

MONITORAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM POÇO RASO EM ZONA DE AFLORAMENTOS DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI, ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

¹**JOSÉ LUIZ SILVÉRIO DA SILVA* & ²*JOSÉ ASTÉRIO ROSA DO CARMO*

Resumo –

O presente trabalho apresenta resultados de estudos de variabilidade na concentração da Condutividade Elétrica em três poços de monitoramento situados na zona de afloramentos (ZA) do Sistema Aquífero Guarani/SAG no Município de Itaara, Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, na Borda da Bacia Sedimentar do Paraná. Foi realizada uma avaliação em toda a coluna de águas utilizando freafímetro sonoro TLC capaz de medir simultaneamente a Temperatura da água, o Nível e a Condutividade Elétrica. O período de avaliação foi oito meses, tomando-se o período entre 05/09/2012 a 09/04/2013. A variabilidade da C.E. foi de 37,2 até 58,8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no Poço P(05), de 49,20 até 58,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no Poço P(06) e de 260,0 até 376,10 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no Poço P(07) situado na Planície Aluvial. Os três poços de monitoramento estão situados em diferentes posições na paisagem penetrando a mesma unidade hidroestratigráfica Caturrita, constituída de arenitos argilosos, de paleoambiente fluvial pertencente ao Aquífero Sant Maria. Também observou-se uma flutuação do nível estático registrado nos poços indicando um Balanço Hídrico positivo, portanto uma infiltração de águas de precipitações pluviométricas. Estas são capazes de lixiviar cátions e ânions de minerais primários como feldspatos e de minerais acessórios como os argilominerais de elevada Capacidade de Troca de Cátions.

Palavras-Chave – poços de monitoramento, aquífero livre, SAG.

MONITORING ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN SHALLOW WELLS IN OUTCROPS ZONE OF THE GUARANI AQUIFER SYSTEM, RIO GRANDE DO SUL STATE

Abstract – This paper presents results of studies of variability in the concentration of Electrical Conductivity in three monitoring wells located in the Outcrop zone (ZA) of the Guarani Aquifer System/ GAS in the City of Itaara, Central Region of Rio Grande do Sul, in Edge the Paraná Sedimentary Basin. An assessment throughout the groundwater column using TLC Solinst it is ideal for profiling conductivity and temperature in wells and open water. The evaluation period was eight months, taking the period from 05/September/2012 to 09/April/2103. The variability of EC was 37.2 to 58.8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ in Well (P05), from 49.20 to 58.5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ in (P06) and 260.0 to 376.10 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ in the well (P07) located in the Flood Plain. The three monitoring wells are located in different positions in the landscape. They penetrating Caturrita hydrostratigraphic unit, consisting of argillaceous sandstones, fluvial paleoenvironment of belonging to Santa Maria Aquifer. Also there was a water-table level recorded in wells displaying a positive water balance, so an infiltration of rainfall waters. These are able to leach cations and anions of primary minerals such as feldspars and accessory minerals such as clay minerals with high Cation Exchange Capacity.

Keywords – monitoring wells, unconfined aquifer, GAS.

INTRODUÇÃO

Uma vez que a água subterrânea é uma parte essencial do Ciclo Hidrológico e que desempenha um importante papel nas características do ambiente e na conservação da biodiversidade. Caracteriza-se pelo longo tempo de residência, ubiquidade e pequena variabilidade. Suas características e propriedades químicas e de fluxo têm de ser consideradas levando em conta a tridimensionalidade do sistema. O fluxo estável e as propriedades químicas pouco variáveis têm um papel fundamental nos processos geológicos e biológicos e consequentemente têm importantes implicações ambientais, como na manutenção de vazões de base de rios e mananciais, pântanos, comunidades de plantas freatófitas e matas de galeria Custódio e Silva Junior (2008).

¹ Afiliação: Professor do Departamento de Geociências e PPGE/PPGEAMB/CT/UFSM, silveriufsm@gmail.com

² Afiliação: Acadêmico do PPGEAMB/UFSM, asteriorosa@gmail.com

De acordo com o Mapa Hidrogeológico da CPRM (1994) a precipitação média anual na região de Santa Maria é de 1.769mm, e os meses de maio, junho e setembro são os mais chuvosos, enquanto que os meses de novembro e dezembro são os mais secos. O Balanço Hídrico realizado estimou uma evapotranspiração de 836mm, equivalente a cerca de 47% da precipitação média anual. Os aquíferos são alimentados no intervalo de abril a setembro, havendo depleção num longo período entre (outubro-março), quando os aquíferos complementam a vazão dos rios. O tipo de Clima predominante é Cfa de acordo com a classificação de Köpen, caracterizado como subtropical úmido, com chuvas distribuídas em todos os meses do ano.

Trabalhos de mapeamento geológico foram realizados na área de estudo por Gaspareto et al. (1990), Maciel Filho (1990). A Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais/CPRM executou um mapa hidrogeológico da Folha de Santa Maria incluindo a área de estudo no Grupo Rosário do Sul, Formação Sanga do Cabral, Formação Santa Maria (Membro Passo das Tropas, arenoso e Membro Alemoa siltitos argilosos maciços) e a Formação Caturrita. Estas unidades hidroestratigráficas compõem o Aquífero Santa Maria (Machado e Freitas, 2005). Outros estudos relativos a captações por poços tubulares realizados na região de Santa Maria foram realizados por Giardin e Faccini (2004).

O presente tem como objetivo apresentar dados de variabilidade na Condutividade Elétrica da água subterrânea em poço de monitoramento instalado na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí e Vacacaí-Mirim Zona de Afloramentos do SAG.

Este estudo apresenta resultados parciais obtidos em 12 campanhas de medições de Condutividade Elétrica (C.E.) em um período de oito meses, entre 05/09/2012 até 09/04/2013 (primavera-verão-outono) no sul do país.

Estimativas de flutuação do nível da água subterrânea em poços de monitoramento têm sido executadas por diversos autores. Especialmente na (Zona de Afloramentos)/(ZA) do Sistema Aquífero Guarani/SAG OEA/PEA (2009), no Ribeirão da Onça, em São Carlos Estado de São Paulo. Foram aplicadas a terrenos com diversos tipos de cultivos agrícolas, incluindo os eucaliptos Wendland *et al.* (2007); Gomes (2008); Wendland e Rabelo (2009); Lucas *et al.* (2012a), Lucas *et al.* (2012b).

A sequência de arenitos da (ZA) do SAG, no Estado do Rio Grande do Sul foi estudada na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Vacacaí-Mirim Farias (2011), usando o método *WTF* em estimativas de recarga subterrânea usando três poços de monitoramento. Já na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, trabalharam Silvério da Silva *et al.* (2009), Dambrós (2011), Dambrós e Silvério da Silva (2011), Baumhardt *et al.* (2012), Silvério da Silva e Dambrós (2012) e Martelli (2012).

O Mapa Hidrogeológico da CPRM (1994) apresenta uma precipitação média anual na região de Santa Maria de 1.769mm, sendo os meses de Maio, Junho e Setembro os mais chuvosos, enquanto que os meses de Novembro e Dezembro são os mais secos. O Balanço Hídrico realizado estimou uma evapotranspiração de 836mm, equivalente a cerca de 47% da precipitação média anual. Os aquíferos são alimentados no intervalo de Abril a Setembro, havendo depleção num longo período entre (Outubro-Março), quando os aquíferos complementam a vazão dos cursos de água. O tipo de Clima predominante é Cfa na classificação de Köpen, caracterizado como subtropical úmido, com chuvas distribuídas em todos os meses do ano.

Na área do estudo existe uma Estação Hidrometeorológica Rancho do Amaral que faz parte do PROJETO INTEGRA - Disponibilidade Hídrica para Aplicação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos” onde estão sendo desenvolvidas diversas dissertações de mestrado PPGEAMB/UFSM. Já Moreno, 1961 estima uma precipitação média anual para a área do estudo na faixa de valores de 1.700 a 1.800 mm. As normais climatológicas da área de estudo podem ser observadas em: www.lce.esalq.usp.br/angelocci/NORMAIS.xls.

Trabalhos de mapeamento geológico foram realizados na área de estudo por Gaspareto et al. (1990), Maciel Filho (1990). A Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais/CPRM executou um mapa hidrogeológico da Folha de Santa Maria incluindo a área de estudo no Grupo Rosário do Sul, Formação Sanga do Cabral, Formação Santa Maria (Membro Passo das Tropas, arenoso e Membro Alemoa siltitos argilosos maciços) e a Formação Caturrita. Estas unidades hidroestratigráficas compõem o Aquífero Santa Maria (Machado e Freitas, 2005). Outros estudos relativos a captações por poços tubulares realizados na região de Santa Maria foram realizados por Giardin e Faccini (2004).

Durante os anos de 2010 foram perfurados três poços de monitoramento de nível da água na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacai-Vacacaí-Mirim (G-60) SEMA/DRH (2004), Região Hidrográfica do Guaíba-G.

Sendo o poço de monitoramento de nível de água, P(05) com profundidade de cerca de 31m situa-se em cota altimétrica mais elevada 231,131m, na Microbacia Rancho do Amaral com área de 4,45km², enquanto os poços (P06) na profundidade de 20m e cota 214,984m e o (P07) de profundidade 15 m, em cota altimétrica de 192,810m estão localizados na Microbacia Rincão do Soturno com área de 11,98 km² Farias (2011), localizadas no Município de Itaara, na zona de transição entre a Depressão Central e os derrames de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral que compõem o Rebordo do Planalto da Serra Geral. A área do estudo situa-se na zona de transição da borda da Bacia Sedimentar do Paraná, na Zona de Afloramentos (ZA) e Zona de Confinamento (ZC) do Sistema Aquífero Guarani/SAG OEA/PEA/SAG (2009). As duas microbacias são contíguas e inserem-se na Bacia Hidrográfica Rio Vacacaí-Vacacaí-Mirim (G-60) SEMA/DRH/2004.

Este trabalho visa apresentar a variabilidade na Condutividade Elétrica e do nível da água subterrânea em três poços de monitoramento situados na (ZA) do SAG, em aquífero livre, num período de oito meses na transição entre a (ZA) e (ZC) do SAG.

MATERIAL E MÉTODOS

A área do estudo localiza-se no município de Itaara, na Depressão central do Estado do Rio Grande do Sul, ao Norte do Município de Santa Maria. Está situada no fuso 22 J entre as coordenadas UTM 226763 e 229500 m E e 6716800 m e 6721831 m N. As coordenadas bem como as cotas altimétricas da boca dos poços de monitoramento foram obtidas com uso de GPS Topográfico Farias (2011). Adotou-se como datum horizontal SAD 69 e datum vertical o Porto de Imbituba/Santa Catarina.

Apresenta resultados obtidos em três poços de monitoramento (P05), (P06) e (P07) perfurados no ano de 2010, com diâmetro interno de 60 mm em tubo PVC, sendo os primeiros dois metros cimentados com argila bentonítica, e os restante da coluna de revestimentos é ranhurada transversalmente, construídos de acordo com as normas técnicas ABNT NBR 15495-1/2007 e Gonçalves *et al.* (2007).

Os três Poços de monitoramentos (P5), (P06) e (P07), penetraram rochas sedimentares arenosas siliciclásticas, pertencentes a unidade hidroestratigráfica Caturrita, formando aquífero poroso, intergranular livre Machado e Freitas (2005), Farias (2011).

Instalou-se nos três poços medidores de nível da água, denominados *Levellogger*, e um transdutor de pressão atmosférica *Barologger*. Juntamente com cabos de transmissão e programa específico para as leituras em microcomputador via cabo USB, os dados foram registrados automaticamente em hora cheia. Os registros em campo tiveram uma frequência quinzenal. Para avaliar a precisão das medidas também se usou um freatímetro sonoro TLC Solinst, de cabo de

100m. Este aparelho registra o T=Temperatura da água, bem como o L=*Level* ou nível da água subterrânea e o C= C.E.. Foram executadas medições em toda a coluna de água, registrada de metro em metro a C.E em ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e a temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$). Foram executadas até o presente momento cerca de oito campanhas de medições. Buscou-se com este procedimento encontrar flutuações de nível da água, bem como variações na C.E. e na Temperatura em toda a coluna de cada poço de monitoramento. Realizou-se uma calibração do freatímetro TLC, com uso de um Condutivímetro Hanna HI 933000 e um termômetro.

Estes três parâmetros vem sendo monitorados desde 05 de Setembro de 2012, portanto ilustra um período de cerca de oito meses, até 09/04/2013. Buscou-se ainda identificar possíveis influências no posicionamento dos poços em relação a paisagem natural, uma vez que as rochas reservatório são as mesmas nas duas microbacias avaliadas.

A Condutividade Elétrica é a medida da facilidade de uma água conduzir a corrente elétrica e está diretamente ligada com o teor de sais dissolvidos sob a forma de íons. A unidade de medida da condutância é o Mho, inverso do Ohm, unidade de resistência elétrica. Os valores da condutividade para as águas subterrâneas são referidos ao milionésimo do Mho/cm, ou seja, microMho/cm ($\mu\text{Mho}/\text{cm}$ a uma temperatura padrão de 25°C). A condutividade aumenta com a elevação da temperatura, por isso é necessário anotar a temperatura de referência da água amostrada. Mede-se com a condutivímetro portátil no local de amostragem, em geral, com um erro menor que 5%. Nos modernos condutivímetros, os valores da (C.E.) já estão corrigidos de acordo com a temperatura Santos (2008).

Em relação aos aspectos fisiográficos e climatológicos o relevo da área é acidentado, constituído de fortes ondulações, apresentando vales profundos e ainda conta com cobertura de mata nativa remanescente, onde correm os cursos de água constituintes do sistema de drenagem das microbacias Feltrin (2009).

Na região domina o clima do tipo Cfa de Köppen, caracterizado como subtropical úmido, com chuva durante todos os meses do ano. Sendo a precipitação média anual de 1.769 mm, e os meses de maio, junho e setembro são geralmente os mais chuvosos, enquanto os meses de novembro e dezembro são os mais secos. Pela análise do Balanço Hídrico estima-se para a região uma evapotranspiração real de 836mm, equivalente a cerca de 47% da precipitação média anual. Os aquíferos são alimentados de abril-setembro, havendo depleção num longo período (outubro a março) quando então os aquíferos complementam a vazão dos rios CPRM (1994). Porém, Farias (2010) registrou na Microbacia Rancho do Amaral uma precipitação anual de cerca de 2.236,8 mm/ano, Bacia (G-60) SEMA/DRH/2009.

As litologias penetradas pertencem a Formação Caturrita, do Grupo Rosário do Sul, da Era Mesozóica, Período Triássico-Jurássico. Constitui-se de arenitos médios a finos, com estratificação cruzada acanalada e planar, intercalada com siltitos argilosos, dispostos em lentes interdigitadas, podendo conter bolas de argila, de paleoambiente de rios meandrantés. Forma um aquífero contínuo de grande extensão, livre e/ou semi-confinado. Apresenta uma permeabilidade alta a média, com água doce de boa qualidade. Em áreas planas os poços tubulares de grande diâmetro produzem excelentes vazões CPRM (1994). O contato superior, na área do estudo, dá-se com os derrames de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e o contato inferior com a sequência de arenitos pertencentes a Formação Santa Maria, constituída por duas unidades Hidroestratigráficas (Passo das Tropas, aquífero) e (Alemoa um aquíclode). Atualmente Machado e Freitas (2005) consideram esta sequência deposicional como formadora do Aquífero Santa Maria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de oito campanhas de medições a C.E. variou entre um mínimo de 37,2 a 58,8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no Poço (P05), de 49,2 a 58,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no poço (P06) e de 260,0 até 376,10 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no Poço (P07). A figura 1 ilustra a distribuição da variabilidade na C.E. no conjunto dos três poços avaliados, situados em diferentes posições na paisagem, penetrando aquífero poroso, livre unidade hidroestratigráfica Caturrita na (ZA) do SAG OEA/PEA/2009. Informa-se que o (P07), aquele que apresentou uma maior amplitude de valores, está situado em posição altimétrica inferior na paisagem 192,810m, na planície aluvial, podendo receber contribuições laterais de cátions e/ou ânions do meio poroso intergranular. Para executar este gráfico os valores de toda a coluna registrados foram informados como um valor médio, representativo de cada uma das campanhas de medições.

Melfi e Pedro (1978) consideram um Balanço Hídrico positivo quando a precipitação média anual supera a evapotranspiração, assim de acordo com resultados da CPRM (1994) que estimou um a precipitação média anual em 1.769mm e uma evapotranspiração de 836mm. Pode-se dizer que ocorre uma recarga subterrânea e portanto há um movimento de descendente da água de infiltração no meio poroso, devido a ação da força gravitacional, o que favoreceria a lixiviação de cátions e ânions de minerais formadores de solos e/ou rochas sedimentares como os feldspatos, os plagioclásios, os argilominerais. Estes seriam responsáveis pela variabilidade na C.E. da água subterrânea. Uma vez que ocorre contato superior entre as formações geológicas (Serra Geral composta, de rochas basálticas contendo plagioclásios Calco-Sódicos) e os arenitos da Formação Caturrita, contendo além de quartzo, feldspatos potássicos e outros minerais primários e argilominerais (esmectitas, ilitas) acessórios, estes poderiam servir de fonte de cátions alcalinos e alcalino-terrosos para as águas superficiais e/ou subterrâneas.

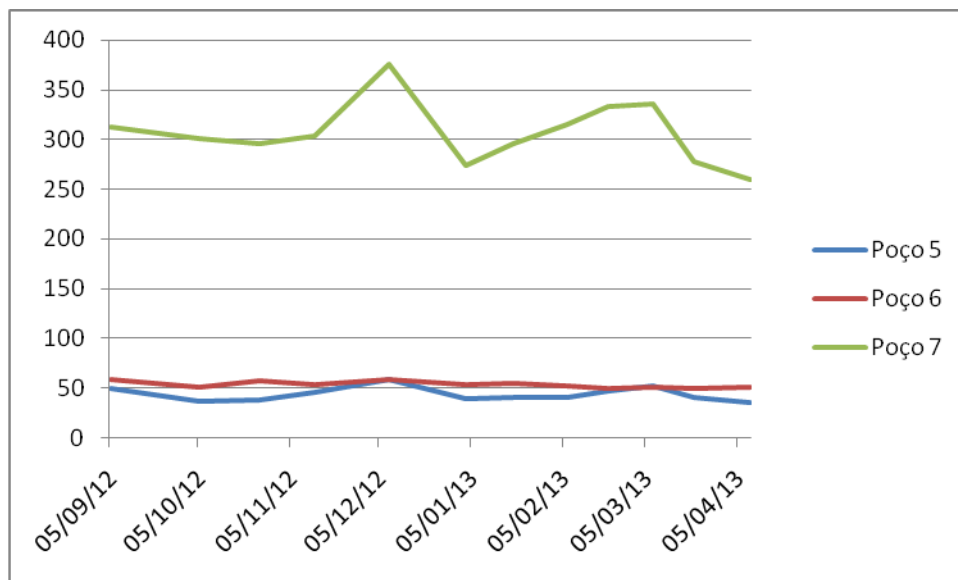


Figura 1-Distribuição da variabilidade na C.E., 3 poços avaliados, Itaara/RS.

A figura 2 apresenta a variabilidade na flutuação dos níveis de água subterrânea nos três poços, indicando que houve recarga direta a partir das precipitações pluviométricas, portanto a água infiltrada teve como resposta um Balanço Hídrico positivo. Notar que o (P05) situado em posição altimétrica mais elevada na paisagem foi aquele que apresentou as maiores flutuações enquanto o

(P07) foi aquele que apresentou a menor faixa de flutuação. Resultados semelhantes já haviam sido registrados por Farias (2011) para os mesmos poços, usando o Método *Water Table Fluctuation/WTF* Healy e Cook (2002), Scanlon *et al.* (2002). Estas foram estimadas no período por ele avaliado de: 833,0 mm no (P05); 746,2 mm no (P06) e de apenas 467,2 mm (P07). Deve-se informar que o (P07), encontra-se situado na Planície Aluvial, próximo de uma via secundária de acesso de veículos leves, onde se observa nos afloramentos dos arenitos reservatório que estes permanecem saturados durante todo ano.

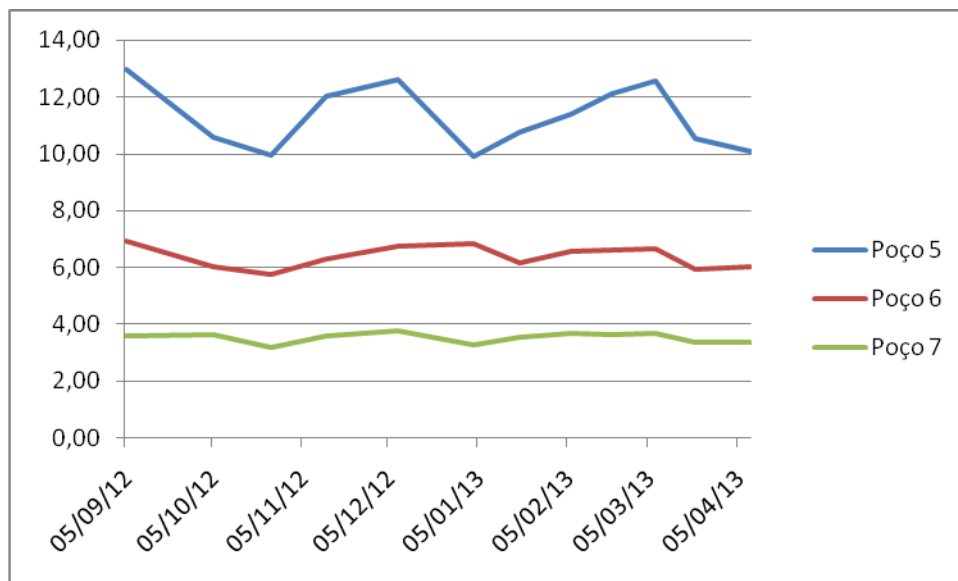


Figura 2- Variabilidade na flutuação dos níveis de água subterrânea 3 poços, Itaara,RS.

CONCLUSÕES

Realizou-se um registro histórico da flutuação do nível da água subterrânea em poços de monitoramento em Zona de Afloramentos do Sistema Aquífero Guarani indicativos de recarga subterrânea a partir de precipitações pluviométricas.

Identificou-se em poços rasos de monitoramento a existência de variabilidade sazonal na Condutividade Elétrica na coluna de água, em diferentes posições na paisagem.

A avaliação da flutuação dos níveis de água subterrânea indicaram um balanço hídrico positivo, ocorrendo infiltração de águas de chuvas em Zona de Afloramentos do SAG, em aquífero poroso, intergranular, livre pertencente à unidade hidroestratigráfica Caturrita, Aquífero Santa Maria.

REFERÊNCIAS

- BAUMHARDT, E.; PAULA, S. C.; MAZIERO, E.; CRUZ, J.C.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L. (2012). O uso do *Water Table Fluctuation-WTF* como estimativa de recarga direta em microbacias sob diferentes usos do solo. In: Anais do XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE. ABRH, v. 1., p. 1-17.
- CPRM (1994). Mapa hidrogeológico da Folha de Santa Maria, RS. Escala 1:100.000.
- CUSTÓDIO, E.; SILVA JUNIOR, C. G. (2008). Conceptos básicos sobre o papel ambiental das águas subterrâneas e os efeitos de sua exploração. *Boletín Geológico y Minero*. 119 (1) 93-106.
- DAMBRÓS, C. (2011). Recarga e flutuação do nível da água subterrânea em sub-bacias com florestas e campo nativo. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –UFSM, p.
- FARIAS, P. V. da C. (2011). Flutuação dos níveis de água subterrânea em micro bacias hidrográficas do Rio Vacacaí Mirim. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) PPGEC. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS. 78 p + 3 anexos.
- FELTRIN, R. F. (2009). Comportamento das variáveis hidrológicas do balanço hídrico do solo em lisímetros de drenagem. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS. 94 p.
- GONÇALVES *et al.* (2007). Vários autores. Investigação e Captação de Água Subterrânea no «Sistema Aquífero Guarani» Primeira edição, Montevideo, 2007, ISBN 978-9974-96-266-8, 176 pp.
- HEATH, R. C. Hidrologia básica de água subterrânea. United States Geological Survey Water Supply 2220. (1983). Dept. of Natural resources and community development. North Carolina. USA. Tradução para o Português: Mário Wrege e Paul Potter, IPH/ UFRGS. 173 p.
- MARTELLI, G. V. (2012). Monitoramento da Flutuação e Recarga dos Níveis da água subterrânea em aquíferos freáticos para avaliação do potencial de recarga em área de afloramento do SAG em Cecequi-RS. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria.
- MELFI, A.J. e PEDRO, G. (1978). Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil – Revista Brasileira de Geociências, volume 8, Nº 1, Páginas 11-22.
- ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS/OEA/PSAG/PEA Organização dos Estados Americanos/OEA. Aquífero Guarani Programa Estratégico de Ação/PEA. (2009) Bilíngue Português e Espanhol. p. 424, CD-ROM.

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

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO SUL – SEMA RS. (2004). Regiões hidrográficas do Rio Grande do Sul. Mapa. Porto Alegre. RS.

SILVÉRIO DA SILVA, J.L.; DAMBRÓS, C. (2012). Recarga y fluctuación do nível de águas subterrâneas em subcuencas com Floresta eucaliptos y nativa. In: Anais do XI Congresso Latinoamericano de Hidrogeología, Cartagena de Índias. Colombia, XI. v. 1., p. 1-5.