

APLICAÇÃO DOS FILTROS DIGITAIS RECURSIVOS NA SEPARAÇÃO DO ESCOAMENTO NO ARROIO CADEIA

NATHÁLIA SILVA CHITES¹; CRISTIAN LARRI PIRES VEBER²; GABRIELA SCHIAVON NUNES²; HUGO ALEXANDRE SOARES GUEDES³; LESSANDRO COLL FARIA⁴; SAMUEL BESKOW⁴

¹*Discente da UFPel/Engenharia Hídrica – nchites@gmail.com*

²*Discente da UFPel/PPG Recursos Hídricos – cristian.veber@hotmail.com; gabriela-schiavon@hotmail.com*

³*Docente da UFPel/Engenharia Civil – hugo.hidro@gmail.com*

⁴*Docente da UFPel/Engenharia Hídrica – lessandro.faria@gmail.com; samuelbeskow@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das parcelas do escoamento tem grande importância no planejamento dos recursos hídricos, principalmente em períodos de estiagem ou cheias (VASCONCELOS et al. 2013), permitindo analisar sua influência quanto ao comportamento superficial e subterrâneo para um efetivo gerenciamento dos mesmos, sendo imprescindível como dado de entrada em modelos de simulação hidrológica. Diversos métodos gráficos foram propostos para a separação do escoamento baseando-se na obtenção do ponto inicial e final do escoamento superficial no hidrograma (CHOW et al., 1988). Porém, estes métodos se mostraram ineficientes em longos períodos de escoamento. Além disso, técnicas subjetivas podem levar a resultados contestáveis.

O método dos filtros digitais recursivos, proposto por Eckhardt (2005), é utilizado para separação do hidrograma em suas componentes superficial e de base. Ao separar as parcelas de escoamento que chegam nos cursos d'água, pode-se determinar o quanto cada área está contribuindo para a recarga e descarga dos aquíferos, bem como analisar o comportamento de bacias hidrográficas quanto ao escoamento superficial direto e susceptibilidade a inundações.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo separar o escoamento na bacia do arroio Cadeia, localizada no sul do Rio Grande do Sul, utilizando o método dos filtros digitais recursivos proposto por Eckhardt (2005).

2. METODOLOGIA

A bacia hidrográfica do arroio Pelotas, com área de drenagem à montante da Ponte Cordeiro de Farias (BHAP_PCF), é considerada uma bacia piloto onde diversos estudos científicos têm sido realizados por parte do grupo de pesquisadores vinculados ao curso de graduação em Engenharia Hídrica e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Pelotas.

Um dos principais tributários do arroio Pelotas é o arroio Cadeia. A bacia hidrográfica do arroio Cadeia (BHAC), cuja área de drenagem tem aproximadamente 120 km² (Figura 1a), vem sendo monitorada desde o início de 2013, em termos de chuva e de nível d'água, e foi o objeto deste estudo. Os dados de precipitação e nível empregados referem-se à 2013 e foram obtidos através de um pluviômetro automático e de um sensor de nível, dotados de

dataloggers, instalados na seção de controle, permitindo a discretização temporal de 5 minutos.

Foram realizadas campanhas de medição de descarga líquida (Figura 1b) com o intuito de elaborar a curva-chave da seção de controle de interesse, relacionando os níveis registrados pelo sensor e as vazões correspondentes. A série de vazões derivada da curva-chave, associada à série de precipitação, permitiu que fossem identificados períodos de estiagem e chuvosos.

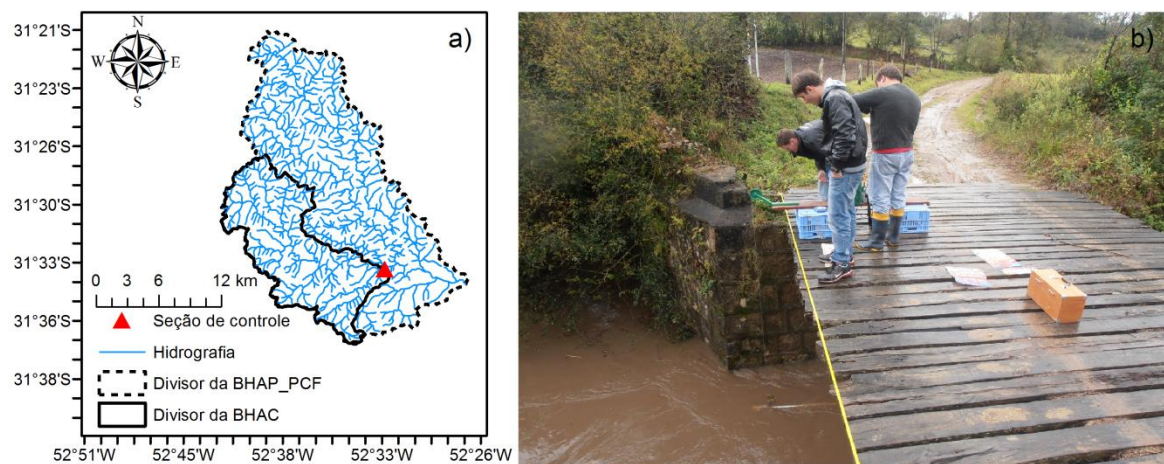


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do arroio Cadeia (BHAC) dentro da bacia hidrográfica do arroio Pelotas com seção de controle na Ponte Cordeiro de Farias (BHAP_PCF) (a); Seção de controle considerada para medição de descarga líquida no arroio Cadeia (b).

O método de separação de escoamento por filtros digitais recursivos, proposto por Eckhardt (2005), é representado pela equação:

$$b_k = \frac{(1 - BFI_{m\acute{a}x}) \cdot \alpha \cdot b_{k-1} + (1 - \alpha) \cdot BFI_{m\acute{a}x} \cdot y_k}{1 - \alpha \cdot BFI_{m\acute{a}x}} \quad (1)$$

onde b_k é a vazão de base no intervalo de tempo k , b_{k-1} é a vazão de base no intervalo de tempo $k-1$, y_k é a vazão total no tempo k , observada na seção de controle, α é a constante de recessão do hidrograma e $BFI_{m\acute{a}x}$ é a proporção máxima de escoamento de base em relação ao escoamento total.

O parâmetro α foi determinado com base em um período de recessão do hidrograma. Para tal intento, plotou-se um gráfico relacionando a vazão num dado intervalo de tempo com a vazão no intervalo de tempo imediatamente posterior, traçando uma reta e, então, obtendo o coeficiente angular desta, que equivale à α .

O coeficiente $BFI_{m\acute{a}x}$ é dependente da hidrologia e da geologia da bacia hidrográfica, considerando o regime do curso d'água e o tipo de aquífero em que a bacia está localizada. Seguindo a classificação proposta por Eckhardt (2005), adotou-se $BFI_{m\acute{a}x}$ como sendo igual à 0,6, valor este que está entre os sugeridos pelo autor.

Para fins de análise, foi selecionado um evento chuvoso e o hidrograma resultante. Com base nestes procedimentos, foi analisada a capacidade do método dos filtros digitais recursivos para separação do escoamento na BHAC.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos através da aplicação da metodologia para determinação do parâmetro α são apresentados na Figura 2.

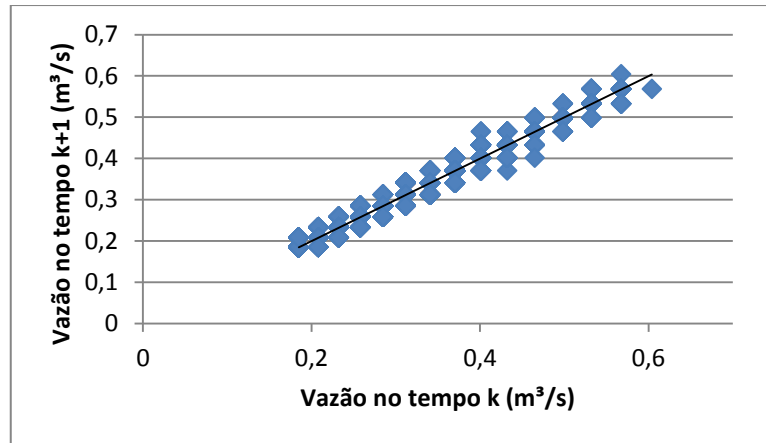


Figura 1. Período de recessão analisado e ajuste do coeficiente de recessão α .

Após análise dos resultados ilustrados na Figura 2, constatou-se que o parâmetro α , para a BHAC, é 0,9987. A metodologia utilizada neste trabalho para determinação do coeficiente de recessão α , indicada por Eckhardt (2005) e avaliada por Mello & Silva (2013), pode ser considerada adequada para o período de recessão avaliado, tendo em vista o resultado visual encontrado.

Considerando o valor de $BFI_{máx}$ como sendo igual a 0,60 e o coeficiente de recessão α ajustado para a BHAC, bem como o evento analisado neste estudo, a separação de escoamento resultante é apresentada na Figura 3, onde podem ser visualizadas as parcelas de escoamento superficial direto e de escoamento de base.

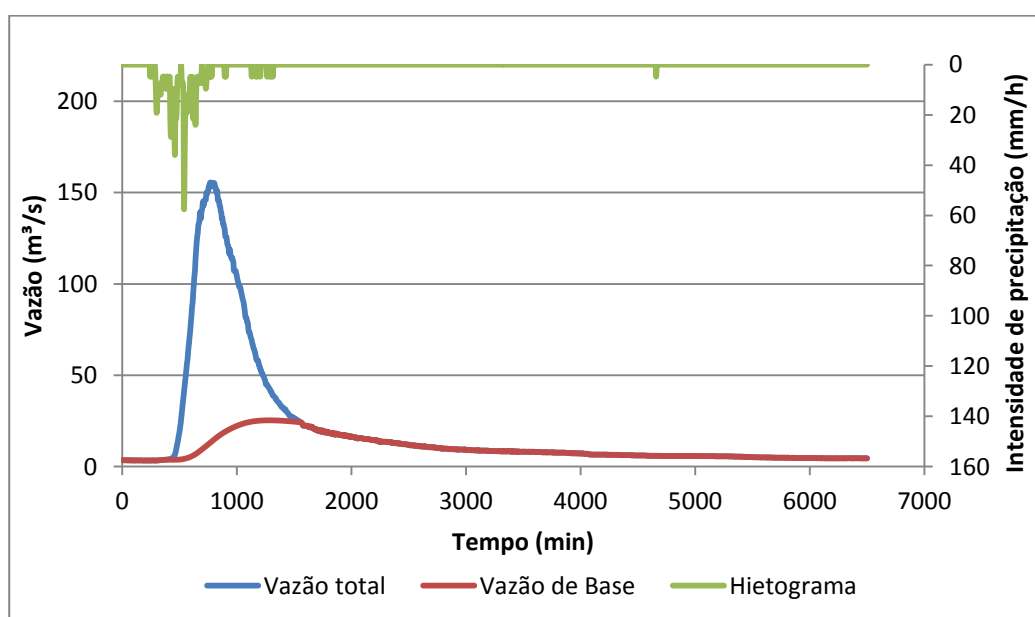


Figura 3. Evento de chuva analisado e a separação de escoamento de base na BHAC de acordo com o método dos filtros digitais recursivos.

Pôde-se constatar que o método dos filtros digitais recursivos apresentou comportamento adequado para a BHAC, considerando o evento analisado, tendo em vista que reproduziu de forma apropriada o comportamento hidrológico da mesma frente a um estímulo de chuva. O evento de chuva analisado pode ser considerado bastante complexo visto que teve duração de mais de um dia, fato este que torna a análise chuva *versus* vazão mais complicada. Este fato pode ser reforçado pela capacidade do método em capturar, de forma correta, o momento em que houve o término de contribuição de escoamento superficial direto na seção de controle, sendo este observado num dado intervalo de tempo após o evento de chuva ter cessado.

O método de separação de escoamento analisado neste trabalho apresenta grandes vantagens em relação ao método tradicional de separação que é puramente gráfico e subjetivo. Além disso, permite a separação de escoamento de forma contínua e não apenas para um evento isolado de precipitação, facilitando a automação em planilhas eletrônicas e/ou softwares específicos. Os resultados dão indícios de que o método proposto por Eckhardt (2005) proporciona resultados mais consistentes que aqueles obtidos pelo método tradicional, possibilitando a aplicação de técnicas em hidrologia que dependam de informações detalhadas dos diferentes componentes do escoamento em cursos d'água.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados, foi possível concluir que o método dos filtros digitais recursivos tem grande potencial de aplicação para separação das diferentes parcelas de escoamento na BHAC.

Apesar da aplicabilidade deste método, os autores sugerem que estudos científicos sejam conduzidos na BHAC com vistas à determinação, com base de dados monitorados, do parâmetro $BFI_{máx}$.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied Hydrology**. McGraw-Hill, 1988.

ECKHARDT, K. How to construct recursive digital filters for baseflow separation. **Hydrological Processes**, Germany, 19, 507-515, 2004.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.

VASCONCELOS, V. V.; JUNIOR, P. P. M.; HADAD, R. M. Estimation of low components by recursive filters: case study of Paracatu River Basin (SF-7), Brazil. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 3-24, Março 2013.