

XV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

Análise preliminar de dados da base RIMAS–CPRM visando estudos regionais na Bacia do Rio Paraná.

Francisco das Chagas de Lima¹; Edson Wendland²; Cristiano das Neves Almeida³; Davi de Carvalho Diniz Melo⁴.

RESUMO – As secas são responsáveis por prejuízos de diversas naturezas e devem se tornar cada vez mais recorrentes devido às mudanças climáticas. O monitoramento contínuo de variáveis hidrológicas é fundamental para caracterização de secas, além de possibilitar a detecção de situação de escassez hídrica antes de atingir níveis críticos irreversíveis. Na bacia do Rio Paraná, as águas subterrâneas são responsáveis por ~50% do abastecimento urbano. Portanto, o monitoramento hidrogeológico deve ser uma prioridade. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é realizar uma análise preliminar sobre a disponibilidade e qualidade dos dados disponibilizados pela Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas, coordenada pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM). O levantamento realizado mostrou que a densidade de poços de monitoramento é relativamente baixa (<1 poço/1000 km²) e que a maioria deles possuem ~6 anos de dados (com falhas). Embora tenha sido possível preencher a maioria das falhas, a ocorrência de bombeamento em alguns poços, atrelada à baixa densidade de poços, pode comprometer a interpolação dos dados para geração de uma superfície potenciométrica regional.

Palavras-Chave – aquífero, monitoramento, secas.

ABSTRACT– Droughts are responsible for multiple types of losses and will likely become more frequent due to climate change. The hydrologic monitoring is paramount for characterizing droughts and detecting water scarcity situations before they become too critical. Groundwater supplies 50% of the water demand in the Paraná river basin. Thus, hydrogeologic monitoring should be a priority. In this context, the objective of this study is to provide a preliminary assessment regarding the quality and availability of the data provided by the Integrated Network for Groundwater Monitoring (RIMAS in Portuguese) of the Geological Survey of Brazil (CPRM). Results indicated a low density of monitoring wells (<1 well/1000 km²) and that most of them has ~6 year of data (with gaps). Although it was possible to fill most of the gaps, well pumping combined with the low density of wells, may jeopardize data interpolation for producing a regional potentiometric surface.

Key words – aquifer, monitoring, droughts.

1 Graduando em Agronomia – CCA / UFPB - *Campus II*, Tel: (83) 996041474, e-mail: chicoriarox@hotmail.com

2 Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, Av. Trab. São Carlsense, 400 - Centro, São Carlos - SP, 13566-590, 16 33739541, ew@sc.usp.br.

3 Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, UFPB Campus I, e-mail: almeida74br@yahoo.com.br

4 Departamento de Solos e Engenharia Rural – CCA / UFPB - *Campus II*, e-mail: davi.diniz@academico.ufpb.br

INTRODUÇÃO

A bacia do Rio Paraná tem sido exposta a eventos de secas severas nas últimas décadas trazendo um risco iminente de falta de água e ocasionado perdas agrícolas relevantes nos municípios que estão em toda sua extensão. Os déficits pluviométricos, resultantes das secas nessa bacia têm grande influência na redução do armazenamento de água nos reservatórios (Getirana, 2013; Melo et al., 2016). Os recentes períodos de seca ocorridos na região sudeste do Brasil mostraram a importância de se dispor de estratégias de mitigação dos efeitos decorrentes desses eventos extremos. Tais estratégias apenas serão eficazes se foram baseadas em dados de monitoramento.

A disponibilidade hídrica em situações de estresse hídrico resultante de secas na bacia hidrográfica do rio Paraná requer estudos que possam indicar como a seca meteorológica se propaga através do sistema hidrológico e como quantificar os impactos sobre os processos hidrológicos e seu balanço hídrico. Nesse contexto, alguns avanços foram feitos em relação às águas superficiais (e.g. Melo et al., 2016). Por outro lado, a avaliação do impacto das secas no armazenamento subterrâneo no Brasil ainda é bastante insípido.

A variação do armazenamento de água subterrânea (ΔGW) pode ser estimada por:

$$\Delta GW = \Delta TWS - \Delta SWS - \Delta SMS \quad (1)$$

Em que ΔTWS corresponde à variação do armazenamento total de água terrestre, ΔSWS é a variação do armazenamento de água na superfície e ΔSMS é a variação do armazenamento relativo à umidade do solo. Essa abordagem ou variações dela foram usadas em diversos estudos encontrados na literatura (e.g. Huang et al., 2015; Khaki et al., 2018, Gong et al., 2018; Strassberg et al., 2009; Bhanja et al., 2016).

Outra maneira de se proceder (e.g. Awange et al., 2014; Scanlon et al., 2015) é estimar ΔGW a partir da variação do nível de poços de monitoramento (Δh) e valores de rendimento específico (S_y):

$$\Delta GW = \Delta h \times S_y \quad (2)$$

Para essa abordagem, são necessários dados de níveis de água subterrânea. Tal necessidade motivou a realização do presente estudo, cujo objetivo é fornecer uma avaliação quali-quantitativa preliminar dos dados de níveis de água subterrânea na bacia do Rio Paraná.

METODOLOGIA

A área de estudo é a bacia do rio Paraná (880,000 km²), a qual é responsável por ~50% do PIB brasileiro e onde estão localizadas diversas usinas hidrelétricas, gerando ~70% da energia elétrica consumida no país. Essa bacia depende das águas subterrâneas para atender ~50% de sua demanda hídrica.

O estudo foi realizado com base nos dados contidos na plataforma da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas - RIMA e Serviço Geológicos do Brasil – CPRM. Nesta plataforma os poços já se encontram georeferenciados, sendo possível visualizar a localização deles e baixar os dados de níveis de água subterrânea para diversas bacias hidrográficas do Brasil. Primeiramente, foram selecionados os poços que estavam dentro da área de estudo ou no seu entorno, ou seja, a área da bacia hidrográfica do rio Paraná e na sequência os dados de níveis de água subterrânea foram baixados para serem estudados e analisados, compondo a base do estudo.

As análises realizadas visaram determinar a viabilidade de se utilizar esses dados para determinar a variação do armazenamento de água regional na bacia do Rio Paraná. Para isso analisou-se a distribuição espacial dos poços, bem como a densidade espacial. Em seguida foi analisada a sobreposição temporal dos dados coletados. As eventuais falhas apresentadas no estudo foram preenchidas usando modelagem auto regressiva (Akaike, 1969).

Os dados foram usados para gerar uma superfície potenciométrica preliminar que pode ajudar a avaliar a qualidade dos dados, pois o estudo desses dados contribui com o conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos existentes em poços da bacia do rio Paraná.

RESULTADOS

As séries temporais de aproximadamente 80 poços de monitoramento no entorno ou dentro da área de estudo foram analisadas. No que diz respeito à representatividade espacial dos poços da RIMAS, observou-se uma quantidade significativamente menor de poços de monitoramento (Figura

1), em relação aos aproximado 60.000 poços dentro da área de estudo, cadastrados no SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas).

Durante a revisão da literatura, foram encontrados diversos estudos que utilizaram dados de poços de monitoramento para atingir o mesmo objetivo que foi proposto neste projeto. Nesses trabalhos, a densidade de poços variou de ~1 poço/1000 km² (Gong et al., 2018) a ~4 poços/1000 km² (Bhanja et al., 2016), enquanto que na bacia do rio Paraná há ~0,1 poço de monitoramento para cada 1000 km² de área.

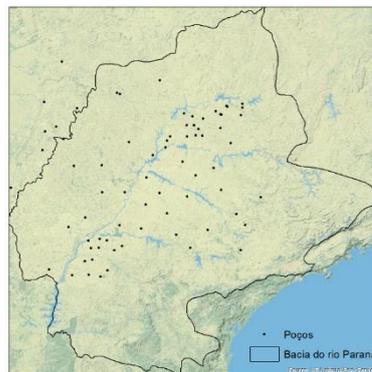


Figura 1 - Poços da rede integrada de monitoramento RIMAS-CPRM

Apesar da quantidade pouco expressiva, os poços de monitoramento cobrem boa parte da área de estudo, o que poderia significar boa representatividade do comportamento hidrogeológico médio, ou seja, numa estimativa razoável de ΔGW .

Entretanto, os resultados indicam um fator limitante para estudar a variação do armazenamento de água subterrânea no longo prazo: insuficiente sobreposição temporal das leituras. O período com maior disponibilidade desses dados está compreendido entre meados de 2015 e 2017, ou seja, após a seca de 2014 (Figura 2). Tendo em vista o comportamento sazonal dos dados em questão, permitiu-se realizar o preenchimento de falhas de no máximo seis (6) meses (meio ciclo anual). Com esse procedimento, foi possível eliminar 100% de falhas em alguns dos poços com maior disponibilidade de dados (Figura 3). Por outro lado, alguns poços apresentaram períodos longos (> 1 ano) sem dados e, nesses casos, não foi possível eliminar a maior parte das falhas. O rebaixamento rápido observado individualmente em alguns poços sugere a ocorrência de bombeamento, o qual seria relevante para a interpolação dentro de um raio de alguns poucos quilômetros. No entanto, em razão da baixa densidade de poços, a incorporação dos dados desses poços na interpolação acabou em estimativas irreais na escala de 0,5 graus.

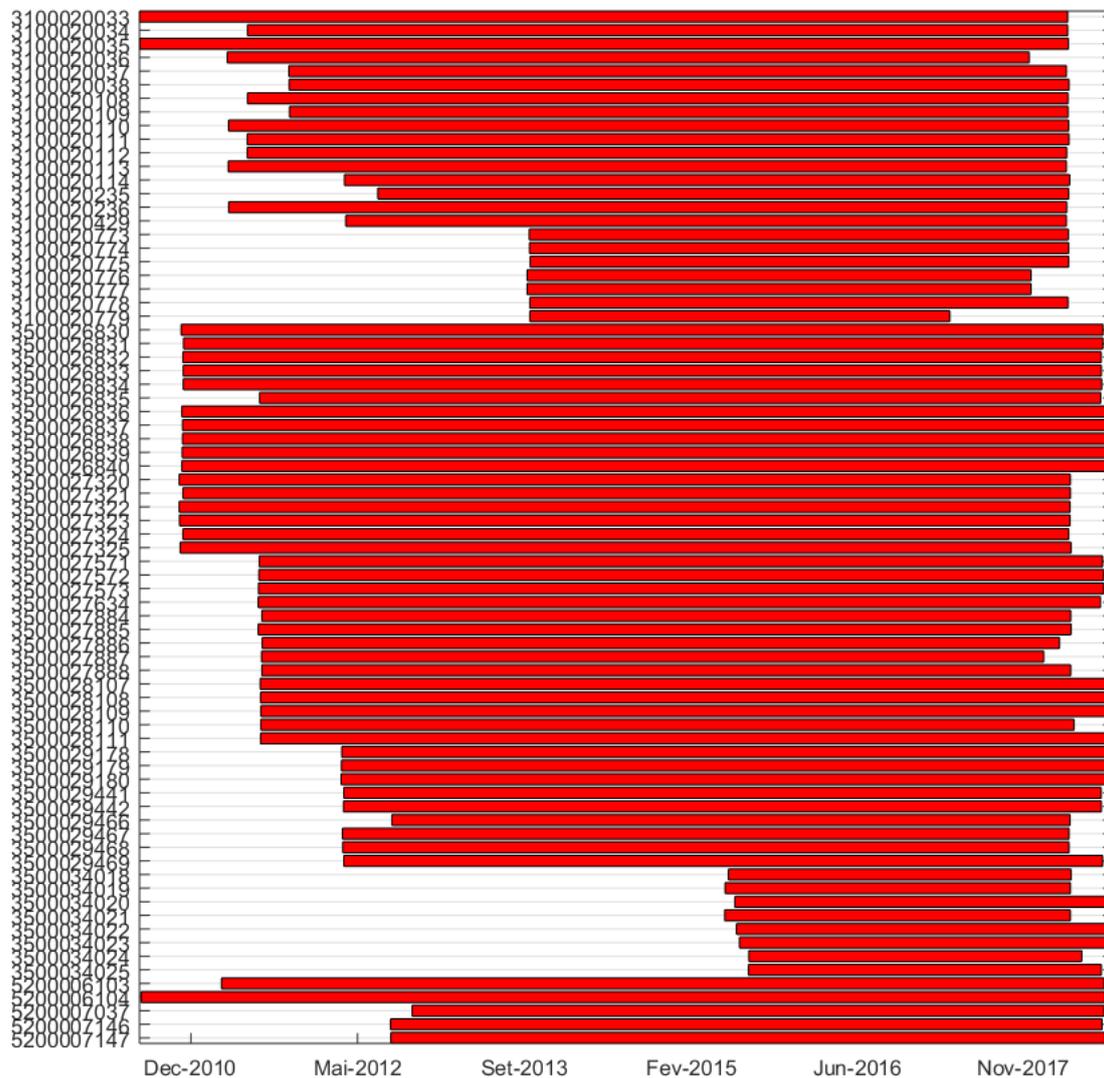


Figura 2 - Períodos com dados em cada poço (ordenadas) de monitoramento (as falhas em cada poço não estão representadas)

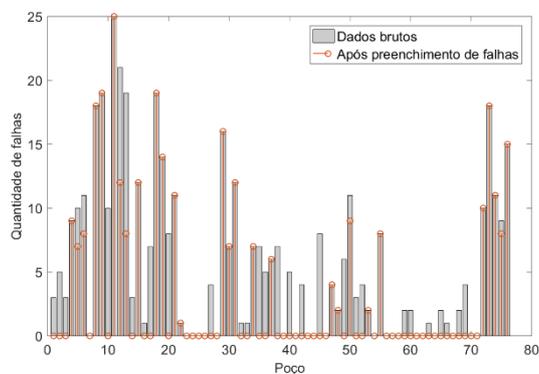


Figura 3 - Número de meses sem dados antes e após o preenchimento de falhas

Uma informação chave que não está disponível para todos os poços é o aquífero que fornece água ao poço. Percebe-se que as unidades aflorantes na maior parte dos poços são o Grupo Bauru e o Grupo Caiuá; enquanto que em subsuperfície os mesmos poços estão na Formação Botucatu ou Serra Geral, respectivamente (Figura 4). Portanto, dependendo da profundidade de perfuração desses poços, mesmo aqueles próximos entre si podem estar indicando o nível de formações distintas. Apesar de a unidade imediatamente abaixo da aflorante ser conhecida, outras formações podem estar subjacentes a ela, de modo que faz-se necessário cruzar duas informações (que nem sempre são conhecidas): profundidade dos filtros dos poços e espessura das formações geológicas.

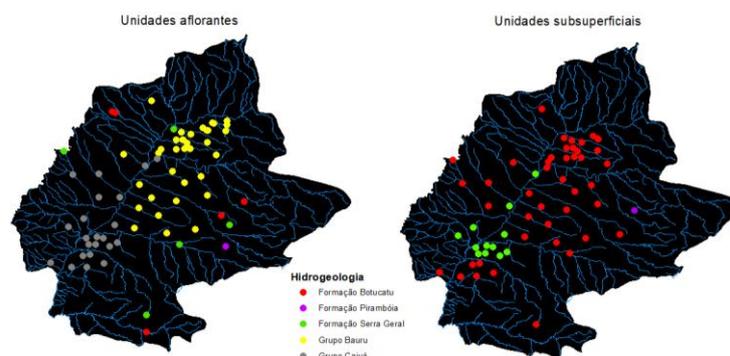


Figura 4 - Hidrogeologia (unidades aflorantes e subsuperficiais) nos poços de monitoramento

Na ausência dos dados mencionados acima, desconsiderar a possibilidade de proceder com a interpolação dos dados não seria razoável por dois motivos. Partindo do pressuposto que as unidades geológicas subsuperficiais mostradas na Figura 4 correspondem àquelas monitoradas nos poços selecionados, o resultado da interpolação em tais áreas seria poder ser considerado aproximação da superfície potenciométrica. Em segundo lugar, resultados inconsistentes da interpolação serviriam de indicativo de que, na região onde tal inconsistência foi detectada, os poços estariam em formações geológicas distintas.

Com o intuito de reduzir os erros na interpolação, adotou-se o seguinte procedimento: Primeiramente, foram calculadas as distâncias euclidianas entre o centro de cada pixel da grade a ser gerada e os poços com dados disponíveis num determinado mês. O critério empregado para gerar um valor no pixel em questão foi de que houvesse ao menos dois poços num raio de 2°.

Mesmo adotando esse procedimento, as séries mensais obtidas em alguns pixels apresentaram comportamentos não condizentes com a variação esperada da superfície potenciométrica (Figura 5). No caso específico da Figura 5, é provável que a variação real do nível

ocorra próximo dos 308 m, uma vez que os níveis em torno de 300 m foram obtidos para um período com menor disponibilidade de dados (Figura 2). Num esforço de tentar aproveitar o máximo de dados possíveis, foram aplicados alguns filtros às séries de cada pixel da interpolação.



Figura 5 - Exemplo de resultado inconsistente obtido na interpolação, indicando que, provavelmente, os poços estão em formações geológicas distintas

O primeiro filtro removeu valores cujos desvios em relação à média superaram 2,7 vezes o desvio padrão da série no pixel em questão. Em seguida, foram calculadas as diferenças de nível mês a mês, e removidos “saltos” de mais de 4 m entre dois meses consecutivos. No entanto, em virtude da grande variabilidade de casos com comportamento inconsistente, foi feita uma verificação manual nos 200 pixels, aproximadamente, que compõem o mapa potenciométrico na área de estudo para aplicar individualmente algum filtro adicional.

Nesse último processo, foram identificados mais de 50 pixels cujos valores de níveis não eram consistentes na maior parte do período de dados original (2011 – 2018).

A partir das informações remanescentes da filtragem, foram gerados mapas potenciométricos mensais, a exemplo daqueles mostrados na Figura 6, referente a março de 2014 e 2017. Especificamente para os meses em questão na Figura , é possível perceber uma declividade hidráulica em direção à calha principal do rio Paraná, indicando uma certa coerência no resultado obtido.

Dado que o intervalo entre o nível máximo e mínimo é muito amplo no contexto da bacia, as diferenças de alguns poucos metros entre as superfícies potenciométricas, embora existam, não são facilmente percebidas na Figura . Não obstante, um olhar mais cuidadoso revela que, em geral, os pixels do mapa de 2017 apresentam tonalidade mais clara (maior valor) do que em 2014. Um exemplo disto pode ser notado no pixel destacado na Figura .

Percebe-se também que, com poucas exceções, os valores gerados por interpolação concordam com a medição pontual. Um exemplo dessas exceções pode ser notada na região nordeste da bacia, onde há um poço cujo nível é significativamente mais raso (~200 m) do que seus vizinhos (>900 m).

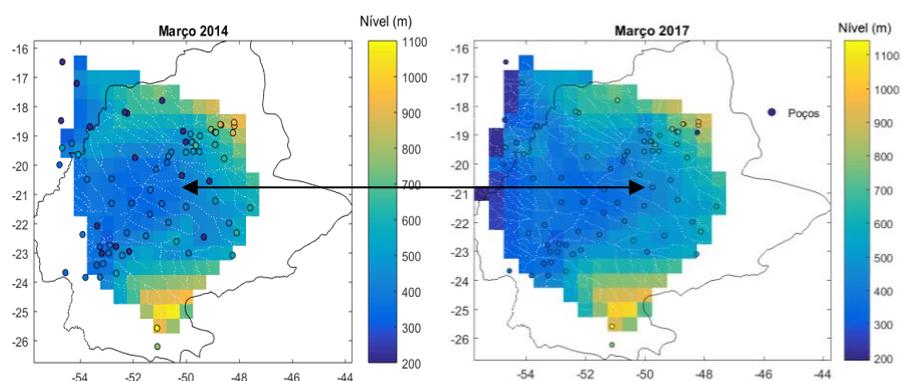


Figura 6 - Superfície potenciométrica gerada a partir da interpolação dos dados de níveis observados (março de 2014 e março de 2017)

Essa diferença está provavelmente associada à profundidade do poço, cujos filtros podem estar inseridos em formações geológicas distintas. Conforme mencionado anteriormente, tal informação não está disponível para todos os poços, dificultando a separação de poços perfurados na mesma formação.

CONCLUSÃO

O estudo preliminar da disponibilidade de águas subterrâneas feita através dos dados fornecidos pela Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas - RIMAS e Serviço Geológico do Brasil – CPRM mostra que, apesar dos poços de monitoramento estarem bem distribuídos na área de estudo, a quantidade deles é relativamente baixa, considerando os 880.000 km² da bacia estudada. A análise desses dados indica que, provavelmente, ocorra o bombeamento em alguns pontos que, atrelado à baixa densidade de poços e diferentes profundidades de perfuração (diferentes formações geológicas), dificulta a geração de uma superfície potenciométrica regional acurada. Ressalta-se a importância de continuar monitorando esses poços, visando gerar séries mais longas e perfurar novos poços, visando melhorar a representatividade espacial dos níveis medidos. Finalmente, a avaliação da variação do armazenamento com base nos dados disponíveis atualmente deve ser feita com cautela.

REFERÊNCIAS

ANA, 2010. Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional. Agencia Nacional de Aguas, Brasília.

AWANGE, J.L., GEBREMICHAEL, M., FOROOTAN, E., WAKBULCHO, G., ANYAH, R., FERREIRA, V.G., Alemayehu, T., 2014. Characterization of Ethiopian mega hydrogeological regimes using GRACE, TRMM and GLDAS datasets. *Advances in Water Resources* 74, 64–78. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2014.07.012>

BHANJA, S.N., MUKHERJEE, A., SAHA, D., VELICOGNA, I., FAMIGLIETTI, J.S., 2016. Validation of GRACE based groundwater storage anomaly using in-situ groundwater level measurements in India. *Journal of Hydrology*, 543, 729–738. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.10.042>

GETIRANA, A.C.V., 2015. Extreme water deficit in Brazil detected from space. *Journal of Hydrometeorology*, 17, 591-599, Issue 2, February, 2016. . <https://doi.org/10.1175/JHM-D-15-0096.1>

GONG, H., PAN, Y., ZHENG, L., LI, X., ZHU, L., ZHANG, C., HUANG, Z., LI, Z., WANG, H., ZHOU, C., 2018. Long-term groundwater storage changes and land subsidence development in the North China Plain (1971–2015). *Hydrogeol J* 26, 1417–1427. <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1768-4>

HUANG, Z., PAN, Y., GONG, H., YEH, P.J.-F., LI, X., ZHOU, D., ZHAO, W., 2015. Subregional-scale groundwater depletion detected by GRACE for both shallow and deep aquifers in North China Plain. *Geophysical Research Letters* 42, 1791–1799. <https://doi.org/10.1002/2014GL062498>

KHAKI, M., AWANGE, J., FOROOTAN, E., KUHN, M., 2018. Understanding the association between climate variability and the Nile's water level fluctuations and water storage changes during 1992–2016. *Science of The Total Environment* 645, 1509–1521. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.212>

MELO, D.D.C.D., SCANLON, B.R., ZHANG, Z., WENDLAND, E., YIN, L., 2016. Reservoir storage and hydrologic responses to droughts in the Paraná River basin, south-eastern Brazil. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 20, 4673–4688. <https://doi.org/10.5194/hess-20-4673-2016>

SCANLON, B.R., ZHANG, Z., REEDY, R.C., POOL, D.R., SAVE, H., LONG, D., CHEN, J., WOLOCK, D.M., CONWAY, B.D., WINESTER, D., 2015. Hydrologic implications of GRACE

satellite data in the Colorado River Basin. *Water Resour. Res.* 51, 9891–9903.
<https://doi.org/10.1002/2015WR018090>

STRASSBERG, G., SCANLON, B.R., CHAMBERS, D., 2009. Evaluation of groundwater storage monitoring with the GRACE satellite: Case study of the High Plains aquifer, central United States. *Water Resources Research* 45, W05410, doi:10.1029/2008WR006892, 2009. Pg 1-10.
<https://doi.org/10.1029/2008WR006892>