

ESTIMATIVA DA CONTRIBUIÇÃO DO ESCOAMENTO SUBTERRÂNEO EM RIOS BRASILEIROS

Gabriela Lins Veiga

Graduanda em Engenharia Civil na Universidade
Federal de Alagoas

Christopher Freire Souza

Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento
Ambiental pelo IPH
Docente da Universidade Federal de Alagoas

ABSTRACT

Water resources granting has advanced to a shifting point where basal flow contributions are now considered. In this sense, we have assessed a low-data baseflow separation method to aid on characterizing baseflow's temporal variation. We developed a baseflow separation method following what was done by the Institute of Hydrology, in a first glance, due to its inaccessibility. Hence, we identified that the single consideration of 5-day moving average criterion was not applicable to large rivers. Adapting the method via the application of daily flow's median as a maximum baseflow threshold resulted in a great volume approximation as estimated with Q90/Q50 baseflow index. Possibly the Brazilian basins' magnitude is affecting original method's application. This paper presents only preliminary results and in-depth analysis are on the way.

PALAVRAS-CHAVE

Separação do escoamento; escoamento de base; escassez de água.

1 INTRODUÇÃO

A água é uma substância necessária para a maioria das atividades humanas, tais como o abastecimento doméstico e industrial, a irrigação, a geração de energia elétrica e a navegação, além de fazer parte da paisagem e do meio ambiente. Deste modo, a água tem um importante papel na existência e no desenvolvimento de uma sociedade e é considerada um bem precioso, o qual possui valor inestimável e que precisa ser conservado e protegido (SETTI, 2001).

A precipitação é responsável pela existência de água nos continentes. De acordo com Tucci (2001), tal precipitação atinge o solo e depois de preencher as depressões presentes no mesmo, ultrapassar a capacidade de retenção da vegetação e exceder a taxa de infiltração, dá origem ao escoamento superficial, que é um escoamento rápido em consequência direta das chuvas. A água que infiltra no solo percola até um aquífero e origina o escoamento subterrâneo, caracterizado por ser um escoamento mais lento.

Nos rios, a variabilidade do regime hidrológico está atrelada ao escoamento superficial e ao escoamento de base. Segundo Tucci e Clarke (1997) é o escoamento basal que permite que os rios se mantenham perenes nos períodos de longa estiagem, ou seja, é ele que sustenta a disponibilidade de água nos rios em períodos sem chuva.

Os períodos de estiagem agravam a fome, a miséria e aumentam a migração da população. Collischonn e Tassi (2011) afirmam que as estiagens também são caracterizadas por apresentarem os maiores conflitos de interesse entre os diferentes usuários da água. Portanto, entender o que ocorre com o escoamento de um rio durante essa época é indispensável para a gestão do meio ambiente e, mais especificamente, dos recursos hídricos.

Usualmente, na gestão dos recursos hídricos utiliza-se uma vazão de referência constante para alocação de usos da água, sendo que, em verdade, o volume do escoamento subterrâneo varia com o tempo. Desta forma, no sentido de fornecer melhor subsídio à gestão de recursos hídricos é frequente a busca por técnicas que caracterizem a variação de vazões de base pela separação do volume escoado proveniente de águas pluviais e de vazão de base.

A pesquisa pretende verificar a aplicabilidade do método de separação de escoamento por médias móveis desenvolvido para rios do Reino Unido pelo Instituto de Hidrologia em 1980 e apresentado por Tucci (2001) na separação do escoamento em rios nacionais. O estudo se justifica pelas diferenças de regime hidrológico de rios do Reino Unido e rios nacionais, principalmente em função de diferenças de magnitude das áreas de contribuição.

2 METODOLOGIA

O método de separação de escoamento por médias móveis define a separação do escoamento de vazões diárias de rios do Reino Unido através do uso de médias móveis de 5 dias. De acordo com Tucci (2001), inicialmente, é gerada uma curva no hidrograma formada pelas médias móveis dos valores registrados de vazões no rio e, em seguida, são unidos os pontos de mudança de tendência, o que origina uma nova curva. Esta nova curva é considerada, no método, a curva que separa o escoamento superficial do escoamento subterrâneo.

Seguindo a descrição apresentada por Tucci (2001), o método foi implementado por meio de um algoritmo computacional em linguagem MATLAB® e aplicado para diferentes rios brasileiros. A Tabela 1 apresenta as UHEs localizadas nos postos dos rios estudados, a bacia a qual pertencem e a área de contribuição dos mesmos.

Tabela 1: Rios selecionados para aplicação do método modificado.

Posto	Rio	Bacia	Área (km ²)
Fazenda Boa Fortuna	Mundaú	Atlântico Norte	3900
Castro Alves	Antas	Atlântico Sul	7667
Três Marias	São Francisco	São Francisco	50732
Boa Esperança	Parnaíba	Atlântico Norte	84966
Água Vermelha	Grande	Paraná	139437
Lajeado	Tocantins	Tocantins	183718
Xingó	São Francisco	São Francisco	610544
Itaipu	Paraná	Paraná	823555

Julgou-se interessante utilizar outros valores de médias móveis com a finalidade de avaliar se existe relação entre a magnitude da área contribuinte à seção do rio e o comportamento da vazão de base. Deste modo, foram utilizados os valores de 30, 60, 90, 120 e 150 dias para médias móveis, além do valor de 5 dias.

A fim de comparar e verificar a validade dos hidrogramas de base gerados, foram usados como referência os gráficos de outros estudos de separação dos escoamentos superficial e subterrâneo. A Figura 1 apresenta as curvas de separação resultantes de três algoritmos diferentes apresentados por Chapman (1999) para o rio Jardine, localizado na Austrália.

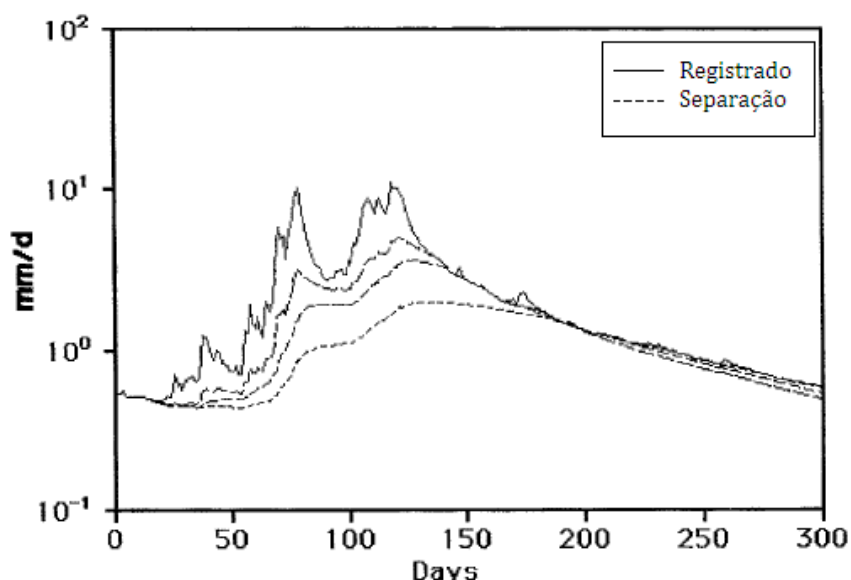


Figura 1: Separação do escoamento por três algoritmos distintos para o rio Jardine na linha do telégrafo (CHAPMAN, 1999).

Também foi utilizado como referência o índice que caracteriza a parcela de vazão de base na vazão do rio, que pode ser calculado pela divisão entre o percentil 10 e a mediana das vazões, *i.e.*, a divisão da

Q90 pela Q50 (SMAKHTIN, 2001). Se a alteração do número de dias no cálculo de médias móveis não conduzir a valores próximos aos apresentados nas referências, pode ser definido um valor máximo para a vazão de base.

O presente trabalho foi desenvolvido aplicando-se a metodologia elaborada para a série de vazões naturais disponibilizada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Foram utilizados dados correspondentes ao período de 1962 a 2005.

3 DESCOBERTAS E DISCUSSÕES

Aplicou-se o método desenvolvido pelo Instituto de Hidrologia em alguns rios brasileiros. A Figura 2 apresenta o hidrograma resultante do método aplicado para o posto onde se localiza a UHE Água Vermelha no rio Grande.

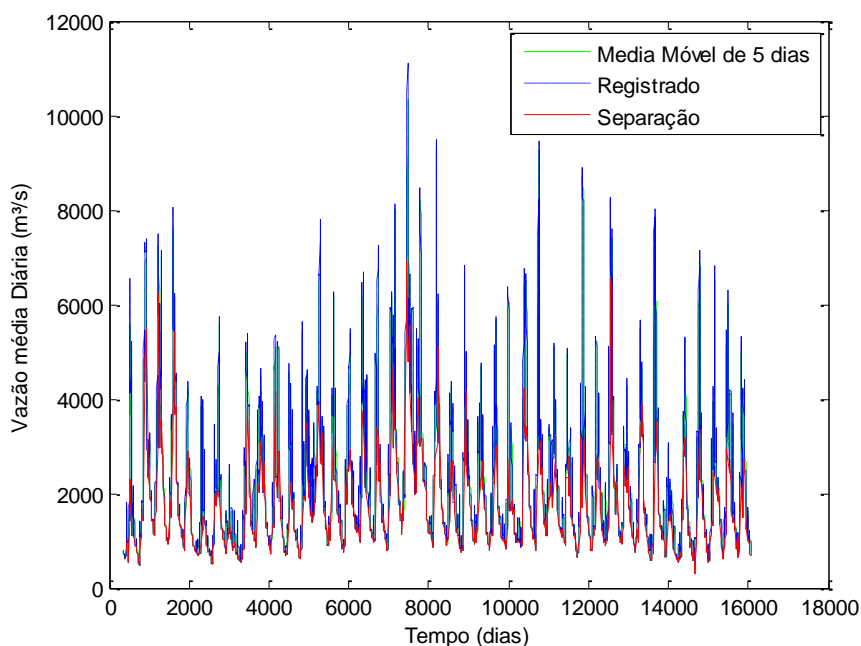


Figura 2: Método de separação de escoamento por médias móveis aplicado para o posto da UHE Água Vermelha no rio Grande.

Os hidrogramas gerados apresentaram uma parcela elevada de volume de escoamento de base em momentos de cheia, valores de vazão muito superiores à mediana das vazões, o que não se assemelha ao observado no estudo desenvolvido por Chapman (1999) e nem ao próprio método, quando aplicado a rios do Reino Unido, conforme apresentado em Tucci (2001). Deste modo, optou-se pela modificação do método, a partir da utilização da mediana das vazões diárias registradas como limite para esse volume de escoamento basal.

O emprego da mediana se deu devido a esta representar uma medida de tendência central dos dados, com valor próximo ao normalmente observado em períodos de estiagem. Dessa forma, foram obtidos volumes de escoamento de base mais próximos ao esperado.

Os hidrogramas para os postos das UHEs descritas na Tabela 1 foram gerados pelo método modificado de separação de escoamento com as médias móveis de 5, 30, 60, 90, 120 e 150 dias. A Figura 3 apresenta alguns dos hidrogramas gerados.

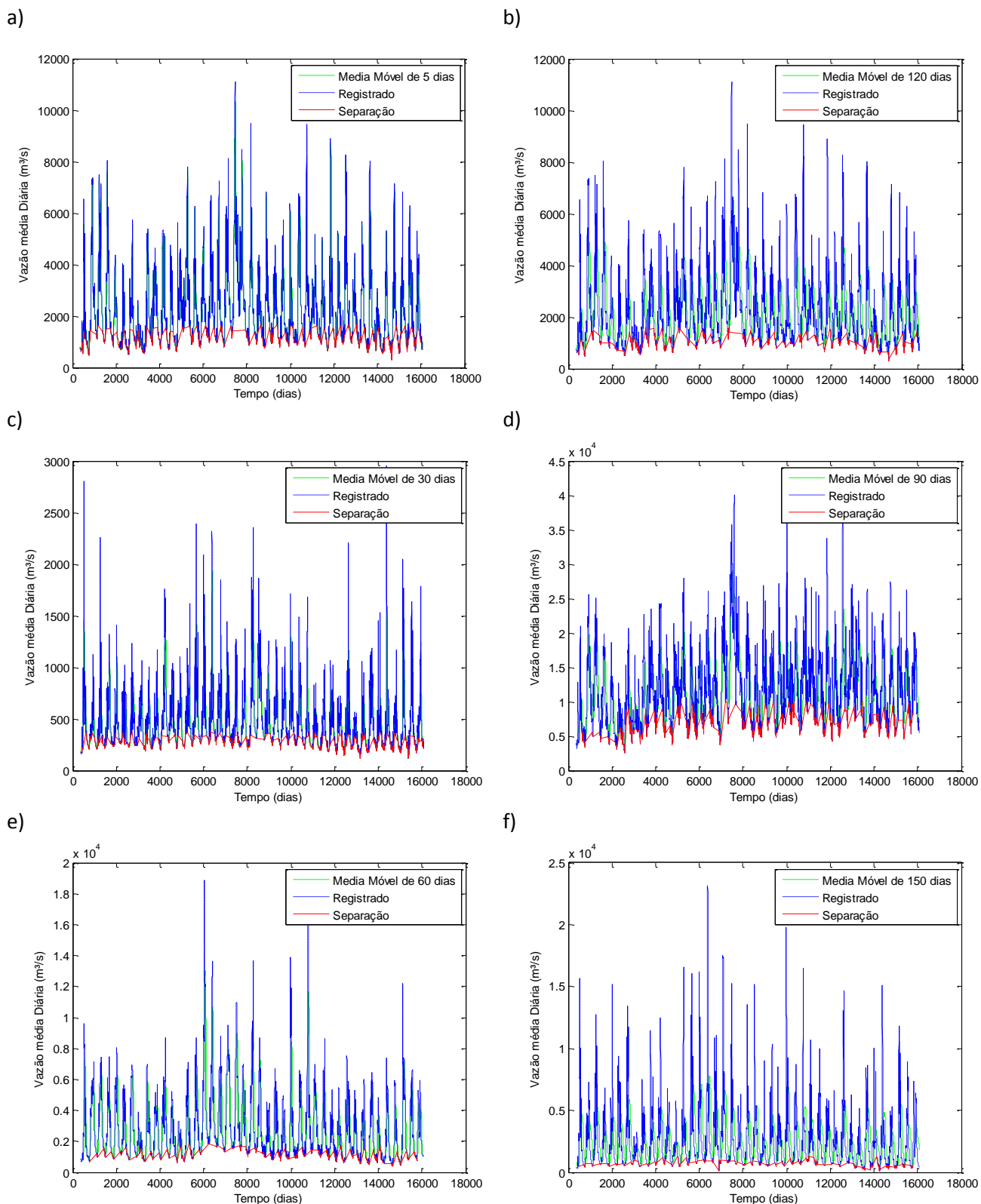


Figura 3: Hidrogramas gerados pelo método modificado de separação de escoamento por médias móveis para os postos das UHEs: Água Vermelha (a, b), Boa Esperança (c), Itaipu (d), Xingó (e) e Lajeado (f).

Foram calculados os índices que representam a parcela de vazão subterrânea na vazão do rio para cada caso. A Tabela 2 apresenta os índices obtidos neste estudo e os valores de Q90/Q50 com as áreas de drenagem de cada rio.

Tabela 2: Índices resultantes da aplicação do método e valores de Q90/Q50 encontrados para cada posto e média móvel, ordenados pela área de drenagem de cada rio.

Posto	Área (km ²)	Índice de vazão de base para médias móveis:						Q90/Q50
		5	30	60	90	120	150	
Fazenda Boa Fortuna	3900	0,338	0,341	0,336	0,332	0,332	0,327	0,368
Castro Alves	7667	0,216	0,205	0,206	0,201	0,197	0,198	0,242
Três Marias	50732	0,344	0,334	0,324	0,321	0,317	0,318	0,402
Boa Esperança	84966	0,568	0,556	0,548	0,545	0,549	0,543	0,616
Água Vermelha	139437	0,493	0,465	0,461	0,455	0,454	0,454	0,530
Lajeado	183718	0,278	0,261	0,257	0,254	0,251	0,248	0,384
Xingó	610544	0,409	0,397	0,393	0,390	0,387	0,392	0,479
Itaipu	823555	0,609	0,594	0,584	0,580	0,586	0,585	0,570

Considerando como referência o índice Q90/Q50 que expressa a contribuição do subterrâneo no volume escoado no período de análise e a fim de uma melhor comparação dos resultados, foram calculados os erros relativos de cada uma das médias móveis, os quais são mostrados na Tabela 3. Os valores em azul são os menores erros relativos de cada posto em relação ao índice Q90/Q50 e os valores em vermelho apresentam os maiores erros.

Assim, é possível perceber que para a maior parte dos rios a média móvel que apresentou melhores resultados foi a de 5 dias, no entanto ressalta-se que para o posto Itaipu, cujo rio apresentou maior área de drenagem, a média de 5 dias foi a que apresentou pior resultado. Logo, percebe-se a necessidade de aplicação do método para mais rios com diferentes áreas de contribuição. Observou-se também que, em geral, as médias móveis de maior quantidade de dias foram as que mostraram piores resultados.

Tabela 3: Erro relativo dos índices para cada um dos postos e médias móveis.

Posto	Erro relativo (%) para médias móveis:					
	5	30	60	90	120	150
Fazenda Boa Fortuna	8,17	7,39	8,85	9,87	9,78	11,23
Castro Alves	10,70	15,41	14,82	16,97	18,80	18,33
Três Marias	14,50	17,09	19,39	20,27	21,12	20,90
Boa Esperança	7,89	9,76	11,05	11,56	10,98	11,96
Água Vermelha	6,91	12,25	13,01	14,05	14,24	14,37
Lajeado	27,61	32,00	33,09	33,85	34,63	35,28
Xingó	14,59	17,07	17,90	18,56	19,20	18,15
Itaipu	6,74	4,20	2,38	1,76	2,68	2,57

4 CONCLUSÕES

O método de separação de escoamento por médias móveis desenvolvido pelo Instituto de Hidrologia, conforme descrição de Tucci (2001), não se aplica a todos os rios brasileiros, visto que a parcela do fluxo subterrâneo em relação à vazão do rio se apresenta muito superior ao encontrado na literatura.

Os resultados do método modificado de separação de escoamento por médias móveis mostram-se mais próximos dos obtidos por outros autores. Deste modo, ressalta-se a importância de considerar uma definição do valor limite para a vazão de base, como a mediana, quando se utiliza como referência a razão Q90/Q50.

O método modificado ainda precisa de refinamento, especialmente para rios que possuem maiores áreas de contribuição. Nestes termos, nota-se a importância de levar em consideração médias móveis compatíveis com a área de drenagem dos rios.

5 REFERÊNCIAS

- CHAPMAN, T. A comparison of algorithms for stream flow recession and baseflow separation. **Hydrological Processes**, v. 13, p. 701-714, 1999.
- COLLISCHONN, W.; TASSI, R. Introduzindo Hidrologia. **Apostila de Hidrologia – Engenharia Ambiental**. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/apostila_hidrologia/apostila.html>. Acesso em: 04 maio 2011.
- SETTI, A. A. *et al.* **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2.ed. Brasília: Ed. Multimídia, 2001.
- SMAKHTIN, V. U. Low flow hydrology: a review. **Journal of Hydrology**, 240, p. 147-186, 2001.
- TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças de cobertura vegetal no escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 2. n.1. p. 135-152, 1997.
- TUCCI, C.E.M., **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade – ABRH, 2001.