

MODELAGEM DO COMPORTAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS SOB DIFERENTES USOS DA TERRA EM ANGATUBA (SP)

Gabriel Lima Barbosa ¹, Rodrigo Lilla Manzione ¹, Willian Aparecido Leoti Zanetti ¹

¹ Faculdade de Ciências e Engenharia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Campus de Tupã/SP – Brasil. R. Domingos da Costa Lopes, 780, Tupã - SP. glbarbosa3105@gmail.com, manzione@tupa.unesp.br, willianleoti@gmail.com

Palavras-Chave: Monitoramento; Níveis Freáticos; Séries Temporais

INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importante para o desenvolvimento das atividades da sociedade humana e manutenção da biodiversidade, sendo significativa para atender as necessidades pessoais, atividades sociais e econômicas (agrícolas e industriais). No entanto, essa diversificação no uso da água, proporcionada muitas vezes com o uso indevido, acaba afetando na qualidade e quantidade, na conservação dos recursos hídricos e na disponibilidade para o atendimento dos variados fins (SOUZA, et al., 2014). O que vem gerando diversas discussões e hipóteses nos últimos anos, quanto aos mecanismos de recarga e descarga dos lençóis freáticos, a fim de garantir uma exploração eficiente e aplicação do uso sustentável das águas subterrâneas (PEIXOTO, 2017).

A caracterização dos recursos hídricos para análise do comportamento dos níveis da água subterrânea relacionados com o uso da terra, mudanças climáticas e intervenções antrópicas a natureza é importante para o desenvolvimento de ferramentas capazes de preservar e garantir a gestão das águas e dos ecossistemas. Assim, pode-se garantir com o monitoramento de níveis de águas subterrâneas a geração de informações sobre o comportamento no período em análise e as situações presentes (MANZIONE, 2018).

Este trabalho teve como objetivo estudar do comportamento do lençol freático sobre dois diferentes usos da terra (pinus e cerrado) em uma bacia hidrográfica localizada em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no município de Angatuba.

ÁREA DE ESTUDO

A primeira etapa experimental deste projeto foi analisar 10 poços presentes na Estação Ecológica de Angatuba (EEcA), localizada no município de Angatuba, São Paulo, com localização geográfica definida pelas coordenadas 23° 29' 23" Latitude Sul (S) e 48° 24' 46" Longitude Oeste (O) e altitude média de 624 metros acima do nível do mar (MONTEIRO, 2009).

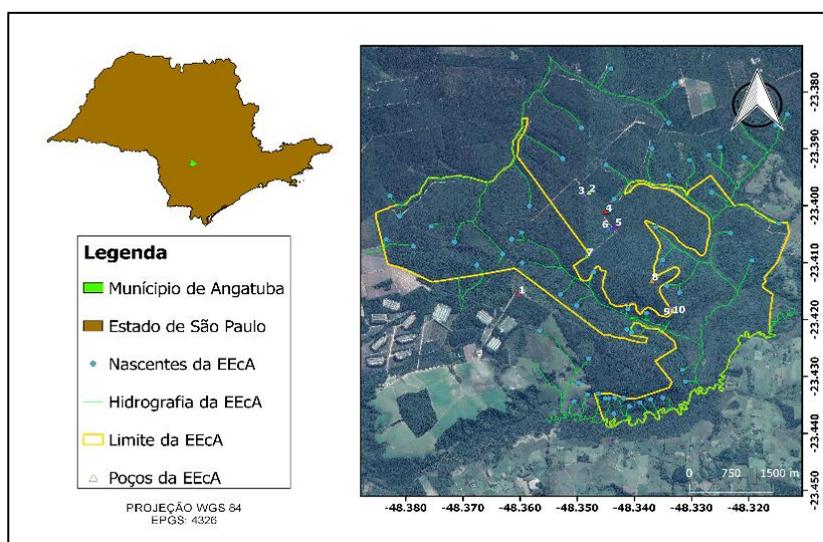


Figura 1. Localização da Estação Ecológica de Angatuba

A Estação Ecológica de Angatuba está localizada na região da Sudoeste do Estado de São Paulo, onde a temperatura média anual é de 19,9 °C, com mínima média de 9,8° C em julho e máxima de 28,6 °C em janeiro, a precipitação total é de 1215 mm/ano, com mês mais chuvoso em janeiro e mais seco em julho.

Na região do presente estudo, os aspectos do solo possuem distribuição dependente principalmente do substrato rochoso encontrado na área, além de influenciar diretamente na sua textura (MONTEIRO, 2009). Outro fator que interfere na geologia do local é o relevo, pois dependendo da declividade do local, podemos ter uma maior deposição de sedimentos localizados nas partes inferiores do terreno, sendo classificados como depósitos de sedimentos aluviais, que são locais onde ocorre uma sedimentação fluvial decorrente de cheias dos rios, enquanto em outros locais possui uma menor deposição desses sedimentos, podendo ser localizado nos topos dos relevos, denominado como cristas (MONTEIRO, 2009).

Conforme estudos realizados na região (MONTEIRO, 2009), foi-se verificado que no local, temos a presença dos seguintes tipos de solos: Argissolos textura binária arenosa/média e média/argilosa diretamente relacionado com o depósito de sedimentos nas encostas, no local possui também Neossolos Quartzarênicos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Litólicos que os mesmo possuem características de textura argilosa, outros tipos de solos encontrados na área recorrentes das fontes de sedimentos aluviais próximos ao Rio Guareí. Os Neossolos possuem como aspectos principais serem solos novos além de possuir um nível de desenvolvimento baixo sendo um solo pouco espesso, já os Latossolos são solos já consolidados na região, possuindo um desenvolvimento elevado levando a ser um solo espesso, possuem uma coloração avermelhada com grande acúmulo de argila.

Os tipos de solos característicos da região, possuem suma importância quando relacionados com o comportamento das águas subterrâneas, pois são os aspectos dos mesmos que permitem que a água possua uma resposta rápida ou lenta nos níveis freáticos presentes na área de estudo.

DADOS DISPONÍVEIS

Os dados que serão utilizados para a realização do projeto foram adquiridos a partir da observação de 10 poços localizados na EECA, e possuem uma frequência quinzenal com início em maio de 2014 até dezembro de 2017. Os poços estão localizados em diversos pontos da área de estudo, sendo divididos em diferentes ocupações do solo, com ênfase principal na área de cerrado e na floresta de silvicultura presente no local. Com isso é possível observar a variação dos níveis freáticos sob diferentes exigências hídricas.

Para a aquisição das séries de dados de evapotranspiração e precipitação foi necessário recorrer ao Centro integrado de informações agrometeorológicas (CIIAGRO), que foi responsável por fornecer dados precipitação e evapotranspiração em Itapetininga, com uma frequência semanal e mensal, no período de novembro de 2007 até abril de 2018, fazendo com que a quantidade de dados presentes para realizar a análise seja suficiente englobando o período de observação dos poços por completo, e facilitando a utilização dessas variáveis para explicar o modelo de oscilação dos níveis freáticos.

MODELAGEM DOS DADOS PROPOSTA

Dados sobre a dinâmica das águas subterrâneas tem importância fundamental para equilibrar os interesses econômicos e ambientais relacionados com a utilização do solo e dos recursos hídricos (Von Asmuth e Knotters, 2004). Esse tipo de dinâmica é explicada de diversas formas utilizando as séries temporais, sendo a mais utilizada e com resultados mais satisfatórios, modelos de função de transferência de ruído (FTR). Modelos FTR possuem aspectos que auxiliam na descrição do que ocorre quando os níveis freáticos sofrem interferência de variáveis exógenas, como p. ex. a precipitação excedente (Box e Jenkins, 1976; Hipel e McLeod, 1994; Tankersley e Graham, 1994; Van Geer e Zuur, 1997; Yi e Lee, 2003). Esse modelo visa converter variáveis ou séries de dados observados (precipitação, evapotranspiração, vazão, etc.) em séries de saída ou variáveis respostas, sendo a utilizada no trabalho os níveis freáticos sob diferentes exigências hídricas.

Após demonstrar os modelos de series temporais regionalizados que serão a base de dados para o projeto, utilizou-se o modelo PIRFICT (Predefined Impulse Response Function In Continuous Time) que foi desenvolvido por Von Asmuth et al. (2002) para lidar com series cujas entradas e saídas apresentam diferentes frequências de observações e intervalos tempo irregulares. Neste modelo os pulsos dos dados de entrada são convertidos em um tempo continuo representando de maneira alternativa aos modelos FTR que possui intervalos de tempos discretos, com isso os coeficientes dessa função não se relacionam com a frequência de observação (MANZIONE et al., 2010).

A principal vantagem do modelo PIRFICT de acordo com MANZIONE (2010), é a capacidade de lidar com qualquer frequência de dados sendo continuo no tempo, sendo assim a frequência dos dados de entrada não influenciando os valores das series de saída.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os poços que foram utilizados para a realização do ajuste do modelo PIRFICT, foram os poços 2 e 3 devido à localização deles representar duas exigências hídricas diferentes, sendo o poço 2 localizado na região de mata nativa (cerrado) e o poço 3 na área de produção de pinus. Com isso temos os resultados da calibração resumidos na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros dos modelos ajustados para os poços P2 e P3.

Poços	Nível Médio Lençol Freático	EVP (%)	RMSE (m)
P2	-17,62 m	91,01	0,37
P3	-14,44 m	87,60	0,19

EVP=percentual da variância explicada pelo modelo; RMSE=raiz do erro quadrático médio

Os resultados recorrentes dos poços apresentaram resultados satisfatórios. O poço 2 obteve um valor percentual da variância explicada (EVP) por meio do modelo superior ao poço 3, isso decorreu devido ao ajuste refinado dos dados observados, conforme observamos na Figura 2. Os valores da Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) foram inferiores a 0,50 metros, mostrando o grau de refinamento do modelo PIRFICT a série de dados analisadas, que apesar da diferença entre os valores de EVP o ajuste se manteve satisfatório para a modelagem. Esses erros sucedem principalmente no campo devido a incorreta calibração dos equipamentos, e a própria aferição do operador no momento de medir os níveis freáticos.

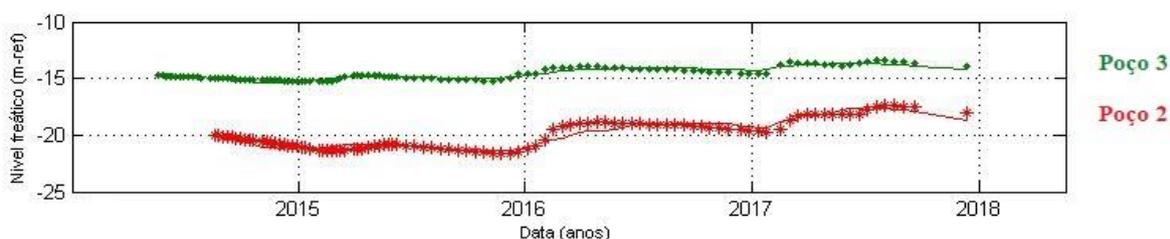


Figura 2. Comparação entre os dados observados (pontos) e calibrados (linhas) pelo modelo PIRFICT para os poços 2 e 3 em relação a precipitação.

Mesmo observando a diferença de profundidade, a Figura 2 demonstra que os níveis freáticos possuem um comportamento semelhante ao longo do período de análise de monitoramento. Essa diferença de nível freático pode ser ocasionada devido as cotas altimétricas serem distintas umas das outras mesmo estando próximas, possuindo uma distância de apenas 30 metros entre um poço e outro, mostrando a interferência do relevo que se observa na região. Apesar da proximidade, as plantas possuem diferentes tipos de exigência hídrica, sendo o Poço 3 localizado na região com a presença de vegetação nativa (Cerrado) e o Poço 2 no

sistema de produção de Pinus. Assim, verifica-se que os níveis foram mais afetados pelas plantas na área de Pinus, onde a variação sazonal do consumo hídrico das árvores reflete-se no comportamento do lençol freático.

CONCLUSÃO

Para a realização da modelagem das séries temporais dos níveis freáticos o modelo PIRFICT se mostrou eficaz, mostrando que a relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial se correlacionam e possibilitam um ajuste satisfatório quando agrupado com os dados de níveis freáticos. O método demonstra eficácia para o desenvolvimento de modelos nessa região de análise, sendo possível aplicar em outros locais utilizando outros tipos de resposta em relação ao uso do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. Time series analysis: forecasting and control. 2.ed. San Francisco: Holden-Day, p. 575. 1976.
- HIPEL, K. W.; McLEOD, A. I. Time series modelling of water resources and environmental systems. Amsterdam: Elsevier, p.1013. 1994.
- KNOTTERS, M.; BIERKENS, M. F. P. Physical basis of time series models for water table depths. Water Resources Research, v. 36, p. 181-188. 2000.
- LUIZ, T. B. P.; GAIARDO, G. F.; SILVA, J. L. S. Utilização de máquina de vetor de suporte para previsão de níveis de água subterrânea. Águas Subterrâneas, v. 32, n. 1, p. 25-34. 2018.
- MANZIONE, R. L.; MARCUZZO, F. FN; WENDLAND, E. Modelagem de níveis freáticos em área de recarga do Sistema Aquífero Guarani sob diferentes usos do solo. Águas Subterrâneas, 2010.
- MANZIONE, R. L. Mapeamento das características dinâmicas do nível freático do Sistema Aquífero Bauru como instrumento de gestão de recursos hídricos. Geologia USP, Série. Científica, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 22-240. 2018.
- MONTEIRO, C. H. B.; PRADO, BHS; DIAS, A. C. Plano de manejo da estação ecológica de Angatuba. Secretaria de Meio Ambiente, Instituto Florestal. São Paulo, 2009
- PEIXOTO, F. S. et al., Estimativa de recargas hídricas subterrâneas potenciais voluntárias e involuntárias em áreas urbanas. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS, v.31, n.1, p. 104-116. 2017.
- SOUZA, J. R. et al., A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. REDE - Revista Eletrônica do Prodema, Fortaleza, v.8, n.1, p. 26-45. 2014.
- TANKERSLEY, C. D.; GRAHAM, W. D. Development of an optimal control system for maintaining minimum groundwater levels. Water Resources Research, v. 30, p. 3171-3181. 1994.
- VAN GEER, F. C.; ZUUR, A. F. An extension of Box-Jenkins transfer/noise models for spatial interpolation of groundwater head series. Journal of Hydrology, v. 192, p. 65-80. 1997.
- VON ASMUTH, J. R.; BIERKENS, M. F. P.; MAAS, C. Transfer function noise modelling in continuous time using predefined impulse response functions. Water Resources Research, v. 38 (12), p. 23.1-23.12. 2002.
- YI, M.; LEE, K. Transfer function-noise modelling of irregularly observed groundwater heads using precipitation data. Journal of Hydrology, v. 288, p. 272-287. 2003.