

ESTIMATIVA DA RECARGA NOS POÇOS DE MONITORAMENTO DO PROJETO RIMAS NO SISTEMA AQUÍFERO PARECIS PELO MÉTODO DE VARIAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA (VNA)

*Marcio Costa Abreu**; *Maurício Gomes Rocha*¹; *Tomaz Edson Vasconcelos*²; *Claudionor Francisco de Souza*³; *Nayhara de Lima Oliveira*⁴; *José Marques dos Santos Neto*⁵; *Amanda Arcanja Gustavo*⁶

Resumo – A estimativa de recarga nos poços de monitoramento do projeto RIMAS localizados no Sistema Aquífero Parecis (SAP) foi realizada pelo método de variação do nível d'água. O SAP é um aquífero livre, poroso, cujas recargas ocorrem diretamente pela infiltração das águas das chuvas. As chuvas se concentram nos meses de setembro a março e os eventos de recarga ocorrem no mesmo período das chuvas nos locais onde a espessura da zona não saturada é menor que 10 m. Nas áreas com espessura da zona não saturada superior a 10 m a elevação dos níveis d'água tende a ser mais lenta, ocorrendo três meses ou mais após o início do período chuvoso. As taxas de recarga variaram entre 111,3 mm no período de setembro/13 a agosto/2014 no poço de monitoramento 5200007151 localizado em Comodoro/MT a 441,7 mm para o período de agosto/13 a julho/14 no poço 5200006101, em Lucas do Rio Verde/MT.

Palavras-chave – recarga águas subterrâneas, Sistema Aquífero Parecis, variação do nível d'água.

ESTIMATE OF GROUNDWATER RECHARGE BY THE WATER TABLE FLUCTUATION (WTF) IN WELLS OF THE RIMAS PROJECT IN SISTEMA AQUÍFERO PARECIS

Abstract – The estimated of groundwater recharge in monitoring wells of RIMAS project locateds in Sistema Aquífero Parecis (SAP) was performed by the water table fluctuation method. The SAP is an unconfined and porous aquifer, and the recharges occur directly for rainfall infiltration. The precipitation are concentrated in the months from September to March and recharges occurs in the same period of rainfall in places where the thickness of the unsaturated zone is less than 10 m. In areas with thick unsaturated zone are greather than 10 m, the rising water table tend to be slower and occurs three months or more after the start of the rainy season. Rates recharge ranged from 111.3 mm from September/13 to August/14 on monitoring well 5200007151, located in Comodoro/MT to 441.7 mm from August/13 to July/14 on monitoring well 5200006101, in Lucas do Rio Verde/MT.

Keywords – groundwater recharge, Sistema Aquífero Parecis, water table fluctuation.

¹ CPRM – Serviço Geológico do Brasil, mauricio.rocha@cprm.gov.br

² CPRM – Serviço Geológico do Brasil, tomaz.vasconcelos@cprm.gov.br

³ CPRM – Serviço Geológico do Brasil, claudionor.souza@cprm.gov.br

⁴ CPRM – Serviço Geológico do Brasil, nayhara.oliveira@cprm.gov.br

⁵ CPRM – Serviço Geológico do Brasil, jmsneto1983@hotmail.com

⁶ CPRM – Serviço Geológico do Brasil, amandagustavo.21@gmail.com

* CPRM – Serviço Geológico do Brasil, marcio.abreu@cprm.gov.br

1. INTRODUÇÃO

A recarga é um dos componentes mais importantes para a caracterização e gestão dos recursos hídricos subterrâneos e é o resultado de um complexo processo, dependente do tipo de clima e das características físicas e biológicas do solo e subsolo (Sophocleous, 1991). A estimativa da taxa, do período e das zonas de ocorrência da recarga é de fundamental importância para o entendimento do fluxo da água subterrânea, a avaliação do transporte de contaminantes, na definição das potencialidades do aquífero, assim como deve ser considerada no estabelecimento das políticas de uso e ocupação do solo em áreas urbanas (Healy, 2010).

Diversas metodologias foram propostas para se determinar a recarga de águas subterrâneas, de forma direta ou indireta, e suas aplicações e limitações podem ser obtidas nos trabalhos de Lerner *et al.* (1990), Sophocleous (1991), De Vries e Simmers (2002), Scanlon *et al.* (2002), Healy e Cook (2002), e Sanford (2002). Segundo Healy e Cook (2002) o método da variação do nível d'água (VNA) é uma técnica amplamente utilizada na avaliação da taxa de recarga, devido principalmente a disponibilidade de dados de nível de água subterrânea e a sua simplicidade de aplicação.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a variação temporal e estimar a taxa de recarga em poços tubulares da Rede Integrada de Monitoramento da Água Subterrânea (RIMAS) inseridos no Sistema Aquífero Parecis (SAP), no Estado do Mato Grosso, a partir de dados de precipitação e a flutuação do nível d'água em seis poços de observação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os poços de monitoramento avaliados estão inseridos no projeto RIMAS do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e suas características construtivas são sucintamente apresentadas na Tabela 1. Foram selecionados os postos pluviométricos e estações climatológicas mais próximos aos poços de monitoramento para avaliar o volume e variação temporal das chuvas. A localização dos instrumentos é apresentada na Figura 1.

Tabela 1 – Características dos poços de monitoramento e identificação das estações e postos pluviométricos

ID	Ø (pol)	Prof. (m)	Filtros (m)		Aquífero Estudado	Município	Estação/Posto	Propr.
			de	até				
5200007038	4	71,5	61	69	Utiariti	Comodoro/MT	1359001	ANA ¹
5200007150	4	76	62	72	Utiariti	Comodoro/MT	1359001	ANA
5200007151	4	72	58	68	Utiariti	Comodoro/MT	1359001	ANA
5200006101	4	51	38	42	Salto das Nuvens	Lucas do Rio Verde/MT	5200006101	CPRM
5200007040	4	68	55,5	63,5	Salto das Nuvens	Nova Maringá/MT	1357000	ANA
5200006100	4	52	43,5	47,5	Ronuro	Sinop/MT	5200006100	CPRM
5200007034	4	62	24	30	Ronuro	São José do Xingu/MT	1052000	ANA

ID: identificação do poço de monitoramento; Ø: diâmetro do poço de monitoramento; Prof.: profundidade total; Prop.: proprietário do instrumento; 1: Agência Nacional de Águas – ANA.

As medições dos níveis d'água foram realizadas através de medidores automáticos de nível com intervalo de registro de 60 minutos. As curvas de variação do nível d'água foram elaboradas a partir da mediana diária dos registros e os dados estão disponíveis eletronicamente no sítio do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2015).

Os poços de monitoramento avaliados estão inseridos no Sistema Aquífero Parecis (SAP), que aflora na porção centro norte do Estado do Mato Grosso e sudeste de Rondônia. O SAP é constituído pelas rochas das formações Utiariti e Salto das Nuvens, que formam o Grupo Parecis (BAHIA, 2007), de idade mesozóica e pela Formação Ronuro, do Cenozóico. Essas rochas podem ser localmente recobertas por sedimentos quaternários.

O SAP é um aquífero poroso, isotrópico, de extensão regional, constituído por sucessões de arenitos finos a médios, conglomeráticos, e níveis de arenitos silicificados e pelitos. A zona não saturada desse reservatório é constituída por coberturas inconsolidadas neógena-quaternária, as quais, associadas ao relevo, controlam os mecanismos de recarga (SILVA, 2013). A autora classifica o aquífero em dois subsistemas, livre e confinado.

A espessura saturada média é da ordem de 150 m e se destaca em termos de potencialidade com reserva explotável de aproximadamente 1.460 m³/s (MATO GROSSO, 2009). Estudos conduzidos pela ANA (2013) indicam recarga potencial direta da ordem de 5.340 m³/s e reserva potencial explotável de 1.068 m³/s, para uma área aflorante de 206.425 km².

O Aquífero Salto das Nuvens corresponde a porção basal do Grupo Parecis, é do tipo livre de meio poroso, com extensão localizada, espessura variada e as melhores condições estão associadas aos conglomerados e arenitos (MIGLIORINI ET AL., 2006, in SILVA, 2013). As vazões dos poços inseridos nesse aquífero variam entre 0,77 e 110,97 m³/h, com média de 20,48 m³/h e a vazão específica média é de 2,0 m³/h/m (CPRM, 2012).

O Aquífero Utiariti constitui a porção superior do Grupo Parecis, normalmente recoberto por sedimentos inconsolidados, é livre em meio poroso, com boas condições de armazenamento e circulação das águas subterrâneas (MIGLIORINI ET AL., 2006, in SILVA, 2013). As vazões dos poços inseridos nesse aquífero variam entre 2,28 e 158,40 m³/h, com média de 20,95 m³/h e a vazão específica média é de 1,77 m³/h/m (CPRM, 2012).

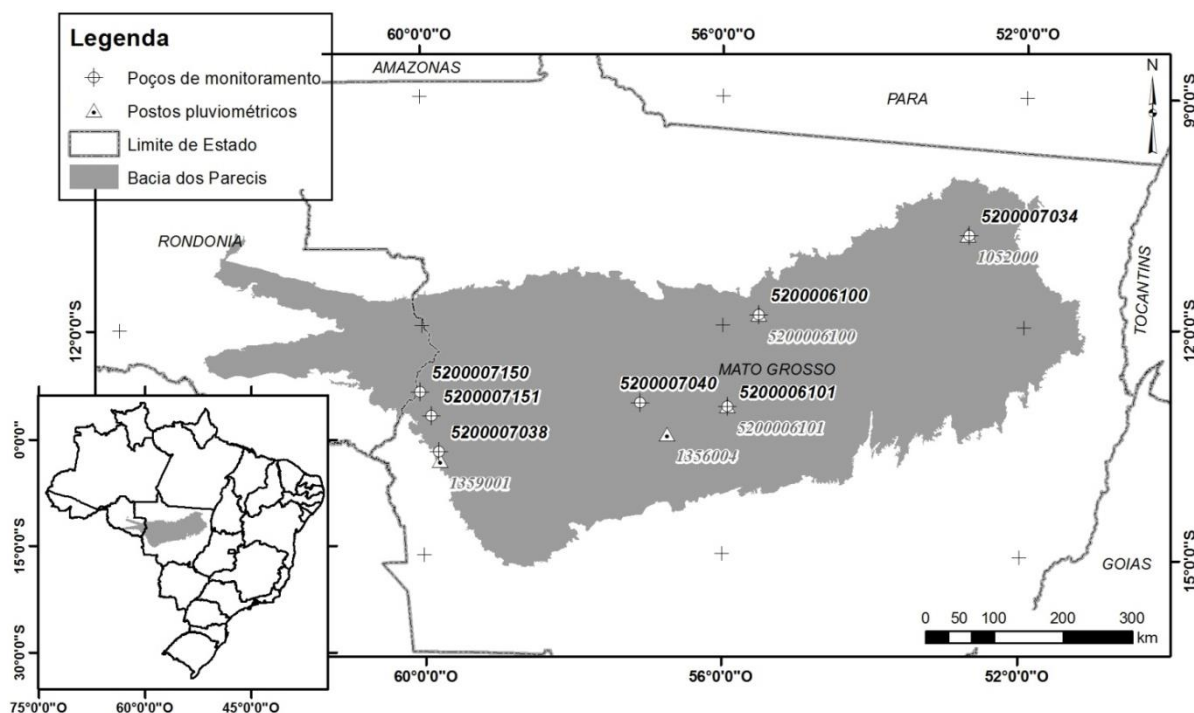


Figura 1 - Localização dos poços de monitoramento, estações climatológicas e postos pluviométricos

O Aquífero Ronuro exerce importante função de recarga dos aquíferos subjacentes, além da alimentação do sistema hidrológico do Alto Xingu (CPRM, 2012). As vazões de exploração variam desde 1 até 105 m³/h, com média de 10,42 m³/h e vazão específica de 1,5 m³/h/m (CPRM, 2012).

A condutividade hidráulica vertical na zona não saturada foi estimada por Silva (2013) na região do município de Sinop, e varia entre 10⁻⁴ e 10⁻⁶ m/s na superfície e de 10⁻⁶ a 10⁻⁸ m/s em profundidade. Já os estudos de Cajazeiras *et al.* (2013) realizados nos municípios de Vilhena/RO e Comodoro/MT indicaram condutividade hidráulica vertical variando entre 10⁻⁷ a 10⁻⁶ m/s. A condutividade hidráulica na zona saturada varia entre 10⁻¹ a 10⁻⁸ m/s, com mediana de 10⁻⁶ m/s (SILVA, 2013). Cutrim (2010) obteve valores de condutividade hidráulica da ordem de 10⁻⁶ m/s no município de Lucas do Rio Verde/MT.

A estimativa da taxa de recarga pela metodologia da VNA é realizada usando dados da flutuação dos níveis d'água (NA) ao longo do tempo e se baseia na premissa de que o aumento no NA em aquíferos livres é resultante da água precipitada que atinge a superfície freática através do processo de infiltração (HEALY e COOK, 2002; SCANLON ET AL., 2002). A grande vantagem dessa metodologia é a sua simplicidade, pois não são considerados os mecanismos de transporte que regem a passagem de água na zona não saturada. Assume ainda que todos os demais componentes do balanço hídrico (fluxo de base, evapotranspiração da água subterrânea e entradas e saídas para outras bacias) são nulos durante a recarga (SOPHOCLEOUS, 1991; HEALY e COOK, 2002). A equação é dada por:

$$R = S_y \frac{dh}{dt} = S_y \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (1)$$

Onde R é a recarga (L/T), S_y é o coeficiente de rendimento específico (*specific yield*) adimensional, h é a altura do nível d'água (L) e t é o tempo (T).

A equação 1 foi aplicada em cada episódio de elevação do nível d'água no período avaliado, obtendo-se dessa maneira a recarga total ou bruta, conforme definido por Healy e Cook (2002). A variação do NA (Δh) corresponde a diferença entre o pico de elevação e o ponto mais baixo da curva de recessão extrapolada até o momento do pico, conforme apresentado na figura 2.

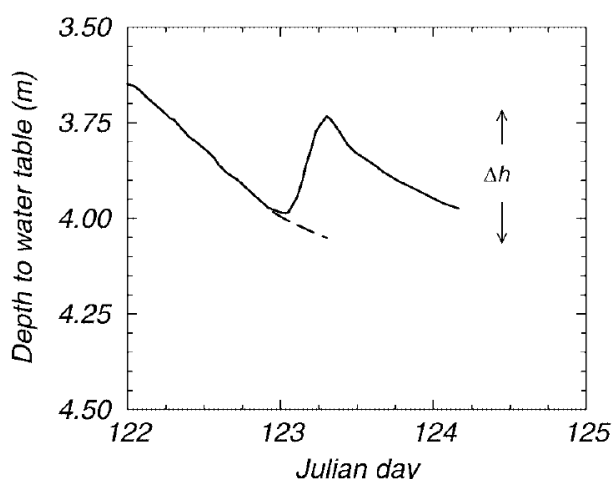


Figura 2 – Determinação de Δh a partir da extrapolação da curva de recessão antecedente ao pico de elevação a partir de uma variação do NA hipotética (HEALY e COOK, 2002)

Entre os parâmetros utilizados para estimar a recarga por esse método o de mais difícil obtenção é o coeficiente de vazão específica ou rendimento específico (*specific yield* - S_y) o qual

representa a razão do volume de água em um meio saturado que pode ser retirado pela ação da gravidade pelo seu volume total (FREEZY e CHERRY, 1979). Na literatura não foram encontrados valores de S_y para o SAP, dessa maneira, foi adotado neste trabalho o valor de 7%, que corresponde à média de S_y para os materiais areno-argilosos determinada por Jonhson (1967 *in* HEALY e COOK, 2002), que é a granulometria que predomina na descrição dos perfis dos poços e na literatura.

3. RESULTADOS

Nas estações climatológicas e postos pluviométricos avaliados as chuvas se concentram principalmente no período entre outubro e março, com ocorrência de estiagem nos demais meses e os menores volumes precipitados em julho e agosto (figura 3). Considerando-se o ano hidrológico como o período entre agosto e julho, o maior volume de chuvas ocorreu de agosto/2013 a julho/2014, com 2.195 mm acumulados na estação climatológica 5200006101, localizada no município de Lucas do Rio Verde/MT, e o menor valor foi de 1.534 mm (agosto/11 a julho/12) na estação 5200006100, em Sinop/MT (tabela 2).

Tabela 2 - Estimativa das taxas de recarga nos poços de monitoramento avaliados

PM	Aquífero	Período	P	Δh	R	
			(mm)	(m)	(mm/ano)	(%) ¹
5200007038	Utariiti	Set/13 a Ago/14	1.761	3,18	222,6	13%
5200007150	Utariiti	Set/13 a Ago/14	1.761	3,89	272,3	15%
5200007151	Utariiti	Set/13 a Ago/14	1.761	1,59	111,3	6%
5200006101	Salto das Nuvens	Ago/11 a Jul/12	1.852	6,08	425,6	23%
		Ago/12 a Jul/13	1.719	4,72	330,4	19%
		Ago/13 a Jul/14	2.195	6,31	441,7	20%
5200007040	Salto das Nuvens	Ago/12 a Jul/13	1.403	2,39	167,3	12%
5200006100	Ronuro	Ago/11 a Jul/12	1.534	5,94	415,8	27%
		Ago/12 a Jul/13	2.086	4,35	304,5	15%
5200007034	Ronuro	Ago/12 a Jul/13	2.062	2,29	160,3	8%

PM: poço de monitoramento; P: precipitação; Δh : somatória da variação no armazenamento subterrâneo; R: recarga; 1: porcentagem da recarga em relação as chuvas.

Entre os poços de monitoramento avaliados, os que possuem os níveis d'água mais rasos (5200006101 e 5200006100), ou seja, menor espessura da zona não saturada, apresentaram respostas rápidas aos eventos de precipitação, com elevação dos níveis d'água coincidente com os meses mais chuvosos (figura 3). Nos demais poços a elevação dos níveis d'água foi mais lenta, ocorrendo três meses ou mais após o início das chuvas e, nestes poços, os picos de elevação ocorreram apenas no período de estiagem (figura 3). Outros fatores além da espessura da zona não saturada podem estar influenciando no padrão de variação dos níveis d'água dos poços e se faz necessária uma análise mais consistente para identifica-los e se obter um melhor conhecimento do aquífero.

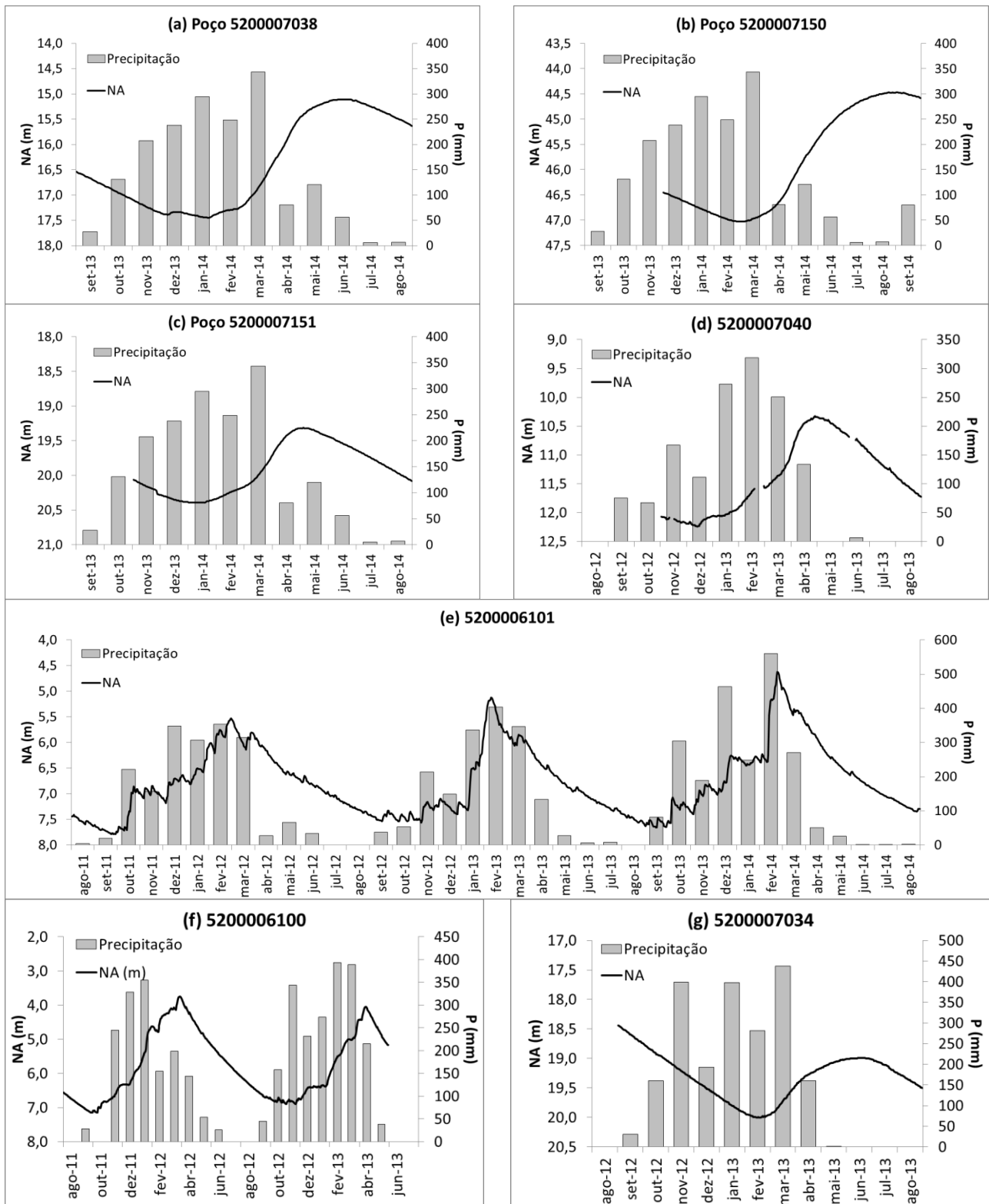


Figura 3. Variação dos níveis d'água nos poços de monitoramento e precipitação observada no instrumento mais próximo ao poço

A variação no armazenamento subterrâneo foi entre 1,59 m (setembro/13 a agosto/14) no poço de monitoramento 5200007151, localizado no Aquífero Utiariti e 6,31 m (agosto/13 a julho/14) no poço 5200006101, no Aquífero Salto das Nuvens.

As taxas de recarga observadas variaram entre mínimo de 111,3 mm/ano no poço 5200007151 para o período entre setembro/13 e agosto/14 e máximo de 441,7 mm/ano no poço 5200006101 entre agosto/13 a julho/14 (tabela 2). Analisando as unidades aquíferas individualmente, a maior taxa média de recarga foi observada no Aquífero Salto das Nuvens, com 18,5% da precipitação. A menor média de recarga ocorreu no Aquífero Utiariti, com 11,3% do volume de chuvas e o Aquífero Ronuro apresentou média de recarga de 16,7% em relação as chuvas observadas.

4. CONCLUSÕES

A recarga direta do aquífero livre, determinada utilizando-se o método da variação do nível d'água (VNA), em seis poços de monitoramento do projeto RIMAS instalados no Sistema Aquífero Parecis (SAP) variou desde 111,3 mm/ano no período entre setembro/13 a agosto/14 até 441,7 mm/ano entre agosto/13 a julho/14.

Nos poços de monitoramento onde a profundidade do nível d'água em relação a superfície é menor, ou seja, a espessura da zona não saturada é menor, os eventos de recarga ocorreram praticamente no mesmo instante do início das chuvas, enquanto que nos locais onde a zona não saturada é mais espessa a resposta do aquífero às chuvas é mais lenta.

O Aquífero Salto das Nuvens foi o que apresentou maior taxa de recarga média, de 18,5% do volume de chuva, no Aquífero Ronuro a taxa de recarga média foi de 16,7% e no Aquífero Utiariti foi de 11,3%.

É de fundamental importância a continuidade do monitoramento dos níveis d'água no SAP, de forma a se obter uma série histórica maior, o que permite uma melhor avaliação das taxas de recarga ao longo do tempo, servindo como informação para a implantação de políticas de gestão sustentável para esse importante aquífero da região. Recomenda-se também a determinação do S_y para o SAP, para que as estimativas de recarga possam ser refinadas.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. (2013). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2013*. Brasília – DF.
- BAHIA, R.B.C. 2007. Evolução tectonossedimentar da Bacia dos Parecis-Amazônia. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Ouro Preto.
- CAJAZEIRAS, C.C.A.; PEREIRA, L.A.C.; MOURÃO, M.A.A.; NÓBREGA, M.; BARBOSA, F.A.R. (2013). Avaliação da condutividade hidráulica da zona insaturada do Sistema Aquífero Parecis em Vilhena (RO). In *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. ABRH.
- CUTRIM, A.O. (2010). Caracterização hidrogeológica do Grupo Parecis no município de Lucas do Rio Verde (MT). In *Anais do XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços*, São Luis.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. (2012). *Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Aquíferos Ronuro, Salto das Nuvens e Utiariti no Estado do Mato Grosso, Bacia Sedimentar dos Parecis*.

_____. (2015). Rede Integrada de Monitoramento da Água Subterrânea - RIMAS. Disponível em www.cprm.gov.br (acessado em 30/03/2015).

HEALY, W. R. (2010). *Estimating Groundwater Recharge*. Cambridge: Cambridge University Press.

HEALY, R. W.; COOK, P. G. (2002). Using groundwater levels to estimate recharge. *Hydrogeology Journal* 10, 91–109.

DE VRIES, J.J.; SIMMERS, I. (2002). Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. *Hydrogeology Journal*, 10, 5-17.

FREEZE, R.A.; CHERRY, J.A. (1979). *Groundwater*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

JOHNSON, A.I. (1967). Specific yield – compilations of specific yields for various materials. *US Geol. Surv. Water Supply. Paper 1662-D*.

LERNER, D. N., ISSAR, A. S. AND SIMMERS, I., (1990). *Groundwater Recharge: A Guide to Understanding & Estimating Natural Recharge*. International Association of Hydrogeologists, Hannover.

MATO GROSSO. (2009). *Plano Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso*. SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Cuiabá. KCM Editora. Disponível em www.sema.mt.gov.br (acessado em 31/03/2015).

MIGLIORINI R.B., BARROS M.S.A., APOETIA L.F.M, SILVA J.J.F. (2006). Diagnóstico preliminar das principais Províncias Hidrogeológicas do Estado de Mato Grosso: Uma proposta de mapa hidrogeológico de reconhecimento. In *Recursos Hídricos de Mato Grosso*. Fernandes C.J & Viana R.R. (eds.) Coletânea Geológica de Mato Grosso, 3, Ed. UFMT, p.:37- 49.

SANFORD, W. (2002). Recharge and groundwater models: an overview. *Hydrogeology Journal*, 10:110-120.

SCANLON, B. R., HEALY, R. W., COOK, P. G. (2002). Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. *Hydrogeology Journal*, 10(1): 18-39.

SILVA, T.M.G. (2013). Caracterização do Sistema Aquífero Parecis na região centro-norte do Estado de Mato Grosso: Subsídios para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. Instituto de Geociências.

SOPHOCLEOUS, M. A. (1991). Combining the soilwater balance and water-level methods to estimate fluctuation methods to estimate natural groundwater recharge: practical aspects. *Journal of Hydrology*, 124, 229-241.