



ESTUDO DE PERFIS DE ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS: TRANSCRIÇÕES DE CAMPO, AJUSTES DE ESCRITÓRIO E EFEITO NOS ATRIBUTOS HIDRÁULICOS

Maurício D. Melati¹ & Francisco F. N. Marcuzzo²

RESUMO – Trabalhos de consistência de dados são indispensáveis para estudos hidrológicos. O presente trabalho teve como objetivo estudar possíveis erros na transcrição de medições de seção transversal de estações fluviométricas, e verificar sua influência nas características hidráulicas. Para o desenvolvimento deste estudo executou-se uma criteriosa análise de dados de campo, onde se buscou identificar falhas comuns na transferência de dados, e classifica-las de acordo com os erros identificados. Além disso, através de uma análise comparativa buscou-se avaliar as alterações nas características hidrológicas das seções. A análise identificou uma grande quantidade de erros de diferentes magnitudes, e através da análise de perfis com grandes alterações, calcularam-se as variações das variáveis área da seção e raio hidráulico. Nesta análise conclui-se que estas falhas, quando presentes, podem alterar consideravelmente as medições, transferindo a incerteza para curvas-chave e todas as operações hidrológicas subsequentes.

ABSTRACT– Studies of data consistency are essential for hydrological studies. This research study aimed to identify possible errors in the transcription of measurements of cross section of fluviometrics databases stations and verify its influence on hydraulic characteristics. To develop this study was performed a thorough analysis of field data, where we seek to identify common faults errors in transferring data, and classifies them according to the identified errors. Additionally, through a comparative analysis we sought to evaluate changes in hydrological characteristics of the sections. The analysis identified a number of errors of different magnitudes, and through analysis of profiles with large changes, we calculated the variations of the variables sectional area and hydraulic radius. Through this analysis, it was concluded that these errors, when present, might significantly alter the measurements, transferring the key uncertainty for all subsequent bends and hydrological operations.

Palavras-Chave – Consistência de dados; fluviometria; medição de vazão.

1) Acadêmico em Engenharia Ambiental, estagiário do projeto de Regionalização de Vazões da Sub-Bacia 87, CPRM / SGB. mauriciomelati@gmail.com.

2) Pesquisador em Geociências, CPRM / SGB - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil - Rua Banco da Província, nº105 - Santa Teresa - Porto Alegre/RS - CEP 90840-030, Tel.:(51)3406-7300. francisco.marcuzzo@cprm.gov.br.

1 – INTRODUÇÃO

Diante da crescente demanda por recursos hídricos, o domínio das técnicas que quantificam e caracterizam a disponibilidade de água em uma bacia hidrográfica tornou-se fundamental para seu entendimento, esse conhecimento tem se mostrado necessário para lidar com as adversidades em tomadas de decisão que envolva recursos hídricos. A vazão dos rios possui um comportamento complexo, e o domínio sobre esse comportamento permite que estudos possam ser executados objetivando a sua melhor utilização para as mais variadas atividades, como outorgas, atividades industriais, atividades agrícolas, navegação, energia, alertas de cheias, entre outras tantas.

Tucci (2007) diz que a obtenção das vazões de um rio pode ser realizada por diversos métodos, o mais utilizado consiste na obtenção de dados de velocidade e área da seção transversal, que combinados fornecem uma estimativa para a vazão média da seção de um rio.

Segundo Silveira (1987), os erros totais nas medições de vazão, se bem executada, não deve ultrapassar os 5% em condições normais em rios, sendo 2% devido à distância atribuída entre as margens e verticais, 2% devido à medição das profundidades e perfil transversal, e 1% nas medições de velocidade.

Tschiedel *et al.* (2012) apresenta um estudo hidromorfológico detalhado da sub-bacia 87, que faz parte da área de distribuição geográfica das estações fluviométricas estudadas neste trabalho; e, Simon *et al.* (2013) apresenta um estudo fluviométrico da mesma sub-bacia, detalhando diferenças para determinação do ano hidrológico.

Diante das dificuldades e custos para obtenção de informações de vazão em campo, técnicas como a obtenção da curva-chave são utilizadas através da relação de cota e vazão, com o objetivo de facilitar e aumentar a frequência das medições, pois permite que medições de vazão sejam feitas utilizando apenas marcações de réguas junto à margem (JACCON e CUDO, 1989).

Santos *et al.* (2001) concluiu que durante a manipulação dos dados observados podem ocorrer alterações involuntárias do valor observado, esse erro denomina-se em geral “erro de transcrição”. Os erros decorrem na maioria dos casos de erro humano na organização de mapas, resumos, digitação de dados para processamento eletrônico e apenas muito raramente de falhas dos equipamentos de processamento de dados.

O presente trabalho teve como objetivo identificar os erros realizados na etapa de transferência de informações de perfis transversais, quando os dados presentes nas planilhas de campo são levados para escritório e digitados dentro de bancos de dados digitais, sendo posteriormente disponibilizados para os mais diversos estudos. Além disso, buscou-se avaliar a influência desses erros na obtenção das variáveis hidráulicas, que são as informações base para todos os estudos hidrológicos realizados no leito dos rios.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Localização geográfica dos perfis transversais estudados e as características pluviométricas e climáticas da região

Na Figura 1 observa-se a localização geográfica das estações com os perfis transversais estudados, onde cinco estações estão inseridas na sub-bacia 86, quatro na sub-bacia 87 e seis na sub-bacia 88.

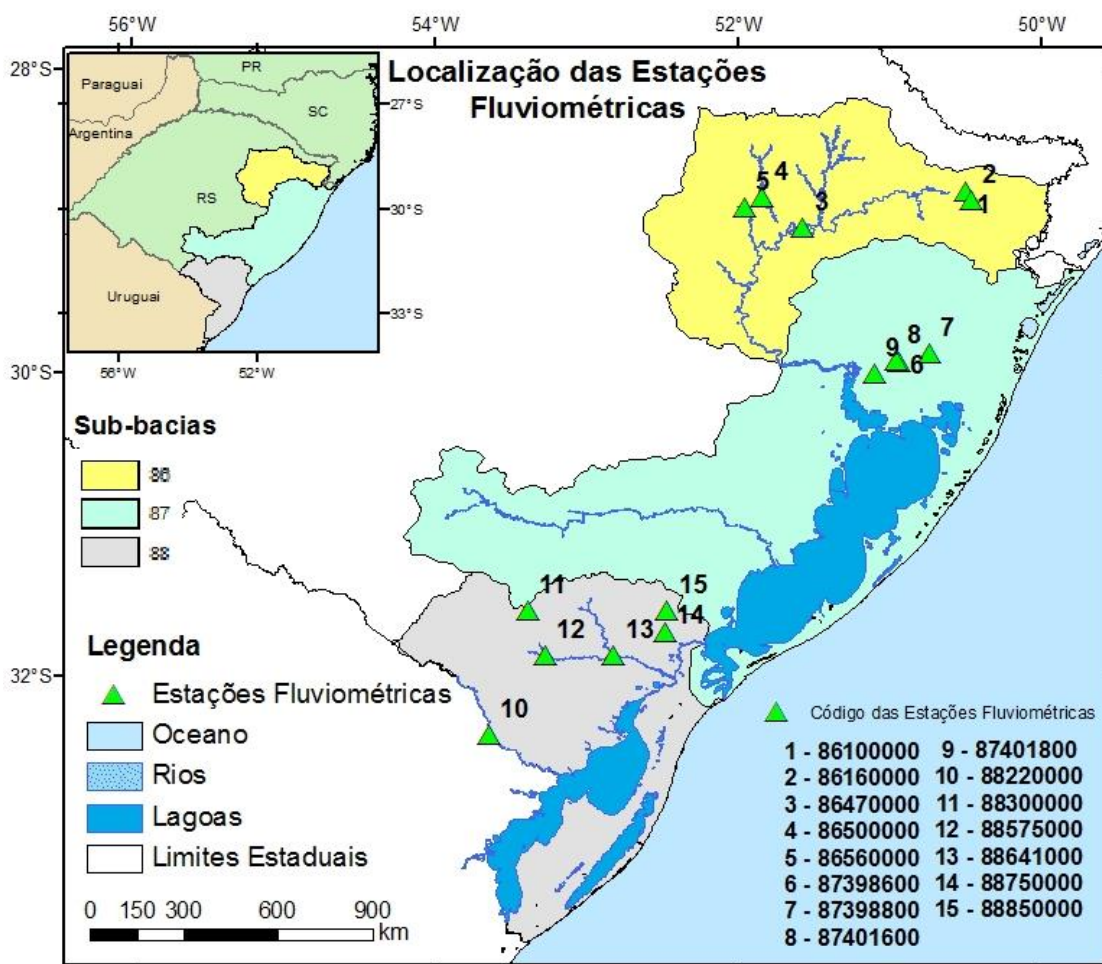


Figura 1. Localização das estações com os perfis transversais estudados.

Segundo Pinto *et al.* (2011) avaliando-se a totalidade das sub-bacias 86, 87 e 88, na parte sul referente a sub-bacia 88, os meses mais chuvosos são os de fevereiro, abril e julho, com precipitações médias mensais de 150 mm, 170 mm e 163mm respectivamente, na parte norte da sub-bacia 87, localizada acima da lagoa dos patos, juntamente com a sub-bacia 86, os meses mais chuvosos são os de julho e outubro com 214 mm e 176 mm respectivamente. Em relação ao período mais seco na sub-bacia 88 ao sul do estado, os meses de agosto e dezembro apresentam as menores precipitações, com precipitações médias mensais de 97 mm e 83 mm respectivamente, enquanto que para o norte da sub-bacia 87 a menor precipitação constada foi de 83 mm para o mês de dezembro, e para a sub-

bacia 86 os meses de março e maio apresentaram o período mais seco com 83 mm e 95 mm, respectivamente.

Quanto aos aspectos climáticos, de acordo com os métodos descritos por Köppen (1936) *apud* Peel (2007), o clima das sub-bacias 86, 87 e 88 é composto unicamente pelo tipo Cfa (clima temperado úmido), subdivisão da classificação geral Cf (clima temperado), que resulta de regiões com clima úmido, onde a precipitação é bem distribuída em todos os meses do ano, com inexistência de estação seca definida (SIMON *et al.*, 2013).

2.2 - Levantamento de perfil transversal de estação fluviométrica em campo

O levantamento batimétrico é feito por hidrometristas em campo, e pode ser feito de forma manual ou automática através de diversas ferramentas, entre os métodos automáticos mais usuais temos os instrumentos a laser, acústicos ou orbitais (CARVALHO, 2008). Aparelhos de medição de velocidades através de efeito Doppler, cujo uso está aumentando recentemente, também realizam a batimetria do leito do rio, o método está baseado na emissão de um pulso acústico de frequência conhecida em direção ao fundo do leito (COLLISCHONN e DORNELLES, 2013). No entanto, este trabalho analisou somente perfis transversais que foram obtidos manualmente.

O levantamento de seção transversal (Figura 2) é composto pelas etapas de levantamento batimétrico e levantamento da parte seca (margens). O levantamento da parte seca da seção transversal é realizado nas duas margens, partindo do nível de água atual lido na régua, e deve atingir uma cota superior ao maior registro de nível de água observado no histórico da estação. Enquanto isso, o levantamento batimétrico consiste em um levantamento do relevo da seção molhada, a batimetria com guincho hidrométrico é a metodologia mais utilizada no Brasil, o procedimento consiste nas medições de profundidade desde o nível da água, para cada distância da margem, onde os valores são somados com a cota no nível da água para gerar as cotas do leito (SANTOS *et al.*, 2001). A Figura 2 apresenta um perfil transversal indicando as medições que são feitas para gerar a seção.

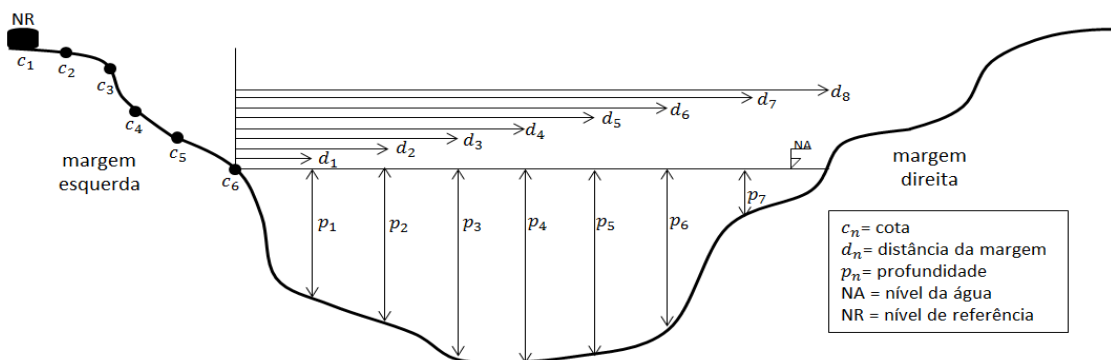


Figura 2. Exemplificação de medições realizadas em uma seção transversal fluviométrica.

2.3 - Processamento da informação no escritório

Posteriormente a etapa de levantamento da seção transversal, os dados são enviados para escritório com o objetivo de disponibilizar digitalmente os dados para as mais diversas finalidades. Como os dados são obtidos na forma de planilhas de campo escritas manualmente, eles são digitalizados de forma manual para o banco de dados para que o programa possa calcular todas as variáveis. A execução da transferência de dados requer esmero, visto que ocorrem operações de soma e subtração nas planilhas para obtenção dos valores de cota e distância.

2.4 - Equações para cálculo das características hidráulicas de perfis transversais

Os elementos geométricos da seção transversal são definidos em função do nível d'água e, portanto, variam com ele. Os elementos geométricos utilizados para os cálculos das características hidráulicas são: área molhada, perímetro molhado, raio hidráulico, largura superficial e profundidade média (JACON e CUDDO, 1989).

O presente trabalho avaliou a influência dos erros de transcrição de informações nas características hidráulicas da seção de um rio, mais especificamente a área molhada e o raio hidráulico, que segundo Jacon e Cuddo (1989) são de utilização constante na elaboração de curvas de calibragem entre cota do nível d'água e vazão no rio.

O método utilizado para cálculo da seção transversal, apresentado por Azevedo (2010), foi o da meia seção, que calcula a área do setor definido por uma vertical e pelas metades dos setores adjacentes, e é definido pela equação à frente.

$$A = \left(\frac{a}{2} + \frac{b}{2}\right)p_1 + \left(\frac{b}{2} + \frac{c}{2}\right)p_1 + \dots + \left(\frac{m}{2} + \frac{n}{2}\right)p_n \quad (1)$$

em que, m é a distância da metade anterior a vertical (m); n é a distância da metade posterior da vertical (m); p é a profundidade da vertical (m).

Segundo Azevedo (2010) o raio hidráulico é a relação entre a área molhada (m^2) e o perímetro molhado (m) da seção, sendo definido pela equação à frente.

$$R_H = \frac{A}{P} \quad (2)$$

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Possibilidade de erros comuns, não comuns e suas correções

Durante o estudo foram analisados 196 perfis transversais correspondentes a 15 estações fluviométricas, sendo identificados possíveis falhas de transcrição de dados em 86 planilhas. As possibilidades de falhas variam nas formas de erros de visualização, erros algébricos, e erros de inversão de perfil.

Os possíveis erros de visualização podem ser constatados quando o analista não reconhece a grafia usada na medição, interpreta de forma equivocada ou inverte a ordem dos dígitos, e acaba transferindo para o banco de dados uma informação que não condiz com a tendência de valores, esses erros são detectados frequentemente através da releitura das planilhas originais. A confirmação do erro no dígito (Figura 3) para o ponto pode ser feita através da análise do perfil atual com a respectiva correção. A Figura 3 apresenta uma correção de perfil da estação Chico Lomã (código: 87398600), localizada no rio Chico Lomã, pertencente ao município de Gravataí (BRASIL, 2014), e com altitude de 13 metros, onde um erro de visualização foi observado, o perfil apresentou um valor de cota com sinal invertido dentro banco de dados.

Os erros de inversão de perfil foram identificados em menor frequência, mas quando identificados apresentaram distorções consideráveis para a seção transversal, foram identificados em apenas 2% do total de perfis analisados, a identificação do erro foi feita através do reconhecimento do equívoco na planilha, quando por situações de campo a medição da seção começa pela margem direita, ocupando uma posição invertida na planilha, e apesar de conter identificações informando qual a margem medida, o analista pode acabar não percebendo e transferindo de forma invertida a medição para o banco de dados. Para confirmação do erro de inversão nas estações verificadas, os perfis de todas as medições foram sobrepostos em gráficos para interpretação da tendência das geometrias dos leitos. A Figura 3 apresenta uma correção de perfil da estação Cerro Chato (código: 88575000), localizada no rio Arroio Basílio, pertencente ao município de Herval (BRASIL, 2014), e com altitude de 115 metros, onde um erro de inversão de perfil foi observado.

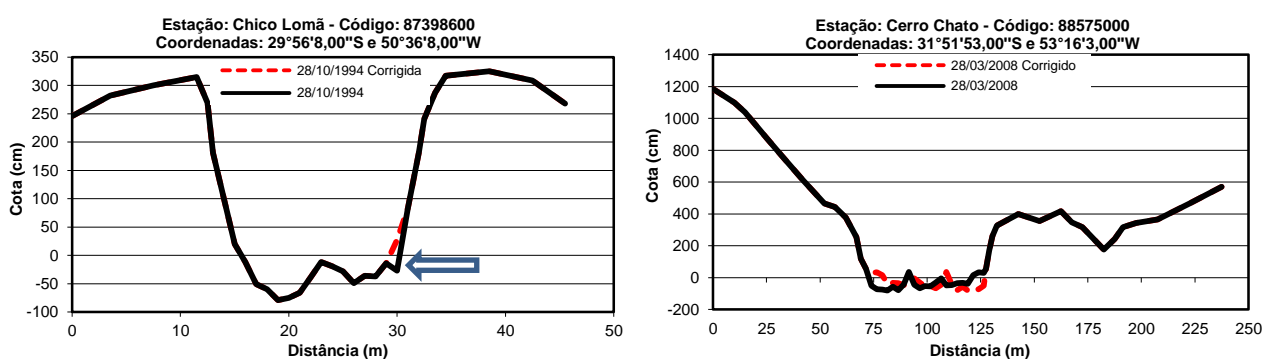


Figura 3. Perfis com erros de visualização e inversão de perfil.

Os erros algébricos representam as operações que são realizadas nas planilhas de medições, e são caracterizados como erros de soma para as distâncias, subtração para as cotas e arredondamento dos dígitos para ambas as medições. Esses erros apresentam grandes alterações nos perfis transversais gerados, pois quando cometidos influenciam toda a sequência de operações.

As medições de distância no levantamento do perfil são realizadas de forma individual, onde cada valor representa o intervalo entre duas medições subsequentes de cotas, ao final do levantamento essas medições são apresentadas de forma acumulada para possibilitar a representação gráfica da seção transversal medida, nessas operações de soma para obtenção das distâncias acumuladas erros foram identificados através de uma análise cuidadosa nas planilhas, comprometendo seriamente o formato do perfil. A Figura 4 apresenta uma correção de perfil da estação Passo do Gabriel (código: 86100000), localizada no Rio das Antas, entre os municípios de Bom Jesus e Jaquirana (BRASIL, 2014), e com altitude de 580 metros, onde um erro no somatório das distâncias foi constatado, a correção efetuada diminuiu consideravelmente a área da seção.

A obtenção dos valores de cotas é feita de duas formas, através das medições obtidas nas margens do rio desde um nível de referência, e para a área molhada através da profundidade em relação ao nível de água. Para a obtenção da cota na área molhada uma subtração é realizada entre o nível da água e a profundidade verificada, como resultado dessa operação os valores de cotas para o fundo do leito são gerados, foram constatados erros de subtração nas planilhas após uma detalhada verificação das operações matemáticas.

A Figura 4 apresenta uma correção de perfil da estação Ponte Cordeiro de Farias (código: 88850000), localizada no rio Arroio Pelotas, pertencente ao município de Pelotas, e com altitude de 40 metros, onde erros matemáticos de subtração para as cotas foram constatados juntamente com erros de soma para as distâncias acumuladas.

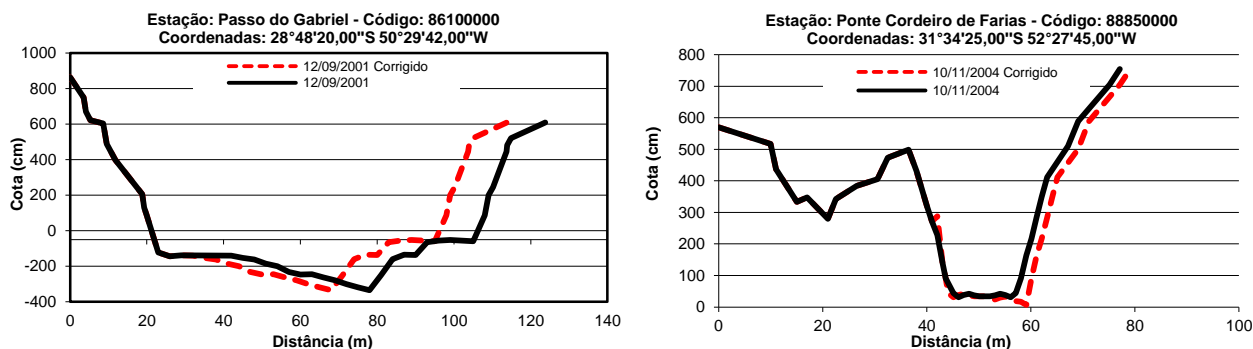


Figura 4. Perfil com erros de soma das distâncias e subtração das profundidades.

Os erros algébricos de soma e subtração apresentaram por vezes alterações grosseiras nas seções transversais, sendo os erros de soma das distâncias mais frequentes e com maior influência na alteração das características da seção, no estudo foram identificados 59 perfis transversais com erros matemáticos de soma e subtração, representando 30% do total analisado. Para erros de arredondamento não foram constatadas grandes alterações nos dados gerados apesar de terem sido localizados com grande frequência.

3.2 - Influências dos erros de perfis nos cálculos das características hidráulicas da seção

Com o intuito de medir a influência dos erros de transcrição nas características hidráulicas das seções, os perfis mais problemáticos foram selecionados e comparados para verificar a dimensão da variação. A Tabela 1 apresenta os valores das variáveis área e raio hidráulico na seção molhada para os perfis selecionados no formato disponível no banco de dados, e após as correções.

Tabela 1. Variação das características hidráulicas após a correção dos perfis.

Estação Fluviométrica	Código	Data do Perfil	Área (m ²)	Área corrigida (m ²)	Variação (%)	R_H (m)	R_H Corrigido (m)	Variação (%)
Passo do Gabriel	86100000	12/09/2001	221,3	198,7	10,2	2,47	2,50	1,2
Passo do Gabriel	86100000	02/09/2004	123,8	142,5	15,1	1,75	1,83	4,6
Passo do Rio das Antas	86470000	13/07/2006	512,5	615,4	20,1	5,51	5,39	2,2
Passo Tainhas	86160000	25/07/2005	40,8	51,8	27,0	1,43	1,47	2,8
Ponte Cordeiro de Farias	88850000	10/11/2004	7,1	5,8	18,9	0,48	0,35	27,1

Os perfis mostrados na Tabela 1 apresentaram grandes variações nas características hidráulicas, segundo Santos *et al.*(2001) as medições de seção transversal normalmente são realizadas uma vez ao ano, sendo assim, todas as medições de vazão que são provenientes da curva chave geradas por esse perfil carregam o erro apresentado.

Segundo Tucci (2007) o raio hidráulico (Equação 2) é a variável utilizada para extrapolação de vazão através do método de Stevens, sendo assim, os erros de perfis transversais afetam também os estudos que utilizam valores de vazão maiores do que os que já foram analisados nas séries históricas para o local.

Também foram gerados gráficos comparativos com as variações de área e raio hidráulico para toda a seção transversal medida. A Figura 5 apresenta um gráfico de raio hidráulico e profundidade de toda a seção transversal da estação Passo do Gabriel (código: 86100000) apresentada anteriormente, onde a correção do perfil aumentou os valores da característica hidráulica.

A Figura 5 também apresenta um gráfico de área e profundidade de toda a seção transversal da estação Ponte do Rio das Antas (código: 86470000), localizada no Rio das Antas, pertencente à cidade de Veranópolis, e com altitude de 140 metros, onde a correção do perfil aumentou os valores da característica hidráulica.

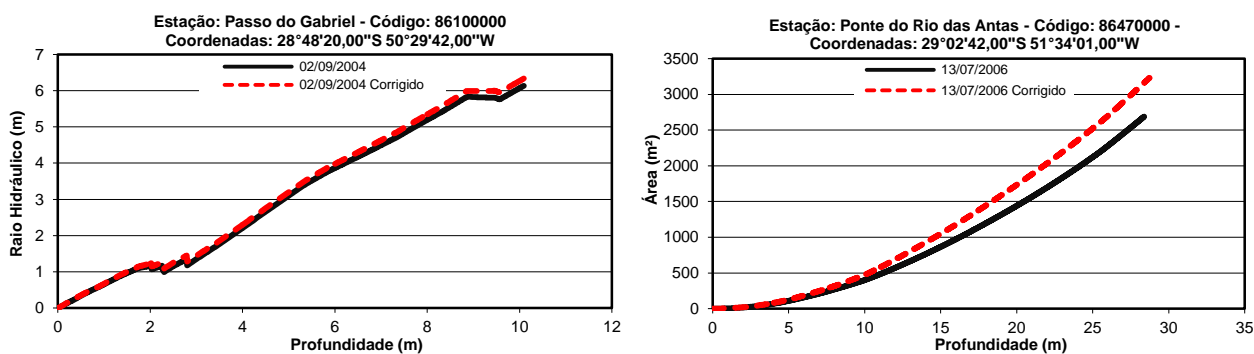


Figura 5. Relação entre profundidade e características hidráulicas após as correções nos perfis.

4 – CONCLUSÃO

Em síntese, constatou-se a grande frequência com que falhas de transcrição de dados aparecem, e como em alguns casos podem influenciar as características hidráulicas da seção transversal de um rio. Ainda que no estudo a maioria dos perfis transversais corrigidos pouco modificaram as condições do leito, alguns erros grosseiros, como os apresentados no trabalho, podem estar presentes aumentando a incerteza do estudo. Nesse contexto uma análise de consistência deve preceder todos os estudos hidrológicos de alguma importância.

Ratifica-se que todas as informações descritas e contidas neste trabalho foram corrigidas antes de serem enviadas para o órgão gestor dos dados produzidos pela operadora.

5 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) pelo fomento que viabilizou o desenvolvimento deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- AZEVEDO, G. J. R. **Hidrometria Aplicada à Gestão dos Recursos Hídricos**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010, 484p.
- CARVALHO, T.M. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais: **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife: Vol. 01 n. 01 Mai/Ago 2008, 73-85. Disponível em: <<http://ufr.br/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=KpG+m+Embm>>. Acesso em: 16 jun. 2014.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2013. 336 p.
- JACON, G.; CUDO, K. J. **Curva-chave: Análise e traçado**. Brasília: DNAEE, 1987. 273p.

KÖPPEN, W. Das geographischa System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, G. Handbuch der Klimatologie. C. Gebr, Borntraeger, Berlin, 1936. p. 1–44. Disponível em: <https://www.climond.org/Public/Data/Publications/Koeppen_1936_GeogSysKlim.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2014.

PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. de B.; PICKBRENNER, K. (Coords.). (2011). **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos**. Brasília: CPRM, 2011. 1 DVD. Escala 1.5:000.000. Equipe Executora: Da Costa, Margarida Regueira; Dantas, Carlos Eduardo de Oliveira; De Azambuja, Andressa Macêdo Silva; Do Nascimento, Jean Ricardo da Silva; Dos Santos, André Luis M. Real; Farias, José Alexandre Moreira; Machado, Érica Cristina; Marcuzzo, Francisco Fernando Noronha; Medeiros, Vanesca Sartorelli; Melo, Denise Christina de Rezende; Rodrigues, Paulo de Tarso R.; Weschenfelder, Adriana Burin; Sistema de Informação Geográfica-SIG - versão 2.0 - atualizada em novembro/2011; Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas_Totais_Anuais_1977_2006.pdf>. acesso em: 3 abr. 2013.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. B.; BUBA, H.; KISI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: LAUTEC, 2001. 372 p.

SILVEIRA, R. L. da. **Hidrometeorologia II: notas de aula**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 2v. 1974.

SIMON, F. W.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo do regime pluvial e fluvial em bacia hidrográfica com precipitação homogênea. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20. 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: ABRH, 2013. p. 1-8. CD-ROM. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/22de4a642c2c18259e4809409096e0ff_6f2356d4ea7d3fcaba0d55bad04ebea4.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2014.

TSCHIEDEL, A. da F.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. Análise hidromorfológica da sub-bacia 87. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 11. 2012, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2012. p. 1-20. CD-ROM. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Analise_Marcuzzo.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2014.

TUCCI, M. C. E. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 4ª Edição, 2007