

Recarga e flutuação do nível da água subterrânea em sub-bacias com floresta e campo nativo

J. L. Silverio da Silva*

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

C. Dambrós**

Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, São Paulo, Brasil.

* *Email: silverioufsm@gmail.com/http://www.ufsm.br/labhidrogeo*

** *Email: cristianedambros@gmail.com/ Doutoranda em Geografia*

RESUMO: Visou uma estimativa de recarga subterrânea, em aquífero livre, poroso intergranular pertencente a Formação Pirambóia constituído por arenitos silto-argilosos, localizada em duas sub-bacias hidrográficas. Vários métodos são usados para avaliar a recarga. As sub-bacias estão localizadas em zonas de afloramento do Sistema Aquífero Guarani/SAG, no município de Rosário do Sul, Estado do Rio Grande do Sul sudoeste do Brasil. Instalaram-se cinco poços de monitoramento para a estimativa de recarga realizada pelo uso do método *Water Table Fluctuation – WTF*. Analisou-se a flutuação do nível da água subterrânea no período 2009-2011. Estimaram-se valores entre 1,36 a 4,52 m na flutuação do nível da água. A recarga subterrânea no período foi de 170 mm na sub-bacia hidrográfica de campo e enquanto na sub-bacia hidrográfica florestada de 142mm. Estudos referentes à recarga de aquíferos são fundamentais para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos em escala local (poço de monitoramento) e/ou regional da bacia hidrográfica. Palavras-chave: água subterrânea, SAG, monitoramento, recarga, flutuação do nível, método WTF.

ABSTRACT: This work presents groundwater recharge estimates in unconfined aquifers, porous intergranular belonging to Pirambóia Formation sandstones with silty and clay, located in two sub-basins. Both located in the outcrops zone of the Guarani Aquifer System/GAS in the Municipality of Rosário do Sul, Rio Grande do Su state, southern Brazil. They set up five monitoring wells to estimated recharge. Various techniques are available to quantify recharge. Was used Water Table Fluctuation – WTF method. Was studied the the period 2009-2011. The results of the water table fluctuation were estimated and ranged from 1.36 to 4.52m. The groundwater recharge estimated in the period was 170 mm in the field sub-basin and in the forested sub-basin 142mm. Studies related to groundwater recharge are essential for the sustainable management of the groundwater resources at local scale (monitoring well) and/or regional in watershed.

Keywords: groundwater, GAS, monitoring wells, water table fluctuation, WTF method.

Keywords: Groundwater, GAS, monitoring, recharge, water table fluctuation, WTF method.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho inscreve-se na investigação que visa diagnosticar e contribuir para a preservação dos recursos hídricos subterrâneos, seu uso sustentável e planejamento de ações de gerenciamento. Destaca-se a necessidade de testar metodologias para estimativas de recarga da água subterrânea em diferentes usos dos solos.

As discussões a cerca da temática, água subterrânea contribuindo para o desvendar as potencia-

lidades dos aquíferos e, para a melhoria na eficiência do gerenciamento dos recursos hídricos. O estudo, em seus objetivos e em sua metodologia, procura investigar a flutuação do nível da água subterrânea em sub-bacias e estima a recarga subterrânea, pelo monitoramento do nível estático da zona saturada.

Este trabalho faz parte do Projeto ASUB/UFCEG/UFAL/UFSM e, soma-se aos demais trabalhos do Laboratório de Hidrogeologia desen-

volvidos na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria (PAVÃO, 2004; SILVÉRIO DA SILVA *et al.* 2009; DESCOVI FILHO 2010; DAMBRÓS, 2011; DAMBRÓS *et al.* 2011; MARTELLI, 2012).

2 CARACTERIZAÇÃO DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS COM FLORESTA E CAMPO NATIVO

Foram escolhidas duas sub-bacias com diferente uso do solo, uma sub-bacia com florestamento de eucaliptos e outra de campo nativo. Ambas estão localizadas no município de Rosário do Sul, Rio Grande do Sul/Brasil, em zona de afloramentos (ZA) do Sistema Aquífero Guarani – SAG (OEA/PSAG/PEA, 2010). Na sub-bacia de campo foi monitorado um poço freático, enquanto na sub-bacia com atividade de silvicultura foram monitorados quatro poços.

As sub-bacias hidrográficas representativas estão localizadas na Depressão Periférica do Rio Grande do Sul e abrangem as unidades litológicas da Bacia Sedimentar do Paraná constituídas pelos arenitos da Formação Pirambóia/SAG (BRASIL/CRPM/2008). Estes formam aquíferos livres.

Estimou-se a partir das cotas altimétricas dos poços de monitoramento até o vertedouro, uma declividade média do terreno de 8,7% um relevo suave ondulado a ondulado (De BIASI 1992).

Salienta-se que a sub-bacia hidrográfica de campo abrange uma área de 21 hectares. Na Figura 1, pode-se observar a paisagem de campo, bem como a condição do poço, P1. Na sub-bacia hidrográfica florestada com área de 84 hectates, foram perfurados quatro poços para monitoramento do nível da água subterrânea com profundidades variando entre 10 a 18m. Sendo dois poços localizados na área florestada, um na interface e um na Área de

Preservação Permanente – APP, representados, respectivamente, nas Figuras 2, 3 e 4.



Figura 1: Poço P1 (Profundidade 20m), e sua condição de paisagem campo nativo e seu entorno.

Os poços P2 e P5 (profundidades de 18 e 15m) se localizam no interior da floresta, em condição mais elevada do que os demais. Suas cotas altimétricas são de 155 m e 136 m acima do nível médio do mar, respectivamente (Figura 2).



Figura 2: Condição de paisagem no entorno dos poços de monitoramento localizados dentro da floresta de eucaliptos.

O poço de monitoramento P3 (12m profundidade) está localizado na interface da área florestada e da área de APP, mantendo as características da paisagem, ou seja, campo (Figura 3).

Existem vários métodos para se realizar estimativas de recarga subterrânea, cada um deles assumindo premissas e incertezas. Estudos, no Brasil, relacionados à flutuação do nível da água subterrânea e uso do método *WTF*, intensificaram-se a par-

tir da década de 2000 (BARRETO, 2006; WEN-
DLAND *et al.* 2007) em (ZA) do SAG em São Car-
los estado de São Paulo.



Figura 3: Poço P3 localizado na interface floresta e campo.

Na APP da sub-bacia hidrográfica floresta-
da, apresenta-se vegetação de campo sujo, nele si-
tua-se poço de monitoramento P4 (10m profundida-
de (Figura 4).



Figura 4: Poço P4 localizada na área de APP (campo).

Healy; Cook (2002) afirmam que a estimati-
va de recarga é extremamente importante para a
gestão do sistema de águas subterrâneas e destacam
a fácil aplicabilidade do método *WTF*. Este método
é uma simplificação grosseira de um fenômeno
complexo, ou seja, do movimento da água subterrâ-
nea e do lençol freático.

O método *WTF* pode ser usado de dois mo-
dos: para estimativas de eventos (dias, semana,
mês) ou em períodos mais extensos (anos), sendo
também possível à estimativa em escala local e re-
gional, este método foi considerado o mais sensível
entre três métodos analisados (WAHNFRIED; HI-
RATA, 2005).

Observa-se que o método *WTF*, além de ser
sensível à estimativa de recarga, supre algumas de-
ficiências que os outros métodos apresentam. Esse
esta baseado na premissa de que os aumentos dos
níveis das águas subterrâneas em aquíferos livres
são devido à água de recarga do lençol freático pela
precipitação pluviométrica (HEALY; COOK,
2002).

$$R = S_y \cdot dh/dt = S_y \cdot \Delta h / \Delta t, \quad (1)$$

sendo:

(S_y) - rendimento específico; (Δh) – flutuação nível
freático; (Δt) – período monitorado.

Para a determinação do (Δh), deve-se somar
cada diferença entre, os picos de ascensão e os pon-
tos mais baixos da curva extrapolada antecedente à
recessão, na hora do pico (HEALY; COOK, 2002;
DAMBRÓS, 2011).

Considera-se subjetiva a extrapolação da
curva de recessão, pois não há padronização da
equação gráfica, apenas tenta-se melhor ajustar a
curva entre o processo de defasagem e o início da
variação do nível.

3 METODOLOGIA

A abordagem sistêmica contribuiu para o
entendimento organizacional do objeto de estudo,
seu funcionamento e o grau de complexidade de su-
as relações.

A pesquisa foi desenvolvida a campo com
coletas de amostras de solo e/ou rocha, deformadas

e não deformadas e no laboratório na determinação do (Sy). Quinzenalmente foi determinada a profundidade do nível da água de cada poço com Freatímetro sonoro, para verificação e comparação de possíveis erros nos transdutores de pressão (medidor automático *barologger* e *levelogger* da Solinst®). Usou-se posicionamento por *GPS*.

As perfurações dos poços ocorreram no primeiro semestre de 2009, seguindo as Normas técnicas da ABNT. O período em análise nesta pesquisa foi de setecentos e sessenta e seis (766) dias na sub-bacia de campo, iniciando no dia 26/05/2009 até o 30/06/2011. Já na sub-bacia florestada foram setecentos e vinte e um (721) dias, iniciando em 10/07/2009 até 30/06/2011.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O monitoramento dos poços e trabalhos de campo permitiu uma aproximação da realidade das águas subterrâneas das duas áreas em estudo caracterizada por serem de distintos usos do solo. Os principais resultados estão relacionados à estimativa de recarga através da aplicação do método *WTF*.

Pelos medidores automáticos, foi possível obter dados do nível da água subterrânea em intervalos de 60 minutos durante 766 dias, na sub-bacia de campo enquanto na sub-bacia florestada, durante 721 dias. Devido ao grande volume de dados, os mesmos foram sistematizados em valores médios em intervalos de tempo de 24 horas, facilitando as leituras e as interpretações dos mesmos.

Todos os poços de monitoramento apresentaram visível relação entre a variação do nível com os eventos de precipitação. Esta variação destacou-se, entre os dias 160 a 270, correspondentes aos meses de Nov. e Dez./2009 e, Jan. e Fev./ 2010,

ocorreram eventos extremos de precipitação pluviométrica, sendo que no dia 162, precipitaram 269 mm.

O poço P1 apresentou uma variação total de 2,61m na flutuação do nível da água subterrânea. O Poço P4, localizado na APP, apresentou uma faixa de flutuação de nível de 1,80 m.

Diferentemente dos demais poços, o P3, apresentou uma faixa de flutuação de 1,36 m, enquanto nos poços P5 e P2 foi de 2,5 m e 4,52 m.

A Figura 5 ilustra a correlação determinada pela regressão linear obtida entre o nível da água subterrânea e a precipitação. Verificou-se que há alta correlação linear entre estas duas variáveis no período. Assim, elegeu-se um evento, para tal verificação, entre os dias 187 a 191. Utilizando-se os dados referentes ao poço P1. Testou-se a correlação em outros eventos que também apresentaram muita semelhança.

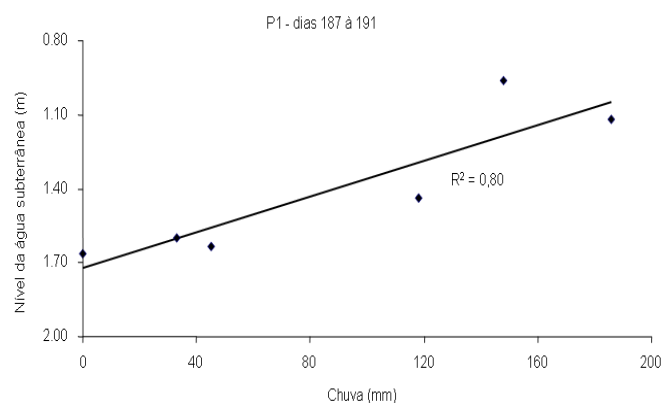


Figura 5: Comportamento da regressão linear entre o nível da água subterrânea e a precipitação entre os dias de 187 a 191 no poço P1 e determinação de sua correlação (R^2).

As variáveis para aplicação do método *WTF*, foram consideradas na seguinte forma: (Δt) período de tempo em que se realizou o monitoramento, totalizando 721 dias; (Δh) diferença entre os picos de elevação do nível e o ponto baixo da curva de recessão extrapolada antecedente na hora do pico e; o (Sy) determinado a partir dos dados de porosi-

dade total, sendo os valores de 16,87% na sub-bacia hidrográfica de campo e de 13,75% sub-bacia hidrográfica florestada (DAMBRÓS, 2011). A Tabela 1 apresenta os valores de recarga dos poços.

Sub-bacia	Poços	WTF - recarga (mm/período)
campo	P1	170
	P2	150
	P3	60
Florestada	P4	220
	P5	140

Tabela 1- Dados de recarga dos poços de monitoramento para as sub-bacias de campo e florestada (DAMBRÓS, 2011).

Pelo fato da sub-bacia hidrográfica de campo apresentar apenas um poço de monitoramento, foi possível apenas obter uma informação em escala pontual sobre a recarga do aquífero livre presente. Já, na sub-bacia florestada avaliada em quatro poços de monitoramento, amplia-se a possibilidade de entendimento da dinâmica da sub-bacia hidrográfica. Em 2012 mais quatro poços foram perfurados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comportamento do nível da água subterrânea nos poços monitorados inferiram-se que, a flutuação do nível da água subterrânea ocorreu em ambas sub-bacias. Esta flutuação variou de 1,36 m a 4,52 m no período de estudado (2009/2011).

O uso do método *WTF* para a estimativa de recarga da água subterrânea em aquífero poroso, intergranular livre, pertencente a Zona de Afloramentos do SAG demonstrou fácil aplicabilidade e alcançou resultados satisfatórios.

Em comparação com resultados obtidos em pesquisas de estimativas de recarga subterrâneas já realizadas em zonas de afloramento pertencentes ao SAG, considerou-se que, os resultados obtidos neste

trabalho foram satisfatórios. Agradecimentos a FINEP e ao CNPq/Brasil pelo apoio financeiro.

6 REFERÊNCIAS

- BRASIL/CPRM, 2008. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso: 10 maio 2010.
- BARRETO, C.E.A.G. Balanço hídrico em zona de afloramento do SAG a partir do monitoramento hidrogeológico em bacia representativa. Dissertação de Mestrado. São Carlos, EESC-UPS-SHS.
- DAMBRÓS, C. Recarga e flutuação do nível da água subterrânea em sub-bacias com floresta e campo nativo. Dissertação de Mestrado, PPGE, UFSM, 2011, p.119.
- DAMBRÓS, C.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L. Comportamento do nível da água subterrânea em sub-bacia representativa em área de afloramento do SAG. In: XIV World Water CONGRESS, 2011.
- DE BIASI, M. **A carta clinográfica: Os Métodos de representação e sua confecção.** Revista de Geografia, USP, v.6. São Paulo; 1992, p. 45-60.
- DESCOVI FILHO, L. L.V. **Subsídios para gestão das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria/RS [CD].** Dissertação de Mestrado, PPGE, UFSM, 2010, p.140.
- HEALY, R.W.; COOK, P.G., Using groundwater levels to estimate recharge. **Hydrogeology Journal.** 10, 2002. 91–109 p.
- SILVERIO DA SILVA, J. L.; BAUMHARDT, E; DESCOVI FILHO, L. L.V.; CRUZ, J. C.; DA SILVA, A. S.; MAZIERO, E. Avaliação preliminar da flutuação do nível freático em microbacias representativas. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande, MS, 2009, 15p.
- MARTELLI, G. V. Monitoramento da flutuação e recarga dos níveis da água subterrânea em áreas com exploração das águas superficiais e subterrâneas. Dis. Mestrado, PPGE, UFSM, 2012, p.151.
- MOON, S.; WOO, N. C.; LEE, K. S. Statistical analysis of hydrographs and water-table fluctuation to estimate groundwater recharge. **Journal of Hydrology.** Volume 292. 2004, 198-209 p.
- PAVÃO, A. D. M. Avaliação do índice de vulnerabilidade na bacia hidrográfica do Rio Santa Maria-RS. Dis. Mestrado.PPGE. UFSM, 2004, 112f.
- WAHNFRIED, I; HIRATA, R. Comparação de métodos de estimativa de recarga de aquíferos em uma planície aluvionar na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (São Paulo). **Revista Bras. de Recursos Hídricos.** V. 10. N. 2, abr/Jun 2005, p 15 - 25.
- WENDLAND *et al.* 2007. Balanço hídrico em ZA do SAG a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa. PSAG, 2007.p.139-155.