10,00	143
9	10,00	98
10	11,00	78
11	11,00	58
12	12,00	63
13	12,00	63
14	13,00	58
15	13,00	63
16	14,00	58
17	14,00	58
18	15,00	63
19	15,00	58

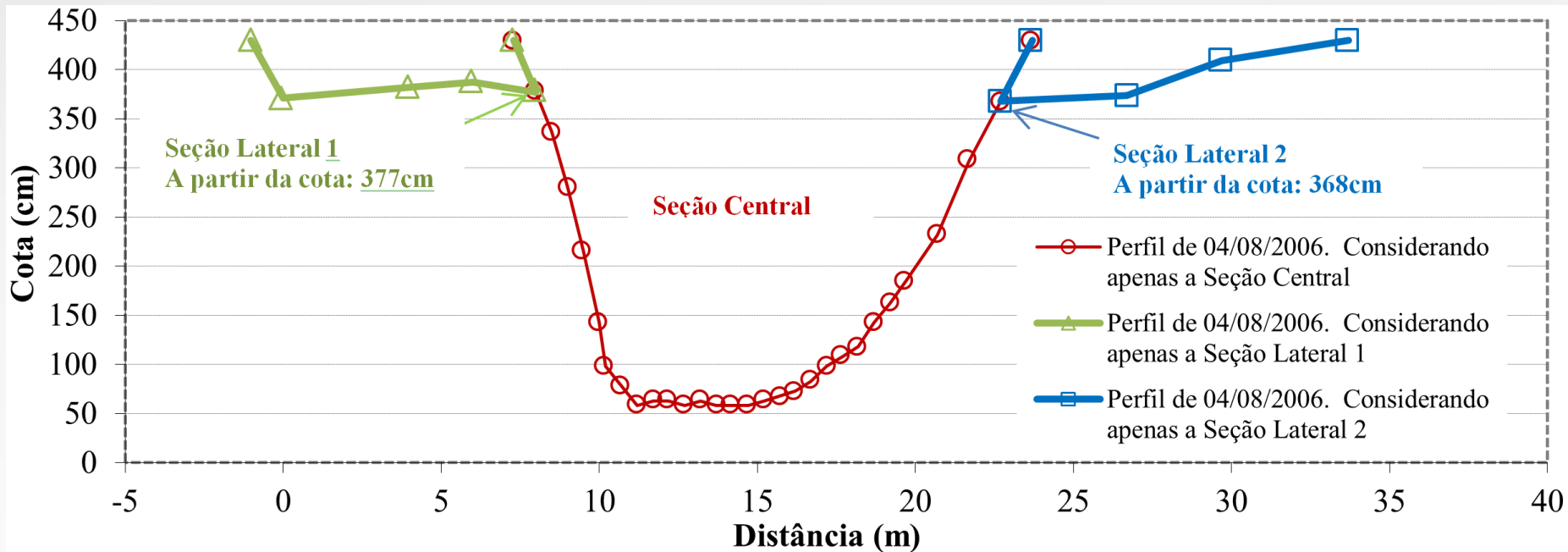
Observações

Gráfico



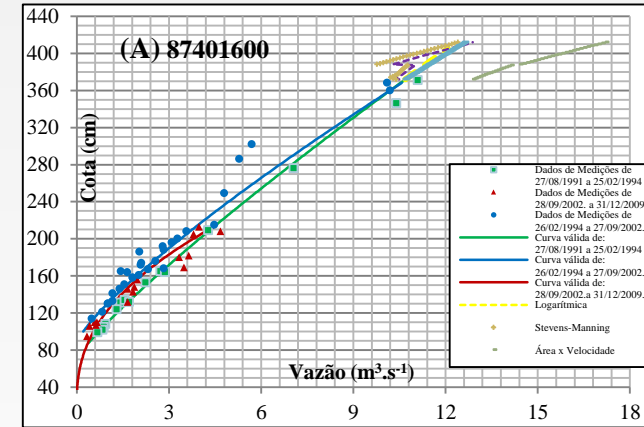
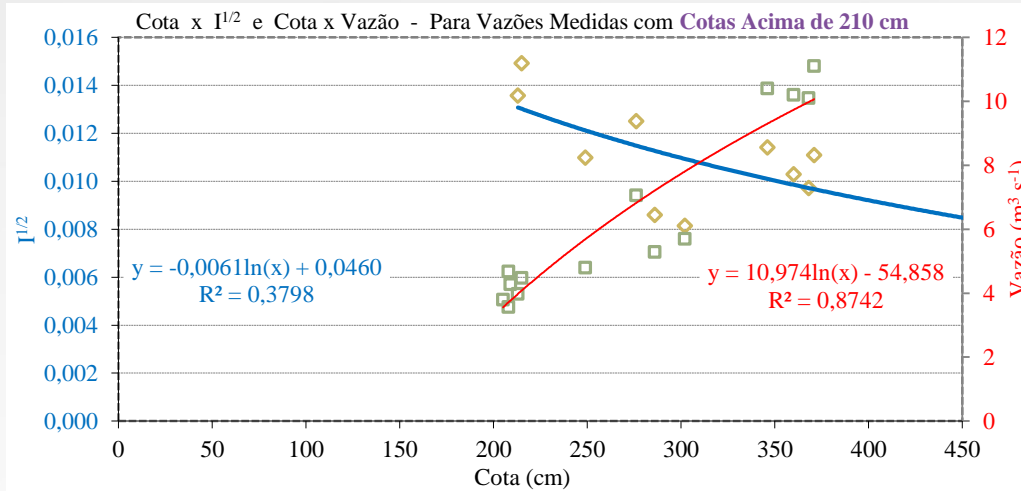


Divisão em Três Seções Para Cálculo dos Parâmetros Hidráulicos do LST



Resumo do método Declividade-Transmissão (*Declivity-Conveyance*)

A plotagem de $I^{1/2}$ versus a cota extrapolada para os valores altos observados tende a resultar num valor constante para cotas altas. Sabe-se que a relação entre cota versus $I^{1/2}$ e a tendência de $I^{1/2}$ tende a alcançar um valor constante.



A vazão é calculada pelo produto do valor de K , calculado para a cota correspondente, pelo valor de $I^{1/2}$, valor constante obtido da curva $I^{1/2}$ versus cota. Para extrapolação em condição de extravasamento, os valores do *Conveyance*, dependendo da seção transversal, devem ser calculados separadamente.



Resumo do método Declividade-Transmissão (*Declivity-Conveyance*)

$$Q = \frac{1}{n} AR_h^{2/3} I^{1/2}$$

$$K = \frac{1}{n} AR_h^{2/3}$$

$$Q = KI^{1/2}$$

No cálculo de K , os valores de A e de R_h são obtidos a partir das medições existentes e o valor de n é estimado. Esses valores de K são plotados contra a cota até o nível máximo requerido.

A raiz quadrada da declividade (gradiente de energia) $I^{1/2}$ é obtida pelo quociente entre a vazão medida e o correspondente valor de K .




Cálculo da vazão na estação 87401600, pela extrapolação, considerando a seção inteira e particionada

O coeficiente de Manning (n), utilizados na Tabela 1, foi determinado segundo a Tabela 8.5 na parte de arroios e rios da página 273, do capítulo 8, do livro Hidráulica Básica (PORTO, 2006).

Cota	Cálculo de Q_{SI} para a amplitude a ser extrapolada - Seção Inteira (central+laterais)			Cálculo de Q_{SC} para a amplitude a ser extrapolada - Seção Central			Cálculo de Q_{SL1} para a amplitude a ser extrapolada - Seção Lateral 1			Cálculo de Q_{SL2} para a amplitude a ser extrapolada - Seção Lateral 2			Vazão Total Seção Repartida $Q_{TSR} = Q_{SC} + Q_{SL1} + Q_{SL2}$	Diferença $Q_{TSR} - Q_{SI}$ (%)
	$I^{1/2}$	Q_{SI}	n de Q_{SI}	$I^{1/2}$	Q_{SC}	n de Q_{SC}	$I^{1/2}$	Q_{SL1}	n de Q_{SL1}	$I^{1/2}$	Q_{SL2}	n de Q_{SL2}		
372	0,0099	8,8	0,050	0,0099	10,72	0,047	0,0099	0,00	0,055	0,0099	0,00	0,055	10,72	22%
373	0,0099	8,7		0,0099	10,76		0,0099	0,00		0,0099	0,00		10,76	23%
374	0,0099	8,6		0,0099	10,81		0,0099	0,00		0,0099	0,00		10,81	25%
375	0,0098	8,7		0,0098	10,86		0,0098	0,00		0,0098	0,00		10,86	25%
376	0,0098	8,7		0,0098	10,91		0,0098	0,00		0,0098	0,00		10,91	25%
377	0,0098	8,8		0,0098	10,95		0,0098	0,00		0,0098	0,00		10,96	25%
378	0,0098	8,8		0,0098	11,00		0,0098	0,00		0,0098	0,00		11,01	25%
379	0,0098	8,8		0,0098	11,05		0,0098	0,00		0,0098	0,00		11,06	26%
380	0,0098	8,8		0,0098	11,10		0,0098	0,00		0,0098	0,00		11,10	26%
381	0,0097	8,8		0,0097	11,15		0,0097	0,00		0,0097	0,00		11,15	26%
382	0,0097	8,8		0,0097	11,19		0,0097	0,01		0,0097	0,01		11,20	27%
383	0,0097	8,9		0,0097	11,24		0,0097	0,01		0,0097	0,01		11,25	27%
384	0,0097	8,9		0,0097	11,29		0,0097	0,01		0,0097	0,01		11,30	27%
385	0,0097	8,9		0,0097	11,34		0,0097	0,01		0,0097	0,01		11,36	28%
386	0,0097	8,9		0,0097	11,39		0,0097	0,01		0,0097	0,01		11,41	28%
387	0,0097	8,9		0,0097	11,43		0,0097	0,02		0,0097	0,01		11,46	28%
388	0,0096	8,0		0,0096	11,48		0,0096	0,02		0,0096	0,01		11,51	43%
389	0,0096	8,1		0,0096	11,53		0,0096	0,02		0,0096	0,01		11,56	43%
390	0,0096	8,2		0,0096	11,58		0,0096	0,03		0,0096	0,01		11,61	42%
391	0,0096	8,3		0,0096	11,63		0,0096	0,03		0,0096	0,01		11,67	41%
392	0,0096	8,4		0,0096	11,68		0,0096	0,04		0,0096	0,01		11,72	40%
393	0,0096	8,4		0,0096	11,72		0,0096	0,04		0,0096	0,01		11,78	40%
394	0,0095	8,5		0,0095	11,77		0,0095	0,05		0,0095	0,01		11,83	39%
395	0,0095	8,6		0,0095	11,82		0,0095	0,05		0,0095	0,01		11,89	38%
396	0,0095	8,7		0,0095	11,87		0,0095	0,06		0,0095	0,01		11,94	38%
397	0,0095	8,8		0,0095	11,92		0,0095	0,06		0,0095	0,02		12,00	37%
398	0,0095	8,8		0,0095	11,97		0,0095	0,07		0,0095	0,02		12,05	36%
399	0,0095	8,9		0,0095	12,02		0,0095	0,08		0,0095	0,02		12,11	36%
400	0,0095	9,0		0,0095	12,07		0,0095	0,09		0,0095	0,02		12,18	35%
401	0,0094	9,1		0,0094	12,11		0,0094	0,09		0,0094	0,02		12,23	34%
402	0,0094	9,2		0,0094	12,16		0,0094	0,11		0,0094	0,02		12,29	34%
403	0,0094	9,3		0,0094	12,21		0,0094	0,11		0,0094	0,02		12,34	33%
404	0,0094	9,3		0,0094	12,26		0,0094	0,12		0,0094	0,02		12,41	33%
405	0,0094	9,4		0,0094	12,31		0,0094	0,12		0,0094	0,02		12,46	32%
406	0,0094	9,5		0,0094	12,36		0,0094	0,14		0,0094	0,02		12,52	32%
407	0,0093	9,6		0,0093	12,41		0,0093	0,14		0,0093	0,02		12,57	31%
408	0,0093	9,7		0,0093	12,46		0,0093	0,15		0,0093	0,03		12,64	31%
409	0,0093	9,8		0,0093	12,51		0,0093	0,15		0,0093	0,03		12,69	30%
410	0,0093	9,8		0,0093	12,56		0,0093	0,17		0,0093	0,03		12,76	30%
411	0,0093	9,9		0,0093	12,61		0,0093	0,17		0,0093	0,03		12,81	29%
412	0,0093	10,0		0,0093	12,66		0,0093	0,19		0,0093	0,03		12,88	29%

Extrapolação da Curva-Chave Determinada Pela Repartição do Perfil Transversal da Seção da Estação 87401600

Validade início	Validade fim	Cota máxima (cm)	Cota mínima (cm)	Equação: $Q = a(h - h_0)^n$	a		h_0	n
27/08/1991	31/12/2009	412	372	$Q = 2,4084(h - 0,69)^{1,3448}$	2,4084		0,69	1,3448

Considerações finais

- As laterais da seção de medição denotam uma ampla distribuição de impedimentos de transmissão, apresentando grande desconectividade da vazão da seção central das seções laterais.
- A baixa declividade do talvegue do curso d'água foi principal fator relacionado com as planícies de inundação com a desuniformidade do atrito (n de Manning) entre a seção principal central e as laterais.
- Verifica-se a importância da observação de conectividade entre as vazões da parte central de canais com as suas respectivas laterais para futuras pesquisas sobre a dinâmica dos sistemas fluviais sob influencia do atrito da vegetação em suas laterais e a baixa declividade em bacias com ampla magnitude de zonas de inundação.





SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
CPRM



Francisco Marcuzzo
Pesquisador em Geociências - Hidrologia

Superintendência Regional de Porto Alegre / RS
Rua Banco da Província, 105 – Santa Tereza
Porto Alegre/RS - CEP 90.840-030
Tel.: (51) 3406-7326
E-mail: francisco.marcuzzo@cprm.gov.br



Artigo



Apresentação Oral



Apresentação Pôster



Mapas do Rio Grande do Sul



Sub-Bacias do Brasil



Atlas Pluviométrico



Repositório do CPRM / SGB



Hidrologia do CPRM / SGB



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL