

# INTERPRETAÇÃO FÍSICA DE PARÂMETROS DE MODELOS DE SÉRIES TEMPORAIS PARA IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMA HIDROLÓGICO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Bruna Camargo Soldera<sup>1</sup>; Rodrigo Lilla Manzione<sup>2</sup>; Edson Wendland<sup>3</sup>

**Resumo:** O modelo PIRFICT é uma alternativa aos modelos de séries temporais discretas, o qual o pulso de entrada é transformado em uma série de saída por uma função de transferência, essa transformação é completamente governada pela função Impulso Resposta, seus parâmetros podem ser fisicamente embasados com as condições e entradas climáticas. O objetivo deste trabalho é analisar dados de séries temporais a partir do monitoramento das águas subterrâneas de uma área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no município de Brotas/SP, utilizando uma abordagem de identificação do sistema para verificar os diferentes comportamentos dos níveis freáticos influenciados pelo uso da terra e interceptação e consumo de água pela cultura. Os resultados demonstraram que o modelo PIRFICT foi capaz de caracterizar diferentes respostas de nível do lençol freático. Esta análise é importante para formulação de políticas públicas que visem à gestão do uso do solo e da água.

**Palavras-chave:** água subterrânea, uso agrícola, modelo PIRFICT.

**Abstract:** The PIRFICT model is an alternative to discrete time series models, that the input pulse is transformed into an output series by a transfer function, this transformation is completely governed by the function Impulse Response, its parameters can be physically grounded to the conditions and climate inputs. The objective of this work is to analyze time series data from the monitoring of groundwater from an area of outcrop Guarani Aquifer System (GAS) in Brotas/SP-Brazil, using a system identification approach to check the different levels of behaviors groundwater influenced by land use and interception and water consumption by culture. The results showed that the model was able to characterize PIRFICT different responses of groundwater level. This analysis is important for the formulation of public policies aimed at the management of land use and water.

**Keywords:** groundwater; land use; PIRFICT model.

<sup>1</sup>Geógrafa. Pós-graduanda em Agronomia, Programa Irrigação e Drenagem - UNESP/Botucatu. Rua José Barbosa de Barros, 1780 CEP: 18610-307, Botucatu – SP, Brasil. Tel: +55 14 3880-7132 email: [brusoldera@hotmail.com](mailto:brusoldera@hotmail.com)

<sup>2</sup>Professor Dr., UNESP/Ourinhos. Av. Vitalina Marcusso, 1500 CEP: 19210-206 Ourinhos – SP, Brasil. email: [manzione@ourinhos.unesp.br](mailto:manzione@ourinhos.unesp.br)

<sup>3</sup>Professor Dr., EESC, USP. Caixa Postal 359, CEP: 13560-970, Sao Carlos – SP, Brasil. email: [ew@sc.usp.br](mailto:ew@sc.usp.br)

*III Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo*

*III International Congress on Subsurface Environment*

*III Congreso Internacional de Medio Ambiente Subterráneo*

## 1 INTRODUÇÃO

Informações sobre a dinâmica do lençol freático são importantes para balancear os interesses econômicos e ecológicos quanto ao uso do solo e da água [1]. No campo das análises de séries temporais, modelos de função de transferência de ruído (transfer-function noise models-TFN) têm sido aplicados para descrever a relação dinâmica entre a precipitação excedente e as alturas de lençol freático ([1], [2]). O modelo PIRFICT, é um especial tipo de modelo de função de transferência de ruído em tempo contínuo, as características do sistema são modeladas utilizando a função de Impulso Resposta (IR). As diferenças nas operações de manejo do solo em culturas agrícolas, desenvolvimento da planta e as práticas agrícolas têm impacto direto na zona não saturada, uma vez que a recarga e os níveis freáticos podem responder as diferentes condições locais. Estas diferenças podem ser compreendidas examinando o ajuste da função Impulso Resposta [3] para cada poço de monitoramento. O objetivo deste trabalho é analisar dados de séries temporais a partir do monitoramento das águas subterrâneas de uma área de afloramento do sistema Aquífero Guarani (SAG) no município de Brotas/SP, utilizando uma abordagem de identificação do sistema para verificar os diferentes comportamentos dos níveis freáticos influenciados pelo uso da terra e interceptação e consumo de água pela cultura.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é a Bacia do Ribeirão da Onça, localizada entre as coordenadas 22°10' e 22°15' Sul, 47°55' e 48°00' Oeste no município de Brotas/SP, é uma área representativa da zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) e típico uso do solo do Estado de São Paulo, como a cana de açúcar, reflorestamento (eucalipto), citros, pastagem, e algumas manchas de vegetação natural do Cerrado [4]. Esta zona de afloramento tem grande importância, devido à grande exploração e vulnerabilidade natural. Para a avaliação do comportamento dos dados a calibração ao modelo PIRFICT [1], foram selecionados 4 poços de monitoramento de água subterrânea alocados em diferentes condições de uso do solo e profundidade da zona não saturada.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O poço 10 está localizado em uma área de reflorestamento de eucalipto e apresentou base de drenagem local igual a -27,5 metros, o poço 12 está inserido em área

de cana de açúcar com valor da drenagem local -30,10 metros, os poços apresentam níveis freáticos mais profundos. O poço 14 está em área irrigada de citros com drenagem local igual a -9,14 metros, de acordo [4] a estimação da recarga é complicada em algumas bacias devido as práticas de irrigação, que pode simultaneamente remover água de recarga e criar fontes de recarga difusa, além disso o manancial hídrico subterrâneo corre risco de contaminação. Assim a prática de irrigação pode ser uma das variáveis explicativas do resultado apresentado ser menor para este poço. O poço 17 em local onde predomina a pastagem com valores de drenagem local de -16,84 metros. Os resultados da calibração do modelo dos poços selecionados podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Estatísticas da Calibração do Modelo

POÇOS	USO DO SOLO	EVP (%)	RMSE (m)	RMSI (m)	LDB
10	Eucalipto	92,86	0,41	0,19	-27,05
12	Cana de açúcar	83,85	0,69	0,39	-30,10
14	Citros	75,71	0,51	0,28	-9,86
17	Pastagem	71,30	0,64	0,33	-16,84

EVP=percentual da variância explicada pelo modelo; RMSE=raiz do erro quadrático médio; RMSI=raiz das inovações quadráticas médias; LDB=drenagem local

Os ajustes proporcionaram concordância com as observações superiores a 70%, demonstrando um ajuste satisfatório. Os erros associados às estimativas foram considerados baixos, com valores abaixo de 0,70 metros.

A Figura 1 representa a oscilação dos níveis freáticos dos 4 poços instalados uso do solo diferentes (A), e as respectivas funções de Impulso Resposta em relação a precipitação (B).

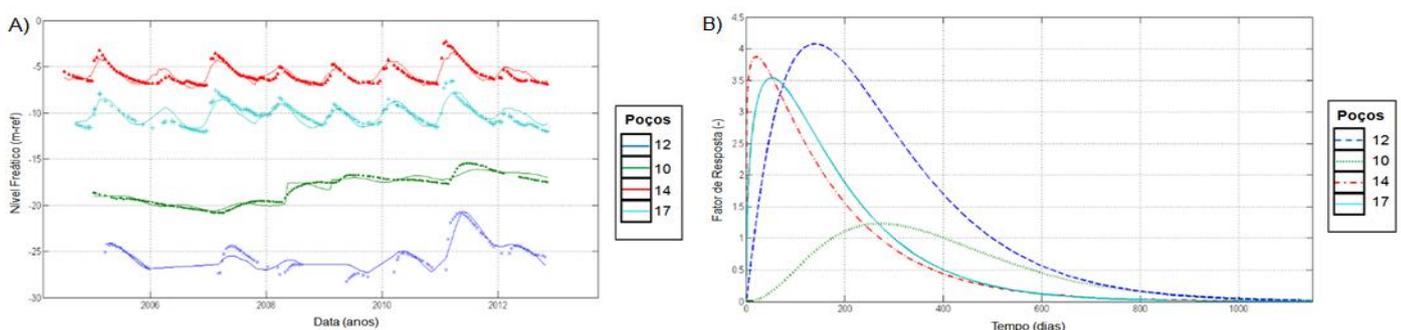


Figura 1. Calibração do modelo das séries temporais para os poços (A) e Funções de IR para precipitação nos poços (B) - 12 (cana de açúcar), 10 (eucalipto), 14 (citros) e 17 (pastagem)

Os poços 10 e 12 apresentam níveis freáticos mais profundos em relação aos poços 14 e 17, e coincidentemente, as culturas de cana de açúcar e eucalipto são as culturas que apresentam maior demanda de água. O maior pico de função IR

representados na Figura foi do poço 14, isto devido à rápida percolação da água no solo e a manutenção da umidade deste solo por conta da prática da irrigação na área. A área de pastagem também obteve picos elevados em relação à função IR, pois a área encontra-se mais degradada, não utilizando a água disponível e também não há significativa interceptação da água pela raiz da planta.

#### 4 CONCLUSÕES

- O modelo PIRFICT foi capaz de caracterizar as diferentes respostas do nível de água e sua relação com influências locais de solo e das culturas;
- As funções de IR em área de cultivo de cana de açúcar e eucalipto foram maiores quando comparados a outros poços de monitoramento;
- O tipo de vegetação, a interação com a precipitação, consumo de água e de práticas agrícolas, como irrigação, influenciaram a flutuação dos níveis sob diferentes maneiras.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à FAPESP (Processo # 2011-11484-3) e a Capes pelos auxílios financeiros que viabilizaram o desenvolvimento deste trabalho.

#### 5 REFERÊNCIAS

- [1] VON ASMUTH, J. R.; KNOTTERS, M. Characterising groundwater dynamics based on a system identification approach. **Journal of Hydrology**, v. 296, 2004. p. 34-118.
- [2] MANZIONE, R.L.; KNOTTERS, M.; HEUVELINK, G.M.B.; VON ASMUTH, J.R.; CÂMARA, G. Transfer function-noise modeling and spatial interpolation to evaluate the risk of extreme (shallow) water-table levels in the Brazilian Cerrados. **Hydrogeology Journal**. v. 18, 2010. p. 1927-1937.
- [3] VON ASMUTH, J. R.; BIERKENS, M. F. P. Modelling irregularly spaced residual series as a continuous stochastic process. **Water Resources Research**, W12404, 2005. 41p.
- [4] WENDLAND, E.; BARRETO, C.E.A.G.; GOMES, L.H. Water balance in the Guarani Aquifer outcrop zone based on hydrogeologic monitoring. **Journal of Hydrology**, v. 342, 2007. p. 261-269.
- [5] JIMENEZ-MARTINEZ, J.; SKAGGS, T. H.; VAN GENUTCHTEN, M. TH.; CANDELA, L.A. Root zone modelling approach to estimating groundwater recharge from irrigated areas. **Journal of Hydrology**. v. 367, 2009. p. 138–149.