

DISPONIBILIDADE HÍDRICA INTEGRADA EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA ONÇA

Derly Estefanny Gómez García¹; Edson Cezar Wendland¹ Dulce B. B. Rodrigues¹

RESUMO

Os períodos de estiagem têm como principal característica uma entrada de água insuficiente no balanço hídrico afetando assim a oferta hídrica superficial. Em consequência, tem-se utilizado com maior frequência as águas subterrâneas como forma de suprir a demanda, mas não se considera que a vazão do rio é alimentada principalmente nos períodos de estiagem pelo aquífero. Nesse contexto, evidencia-se a necessidade de uma gestão integrada de águas. Assim, o objetivo deste trabalho é estudar a disponibilidade hídrica integrada (DHI), em função da precipitação associada com o armazenamento de água subterrânea (considerando o período de tempo de atraso do escoamento de base em relação à precipitação, e não apenas o recurso anual renovável), com base nos dados de monitoramento hidrogeológico da bacia hidrográfica do Ribeirão da Onça (Brotas, SP) no período 2008-2014.

Palavras-chave: Disponibilidade hídrica integrada, Séries temporais, Segurança hídrica.

ABSTRACT

The drought periods have as main characteristic an insufficient input of water in the water balance thereby affecting the supply of superficial water bodies. As a result, groundwater has been used more frequently to meet the demand, but it is not considered that the river flow is fed by the aquifer during the dry season. In this context, it is evident the need for an integrated water management. Therefore, the objective of this work is to study the integrated water availability, depending on the precipitation associated with the storage of groundwater (considering the time delay of the base flow in relation to the precipitation and not just the annual renewable resource), based on hydrogeological monitoring data from the Ribeirão da Onça watershed (Brotas, SP) in 2008-2014.

Keywords: Integrated water availability, Time series, Water Security.

¹ Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Avenida Trabalhador Sancarlene, 400, CEP 13566-590, São Carlos, SP, Brasil, +55 16 3373 8270, civder_24@usp.br; ew@sc.usp.br, dulce@sc.usp.br.

1. INTRODUÇÃO

A existência de aquíferos aumenta consideravelmente a segurança da água, uma vez que o volume de água subterrânea armazenada pode ser usado para amortecer o efeito da seca sobre o fornecimento de água superficial [1]. O armazenamento de água subterrânea desempenha um papel fundamental no plano de segurança de água e deve ser levado em consideração no balanço de disponibilidade hídrica (e não só os recursos anuais renováveis).

Este estudo visa apresentar uma nova metodologia com mecanismos de gestão em que a outorga seja proporcional à entrada de água no sistema. Com o intuito de definir a relação entre o aquífero e o corpo hídrico superficial, representada pelo tempo de atraso ou *delay* do escoamento de base em relação à precipitação (tempo que demora o aquífero em exercer todo esse controle entre a ocorrência da precipitação, a recarga e a liberação do fluxo de base para o rio). A quantia precipitada que é convertida em recarga, fica armazenada no aquífero e posteriormente é liberada para o rio nesse período de *delay*.

Desta forma, a disponibilidade hídrica integrada DHI será determinada em função de séries históricas da precipitação associada com o armazenamento do aquífero (considerando o período de *delay*), com a perspectiva de observar no rio uma vazão de referência relativamente constante disponível para outorga.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do Ribeirão da Onça está localizada no município de Brotas, no centro-leste do Estado de São Paulo, com área de 65 km² entre os meridianos 47°55' e 48°00' de longitude oeste e os paralelos 22°10' e 22°15' de latitude sul (Figura 1), próximo ao Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Universidade de São Paulo (CRHEA-USP).

2.2 Monitoramento hidrológico da bacia de estudo

Para desenvolver o estudo serão utilizados os seguintes dados hidrológicos: a. variação do nível freático de 4 poços (poços 16 ao 19) localizados na fazenda Monte Alegre, monitorados desde 2004; b. a precipitação, monitorada na Estação Climatológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA-USP) desde 1973; c. a série de vazão contínua do curso d'água principal, monitorada desde 2008 na seção da

Fazenda Santa Maria da Fábrica. A análise será realizada com dados dos últimos 6 anos hidrológicos (2008-2014).

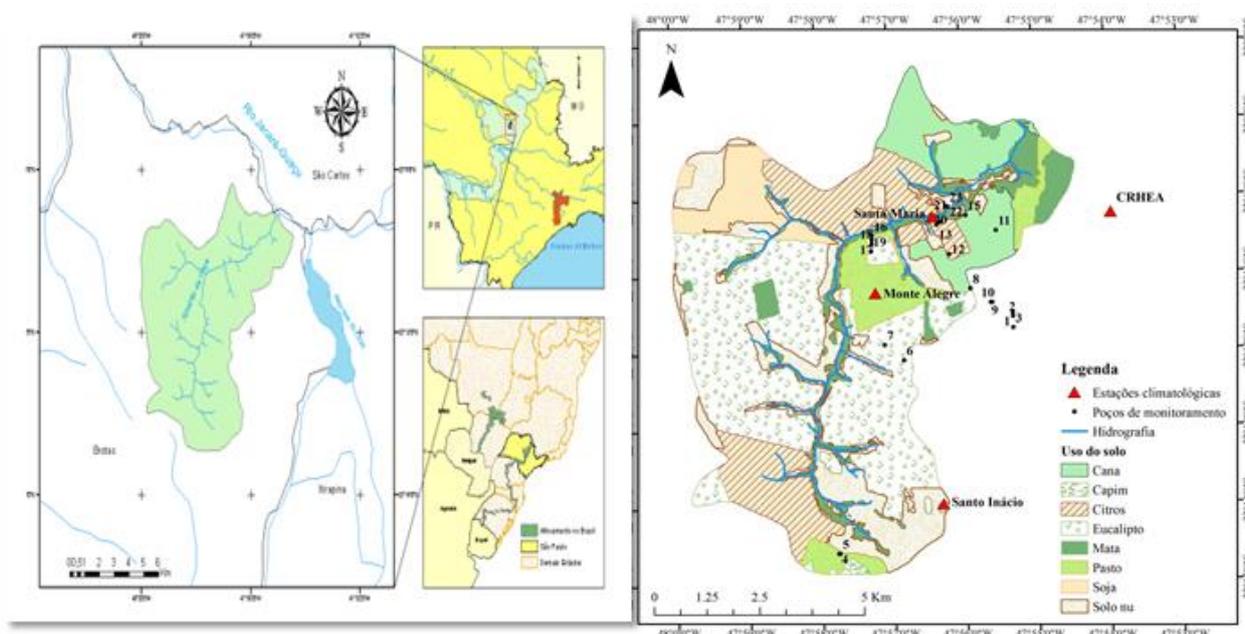


Figura 1- Área de estudo [2] com distribuição da rede de monitoramento na bacia

2.3 Metodologia

Para estimar o índice de fluxo de base, e quantificar a contribuição do aquífero na vazão do rio, foi determinada a parcela relativa ao fluxo de base através da separação do hidrograma [3] pelo método dos filtros.

Para a estimativa do atraso (*delay*) analisou-se a correlação cruzada entre as séries de precipitação e vazão de base. A correlação cruzada [4] é uma técnica que pode ser utilizada para avaliar a correlação estatística entre dois conjuntos de séries temporais com diferentes defasagens de tempo. Além de revelar a relação entre duas variáveis depois de um determinado período de atraso (*delay*), também pode revelar o tempo gasto para a primeira resposta da vazão relacionada com a precipitação [4].

Para estimar a porção precipitada que fica armazenada no aquífero e posteriormente escoar para o rio, foi usado o método da variação da superfície livre para estimar o valor da recarga [5], considerando a hipótese que a recarga só é atribuída à elevação do nível freático.

3. RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÃO

O índice de fluxo de base para o período mencionado é de aproximadamente 90% da vazão total do rio. Pode-se inferir que a maior parte da vazão é proveniente do

aquífero, e é possível desconsiderar a contribuição proveniente do escoamento superficial.

Mediante a correlação cruzada dos dados normalizados diários de precipitação e vazão de base no período dos últimos 6 anos hidrológicos (2008-2014), foi estimada uma previsão inicial de aproximadamente 300 dias do *delay* através do *correlograma*, usando o método de Spearman-Rank [6] (Figura 2). Os valores das correlações são adimensionais devido à normalização dos dados.

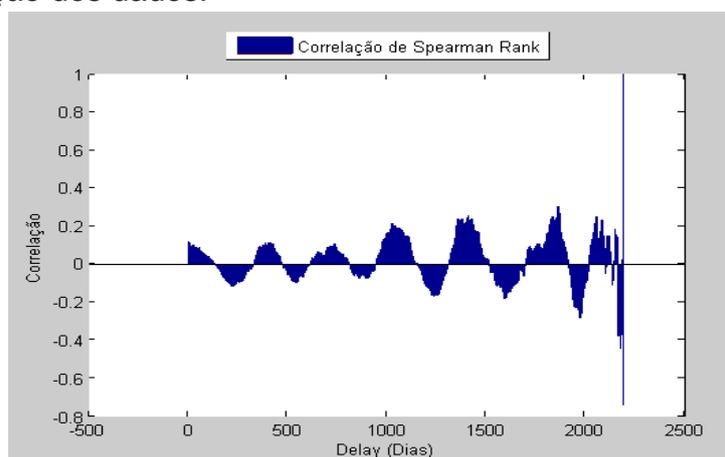


Figura 2. Correlograma da Precipitação e a Vazão de base pelo método de Spearman Rank

A forma da Figura 2 permite observar o tempo gasto das pulsações (da precipitação ou recessão) em atingir o rio na forma de fluxo de base. Valores positivos estão relacionados ao tempo de resposta das pulsações relacionadas com os períodos de chuva e os valores negativos relacionados com períodos de recessões [4].

Embora se tenham resultados parciais, o volume final da DHI não está determinada, já que o desenvolvimento desta pesquisa está em curso.

4. REFERÊNCIAS

- [1] FOSTER, S.; MACDONALD, A. The 'water security' dialogue: why it needs to be better informed about groundwater. **Hydrogeology Journal**, v. 22, p. 1489–1492, 2014.
- [2] GUANABARA, R. C. **Modelo Transiente De Fluxo Em Área De Afloramento Do Sistema Aquífero Guarani**. 2011. Mestrado em Hidráulica e Saneamento Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil.
- [3] GÓMEZ, S.; GUZMÁN, J. Separación de flujo base en la cuenca superior del río Lebrija. **Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia, Colombia**, v. 61 p. 41-52, 2011.
- [4] LEE, L. J. E.; LAWRENCE, D. S. L.; PRICE, M. Analysis of water-level response to rainfall and implications for recharge pathways in the Chalk aquifer, SE England. **Journal of Hydrology** v. 330, p. 604– 620, 2006.
- [5] WENDLAND, E.; BARRETO, C.; GOMES, L. H. Water balance in the Guarani Aquifer outcrop zone based on hydrogeologic monitoring. **Journal of Hydrology** v. 342, p. 261–269, 2007.
- [6] WILKS, D. S. **Statistical Methods In The Atmospheric Sciences**. Second Edition. Department of Earth and Atmospheric Sciences Cornell University: 2006. 627 ISBN 978-0-12-751966-1.