

XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

MONITORAMENTO DO NÍVEL FREÁTICO NO DOMÍNIO AQUÍFERO POROSO NA REGIÃO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁGUAS EMENDADAS - DF

Andréia de Almeida¹; Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento²; Tiago Borges Kisaka³; Vanessa Xavier de Sousa Silva⁴; Débora da Silva Santos⁵

Resumo – A maior parte da água doce disponível no planeta Terra, excetuando-se a parcela contida nas geleiras, consiste em águas subterrâneas, que vem sendo exploradas de maneira cada vez mais intensiva em função do aumento na demanda por recursos hídricos. Quando analisado em relação ao panorama global, o Brasil explora uma parcela considerada pequena de seus recursos hídricos subterrâneos em comparação ao potencial disponível. No Distrito Federal (DF), a utilização deste recurso se intensificou com o aumento da ocupação territorial desordenada nos anos de 1980 e a carência nos serviços de abastecimento público. O fornecimento de informações a respeito do comportamento dos aquíferos é essencial para que se estabeleçam alternativas de gestão e manejo adequadas. Deste modo, o presente estudo foi realizado com o intuito de monitorar o nível freático num aquífero do domínio hidrogeológico poroso na região da Estação Ecológica de Águas Emendadas, localizada no quadrante nordeste do Distrito Federal. Foram realizadas medições diretas em dois poços rasos entre 2012 e 2013. Foi possível concluir com base no monitoramento direto a predominância de eventos de recarga e descarga do aquífero local, determinada predominantemente pela sazonalidade marcante evidenciada nas regiões de Cerrado.

Abstract – Most of the available fresh water on the planet Earth, except for the portion contained in glaciers, consisting of groundwater, which has been exploited ever more intensively due to the increase in demand for water resources. When analyzed in relation to the overall picture, Brazil explores a small portion considered their groundwater resources in comparison to the potential available. In the District Federal (DF), the use of this resource has intensified with the increase of disordered territorial occupation in 1980 and the lack of public water supply services. Providing information about the behavior of aquifers is essential to establish alternative management and appropriate management. Thus, this study was performed in order to monitor the water level in the porous aquifer hydrogeological field in the Water Emendadas Ecological Station, located in the northeast quadrant of the Federal District region. Direct measurements were performed in two shallow wells between 2012 and 2013. Was concluded based on the predominance of direct

¹ Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Brasília - DF, 70910-900, (61) 3107-8052, dealmeida15@gmail.com

² Universidade de Brasília, Campus de Planaltina, Planaltina - DF, 73345-010, (61)3107-8052, carlostadeu@unb.br

³ Universidade de Brasília, Campus de Planaltina, Planaltina - DF, 73345-010, (61)3107-8052, tiagobk.df@gmail.com

⁴ Universidade de Brasília, Campus de Planaltina, Planaltina - DF, 73345-010, (61)3107-8052, vanessa.xavieer@gmail.com

⁵ Universidade de Brasília, Campus de Planaltina, Planaltina - DF, 73345-010, (61)3107-8052, deborahdasilva.89@gmail.com

monitoring events recharge and discharge of the local aquifer, determined predominantly by the strong seasonality evidenced in the savannah regions.

Palavras-Chave – Água Subterrânea, Monitoramento, Planaltina.

INTRODUÇÃO

Apenas 1% do total de água doce existente consiste em recursos hídricos aproveitáveis pela humanidade (Hirata, 2008). Estes recursos são especialmente “águas interiores”, isto é, que estão presentes em mananciais superficiais e subterrâneos nos domínios terrestres (continentes e ilhas), sendo considerados de fácil acesso (Lima, 2001). Pelo fato das águas superficiais estarem visíveis, imagina-se que estas sejam a maior fonte de abastecimento das necessidades humanas. Contudo, conforme Manoel-Filho (1997), mais de 97% da água doce disponível no planeta, excetuando-se a parcela contida nas calotas polares, é encontrada no subsolo. Segundo estimativas da Unesco/Who/Unep (1992), entre 1970-1992 foram perfurados 300 milhões de poços que passaram a abastecer 50% da população do planeta e irrigar cerca de 90 milhões de hectares.

As águas subterrâneas são constituídas pela porção de água que infiltra no solo e excede sua capacidade de campo, percolando para a zona de saturação (Maksoud, 1961). Estas contribuem de maneira significativa para o ciclo hidrológico e abastecem cerca de metade da população mundial, especialmente nas regiões semi-áridas (Mierzwa e Hespanhol, 2005). Atualmente, nos Estados Unidos, a água bombeada de aquíferos abastece a zona rural quase que em sua totalidade, sendo responsável por 43% da irrigação, e representa um quinto da água potável que abastece as regiões urbanas (Miller, 2008).

Em pequenas ilhas, cujo aumento populacional e a demanda por água doce tem se intensificado, conforme mencionado em Banerjee e Singh (2011), a água subterrânea é a única fonte disponível para atender a necessidade de abastecimento doméstico, além de outras finalidades. Por ser um recurso estratégico, deve-se salientar a necessidade de informações a cerca do comportamento do aquífero e a proposição de medidas de manejo para o mesmo.

De acordo com dados do IBGE (2008), aproximadamente 65,5% da população brasileira é abastecida, para fins domésticos, com água subterrânea, sendo que 7% utilizam poços rasos, 12% são abastecidos diretamente de nascentes ou fontes e 47,5% por meio de poços profundos. Atualmente o Brasil possui pelo menos 416 mil poços cadastrados, com um aumento anual de 10.800 novas captações, que atendem de 30 a 40 % da população (Hirata, Zoby e Oliveira, 2010). No estado de São Paulo cerca de 460 municípios, ou seja, 72% do Estado são, total ou parcialmente, abastecidos por água subterrânea, o que corresponde a uma população de quase 5,5 milhões de pessoas (Rocha, 2005).

Segundo Campos (2004), a água subterrânea passou a desempenhar papel de maior importância no abastecimento público do Distrito Federal (DF) a partir da década de 1980, em função do aumento da densidade populacional em áreas fora do alcance do Sistema Integrado de Abastecimento da Companhia de Saneamento de Brasília (CAESB). Dentre os principais usos da água subterrânea no Distrito Federal, segundo banco de dados da Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal (ADASA), incluem o abastecimento doméstico, uso industrial e irrigação (Mello e Castro, 2011). Em decorrência dos tipos de aquíferos existentes no Distrito Federal e da limitada capacidade de reservação e circulação, a água subterrânea deve ser utilizada como um recurso estratégico aplicado a setores específicos da economia ou como fonte de abastecimento de pequenos centros urbanos e núcleos rurais (Campos, 2004).

Apesar do aumento na demanda por recursos hídricos subterrâneos, observa-se uma carência de estudos relacionados ao potencial hídrico dos aquíferos na região no Distrito Federal, incluindo o estágio de exploração e a necessidade de proteção das reservas subterrâneas, dentre outras informações necessárias para a utilização sustentável deste recurso (Zoby e Duarte, 2001). Deste modo, o monitoramento da água subterrânea representa uma etapa essencial para o processo de gestão e manejo deste recurso em observância às exigências de outorga, fornecendo assim informações a respeito da reserva de água e facilitando a proposição de cenários a respeito de sua utilização.

Diante deste panorama, o presente trabalho pretende auxiliar na compreensão do comportamento do nível da água no aquífero poroso entre agosto de 2012 e setembro de 2013, nas proximidades da Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE), localizada em Planaltina - DF, analisando a variação mensal do nível freático em dois poços rasos.

No interior da ESECAE observa-se um importante fenômeno hidrológico onde, em função das condições topográficas, uma nascente drena para regiões opostas alimentando duas grandes bacias brasileiras: uma na direção norte (bacia Tocantins/Araguaia) e outra para o sul do país (bacia Paraná) (Salgado e Galinkin, 2008). Além disso, esta região caracteriza-se pela ocorrência de lagoas predominantemente alimentadas por águas subterrâneas (Moraes e Campos, 2008), evidenciando-se a necessidade de se conhecer melhor aspectos relacionados aos recursos hídricos subterrâneos.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no quadrante nordeste do Distrito Federal, próxima à Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE) (Figura 1). O monitoramento do nível freático foi realizado ao longo de 13 meses na Fazenda Lagoa Bonita e Sítio Petrópolis, próximos à Lagoa

Bonita, compreendida no perímetro menor da ESECAE (Figura 2). Com relação à área em questão, o fornecimento de informações hidrogeológicas é importante tanto no aspecto social quanto ambiental. Sabe-se que a atividade agropecuária e os centros urbanos presentes na área estão vinculados ao aproveitamento da água subterrânea.

A Estação Ecológica de Águas Emendadas é uma unidade de conservação de caráter integral, composta por dois polígonos, com área aproximada total de 10.500 hectares, cujo entorno tem sido antropizado em decorrência da ocupação urbana e rural (Bias, 2008). Ao menos dois poços tubulares profundos são utilizados na porção urbana próxima à Lagoa Bonita (Moraes, 2008). A Lagoa Bonita é um reservatório natural localizado no polígono menor da ESECAE. A exploração subterrânea e impermeabilização da bacia ainda não causaram problemas de rebaixamento na lâmina d'água da Lagoa (Moraes, 2008; Bias, 2008). Contudo, como afirma Moraes (2008), a manutenção do número de poços de acordo com o limite outorgável é essencial para a manutenção dos recursos hídricos subterrâneos.

A área de estudo, inserida numa região do bioma Cerrado, apresenta clima tropical tipo Aw, definido por Koppen como um clima de savana com temperatura média de 22°C, evapotranspiração média de 65 mm mensais e precipitação de aproximadamente 1500 mm anuais, sendo a maior parte distribuída entre outubro e março (Maia e Baptista, 2008).

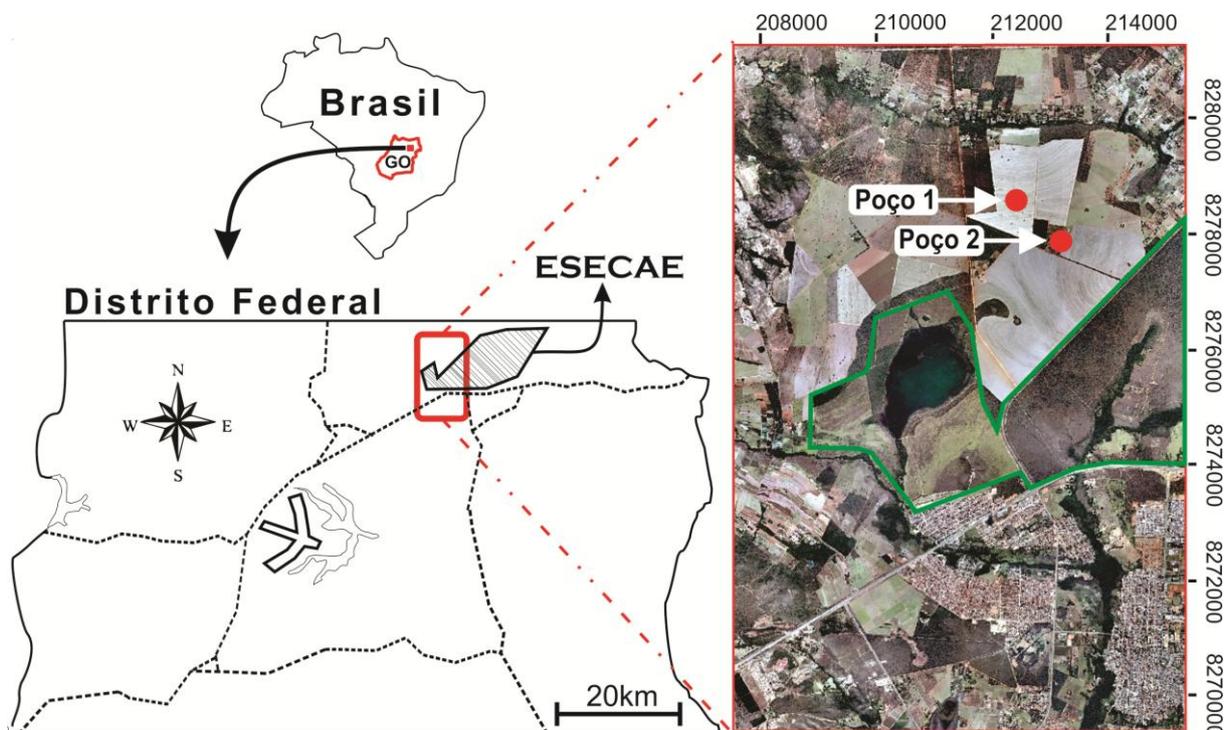


Figura 1. Localização da área de estudo com ênfase nos poços de monitoramento no Sítio Petrópolis (poço 1) e Fazenda Lagoa Bonita (poço 2).

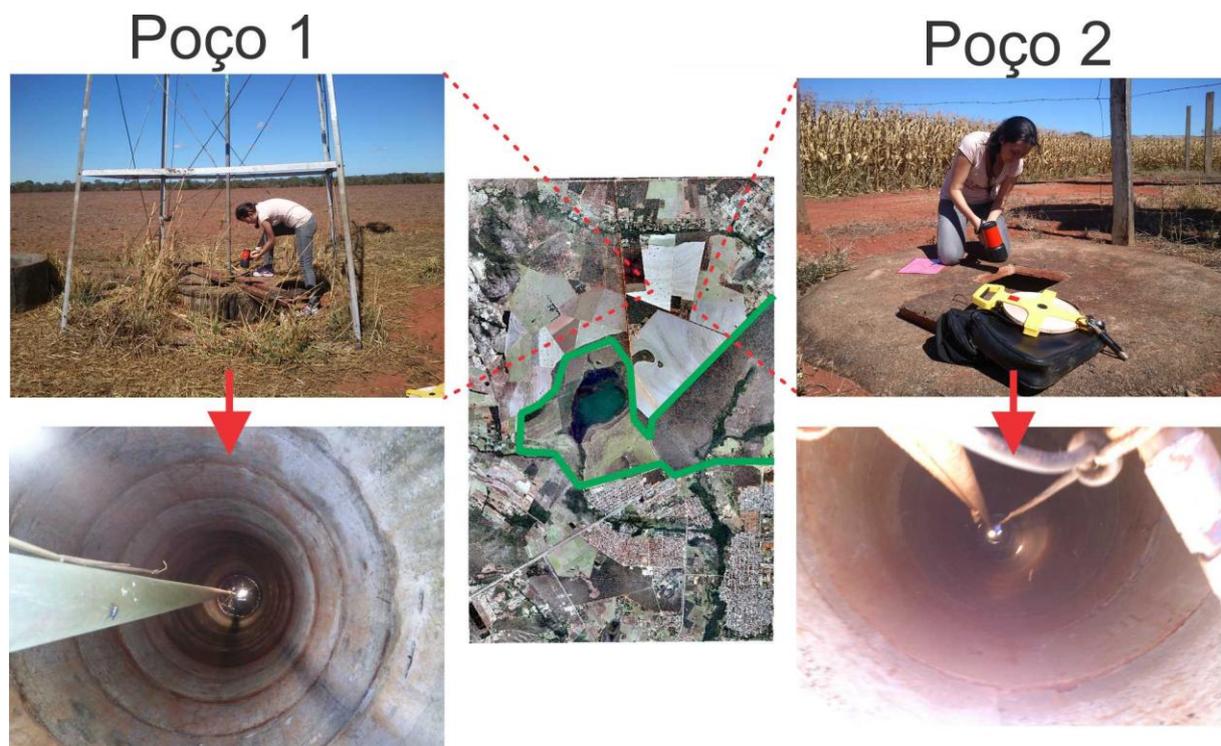


Figura 2. Fotografias da área de estudo.

Com relação às características geológicas, segundo Moraes e Campos (2008), ocorrem na área de estudo formações geológicas dos Grupos Bambuí, Paranoá e Canastra (Figura 3). Os grupos geológicos referem-se a um conjunto de rochas com mesma idade, formadas em ambientes semelhantes e em geral separadas por unidades ou formações (Moraes e Campos, 2008). Os grupos Canastra e Paranoá apresentam idades de formação de cerca de um bilhão de anos, enquanto que o grupo Bambuí foi originado entre 800 e 650 milhões de anos atrás (Martins et al, 2002).

Como observado na Figura 3, o grupo Bambuí NPbb está presente nas formações do topo da Serra da Saudade e na base da formação Três Marias localizada na porção noroeste da região estudada. Este é caracterizado principalmente pela sedimentação (Martins et al, 2002), resultando na presença de siltitos argilosos, folhelhos e camadas de arcósios (Campos e Freitas-Silva, 1998). O grupo Canastra pode ser identificado na porção sul da área de estudo (Figura 3), no Alto Vale do São Bartolomeu, no sistema de empurrão denominado Bartolomeu/Maranhão, que inverteu a estratigrafia e sobrepôs o grupo Canastra aos grupos Paranoá e Bambuí (Martins et al, 2002). Este grupo ocupa 15% do território do DF e apresenta maior densidade de afloramentos com relação ao grupo Paranoá (Martins et al, 2002). O grupo Canastra é representado por filitos, com contribuição de quartzitos, calcifilitos, mármores finos e filitos carbonatados (Freitas-Silva e Campos, 1998).

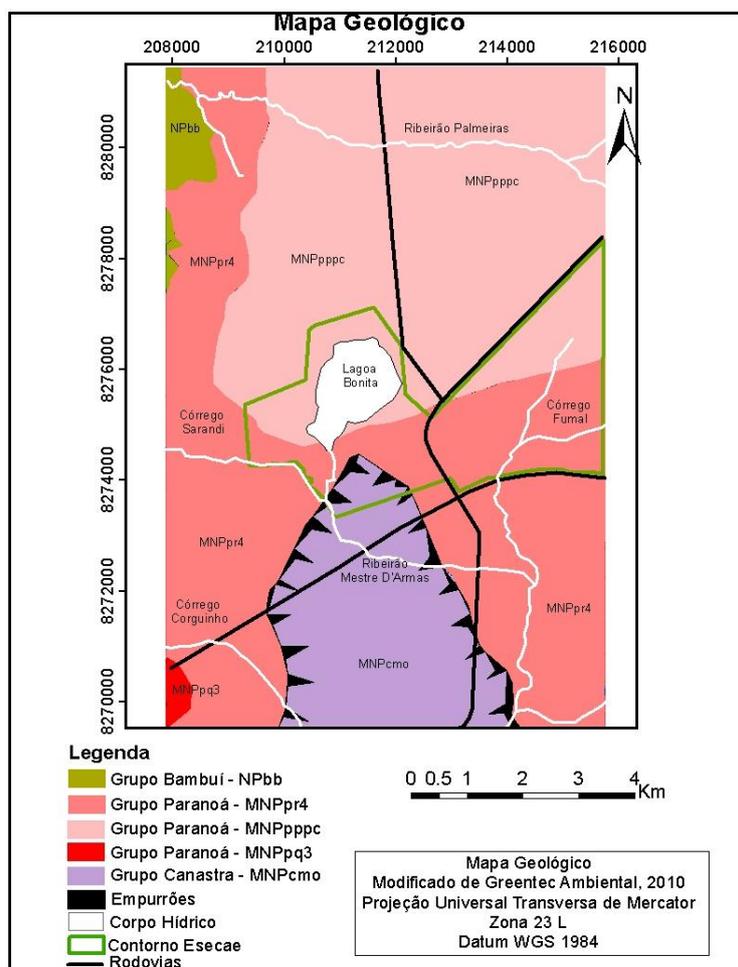


Figura 3. Mapa de geologia da área de estudo.

Predominam na área de estudo as formações do grupo Paranoá (MNPpr4, MNPpppc e MNPpq3). O grupo Paranoá MNPpr4 é caracterizado pela presença de metarritmitos com fração pelítica, o grupo MNPpq3 apresenta metarritmitos com frações arenosos, o grupo MNPpppc, por sua vez, é definido por metassiltitos e metargilitos (Freitas-Siva e Campos, 1998). Os poços de monitoramento localizam-se no grupo MNPpppc, fato que influencia especialmente nas características do domínio aquífero fraturado, não sendo abordado neste estudo.

O contexto hidrogeológico do Distrito Federal, segundo Lousada e Campos (2005) possui dois domínios: poroso e fraturado. O domínio poroso é representado pelo manto de intemperismo (solo e saprólito), que pode atingir espessura máxima de 100 m, sendo representado por aquíferos livres, de grande continuidade lateral, que podem ser explorados por poços rasos (Zoby e Duarte, 2001). O domínio fraturado caracteriza-se pelo meio rochoso, onde os espaços ocupados pela água são representados pelas fraturas, microfraturas, diaclases, juntas, zonas de cisalhamentos e falhas (Lousada e Campos, 2005; Martins et al, 2002).

Em função das características geológicas, feições estruturais e vazões de poços o domínio fraturado foi delimitado em quatro sistemas aquíferos fraturados no Distrito Federal: Paranoá (subsistemas S/A; A; Q3/R3; R4 e PPC), Canastra (subsistemas F e F/Q/M), Araxá e Bambuí

(Martins et al, 2002). Com relação ao domínio fraturado (Figura 4) a área de estudo está inserida nos sistemas Bambuí (subsistema de base), Paranoá (subsistemas PPC, R3Q3 e R4) e Canastra (subsistema F), correspondentes às formações geológicas. Contudo, o monitoramento foi realizado apenas no domínio poroso.

A área estudada, com relação ao domínio poroso, apresenta os quatro sistemas identificados no Distrito Federal (Figura 4). O sistema P1 (onde se localizam os poços de monitoramento) é heterogêneo e pouco anisotrópico e pode ser visualizado em quase toda a extensão da área de estudo com espessura da zona saturada de até 30 metros (Freitas-Silva e Campos, 1998). O sistema P2, com aquíferos homogêneos e isotrópicos e espessura saturada de cerca de 20 metros, predomina na porção noroeste na região estudada, nas proximidades do grupo geológico Bambuí (Freitas-Silva e Campos, 1998). Os sistemas P3 e P4 são caracterizados por aquíferos heterogêneos e anisotrópicos (Freitas-Silva e Campos, 1998). Como observado na Figura 4, o primeiro sistema predomina nas regiões de gleissolo ao longo dos corpos hídricos, enquanto que o segundo ocorre na parte noroeste e sul da área de estudo.

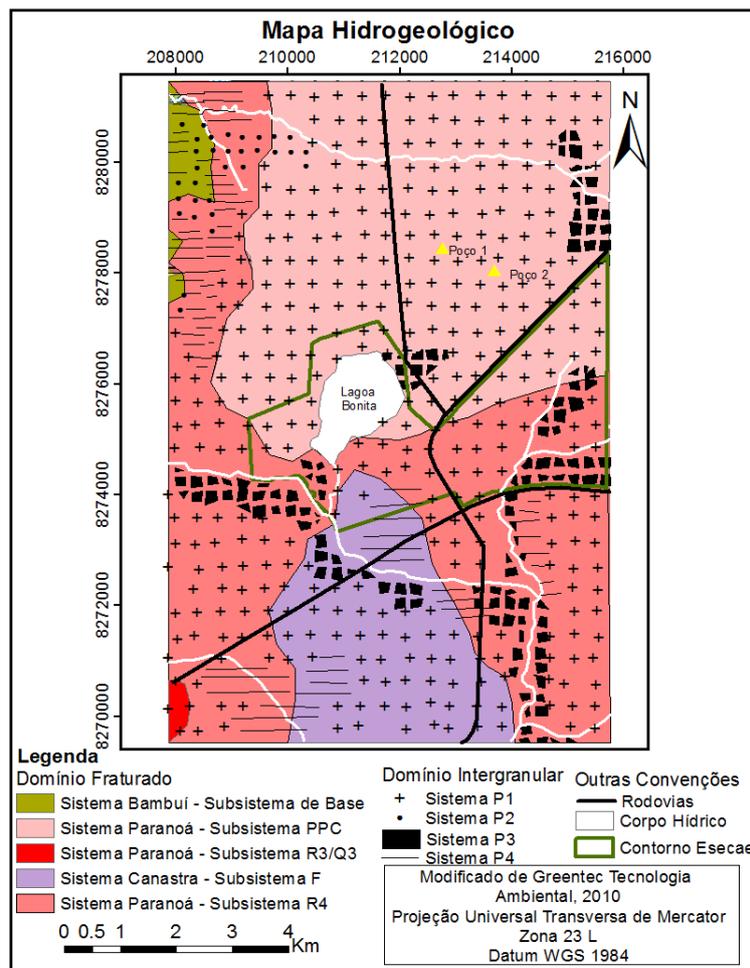


Figura 4. Mapa hidrogeológico da área de estudo.

A importância dos aquíferos porosos no DF está vinculada, principalmente, a dois parâmetros: a espessura saturada e a condutividade hidráulica (K) que permitem que estes alimentem os aquíferos profundos. Em função desses parâmetros, esse domínio divide-se em quatro sistemas denominados P1, P2, P3 e P4 (Campos & Freitas-Silva 1998) cujas características podem ser observadas na Tabela 1.

De acordo com levantamento de solos realizado pela Embrapa (1978) e os trabalhos de Macedo (1996), o Distrito Federal apresenta as principais classes de solos da região do Cerrado brasileiro. Nesta região predominam os Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos e cambissolos, que ocupam cerca de 85% da área do DF. Como observado na Figura 5, a área de estudo apresenta principalmente latossolos vermelho e vermelho-amarelo, argissolo vermelho-amarelo, nitossolo vermelho e cambissolos háplico e gleissolos háplico e melânico.

Tabela 1 - Características do domínio poroso no DF.

Sistemas	Subsistemas	Condutividade Hidráulica	Vazão dos poços (l/s)	Importância Hidrogeológica	Solos
P ₁	Intergranulares, contínuos, livres e grande extensão lateral	Alta ($2,8 \times 10^{-4}$ a $1,7 \times 10^{-5}$ (m/s))	< 800	Elevada	Latossolo Vermelho Amarelo (arenoso) e Neossolo Quartzarênico
P ₂	Intergranulares, contínuos, livres e grande distribuição lateral	Média (10^{-5} a 10^{-6} (m/s))	< 800	Mediana	Latossolo Vermelho Amarelo (argiloso)
P ₃	Intergranulares, descontínuos, livres e distribuição lateral ampla	Baixa ($2,3 \times 10^{-6}$ a $1,4 \times 10^{-7}$ (m/s))	< 800	Pequena	Latossolo Vermelho Amarelo (argiloso) e Cambissolos
P ₄	Intergranulares, descontínuos, livres e muito restritos lateralmente	Muito Baixa ($1,4 \times 10^{-7}$ (m/s))	< 800	Muito Pequena	Cambissolos

Fonte: Campos e Freitas-Silva, 1998.

De acordo com IBGE (2007) e Santos et al (2013), os latossolos são solos muito intemperizados, profundos e que apresentam boa drenagem. A diferença entre os latossolos vermelho e vermelho-amarelo ocorrem basicamente pelos teores de óxido de ferro que diferem a coloração dos mesmos. Os latossolos vermelhos, geralmente com grande profundidade,

homogêneos, de boa drenagem. Já o latossolo vermelho-amarelo tem cores vermelho-amareladas, são profundos, com boa drenagem e normalmente baixa fertilidade natural (IBGE, 2007; Santos et al, 2013).

Os argissolos têm como característica marcante um aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B que é do tipo textural (Bt), geralmente acompanhado de boa diferenciação também de cores e outras características.(IBGE, 2007). O nitossolo, por sua vez, representa uma ordem recém-criada, caracterizada pela presença de um horizonte B nítico, que é um horizonte subsuperficial com moderado ou forte desenvolvimento estrutural do tipo prismas ou blocos e com a superfície dos agregados reluzentes, relacionadas a cerosidade ou superfícies de compressão (Santos et al, 2013).

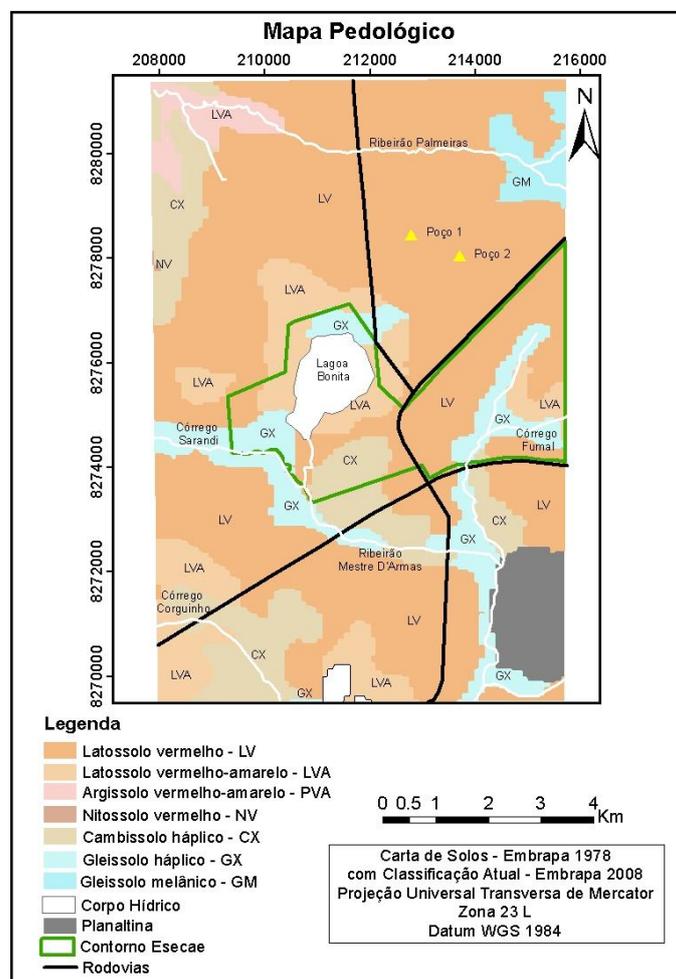


Figura 5. Mapa pedológico da área de estudo.

Os Cambissolos apresentam grande variação no tocante à profundidade, ocorrendo em perfis de espessura rasos à profundas, podendo atingir 1,5 metros, além de apresentarem grande variabilidade com em relação às demais características (Santos et al, 2013). A drenagem varia de acentuada a imperfeita e pode apresentar qualquer tipo de horizonte A sobre um horizonte B incipiente (Bi), também de cores diversas. Muitas vezes são pedregosos, cascalhentos e mesmo

rochosos e ocorrem predominantemente em regiões serranas e montanhosas (Santos et al, 2013; Reatto et al, 2004).

Segundo o Reatto et al (2004) os gleissolos são solos característicos de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento (margens de rios, ilhas, grandes planícies, etc.) que apresentam cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, dentro de 50 cm da superfície. Podem ser de alta ou baixa fertilidade natural e têm nas condições de má drenagem a sua maior limitação de uso (Reatto et al, 2004).

MONITORAMENTO DO NÍVEL FREÁTICO

Foram realizadas medições diretas do nível da água na zona saturada do domínio poroso em dois poços nas proximidades da Lagoa Bonita. O primeiro, localizado na Fazenda Lagoa Bonita (na cota de 999 metros de altitude), teve o nível da água medido mensalmente entre 14 de agosto de 2012 e 27 de setembro de 2013. A partir de janeiro de 2013 foi incorporado o segundo poço de monitoramento, no Sítio Petrópolis (na cota 992 metros de altitude)

As medições foram efetuadas manualmente com uma sonda de 0.34 m de comprimento fixada na extremidade de uma trena fibra de vidro. No momento em que a sonda atingiu o nível da água foi realizada a leitura da trena na borda do poço ao nível do solo. Em seguida, somou-se o valor da sonda ao observado na trena. Aos valores obtidos no poço do Sítio Petrópolis, subtraiu-se 0.40 m em função da borda do poço ser elevada com relação ao solo.

O monitoramento do nível de água em aquíferos por meio da observação de poços fornece dados essenciais para o entendimento da dinâmica deste recurso (Silva et al., 2012). Os métodos físicos estão entre os mais utilizados para estudos hidrogeológicos, especialmente aqueles baseados nas flutuações do nível d'água subterrânea (Rabelo-Coelho et al, 2012). Essas técnicas são amplamente utilizadas na estimativa das taxas de recarga devido à disponibilidade de dados sobre os níveis piezométricos e a sua simplicidade para estimativa das taxas de recarga com base em flutuações temporais ou espaciais do lençol freático (Pinto et al, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à profundidade em metros do nível freático foram plotados num gráfico de linhas em conjunto com gráficos de barras representativo do valor acumulado de precipitação (mm) no intervalo entre cada medição (Figura 6). Com isso, pode-se verificar um comportamento sazonal no nível da água subterrânea.

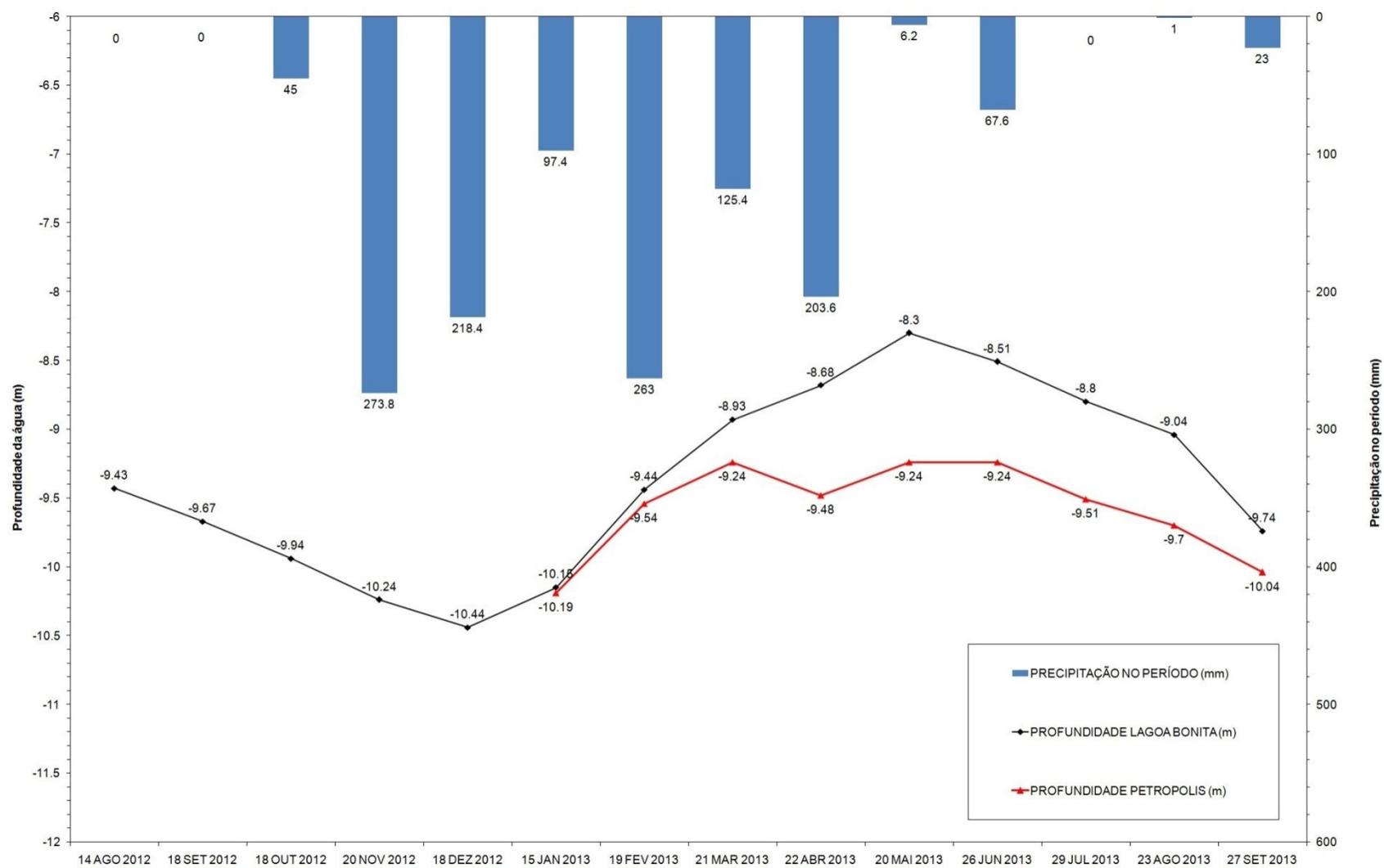


Figura 6. Gráfico representativo do nível freático monitorado mensalmente em conjunto com dados de precipitação acumulada (mm).

Como observado na Figura 6, a partir do mês de agosto de 2012 (início do monitoramento na Fazenda Lagoa Bonita), o nível piezométrico diminui, atingindo o nível mínimo registrado no mês de dezembro de 2012 (profundidade de 10.44 m). A partir de então o nível da água na zona saturada começou a ser elevado como resposta ao aumento da precipitação no período, ocasionando a recarga do aquífero. A partir de janeiro de 2013 foram incorporadas ao trabalho as leituras do poço localizado no Sítio Petrópolis. Observam-se então valores aproximados para o nível da água nos poços.

A partir do mês de março de 2013 os valores de profundidade da água tornaram-se mais distantes, uma vez que o aumento do nível observado para o poço localizado na Fazenda Lagoa Bonita foi maior do que aquele verificado para o Sítio Petrópolis. Além disso, o monitoramento realizado no mês de abril de 2013 indicou redução do nível freático no Sítio Petrópolis, diferindo-se do comportamento registrado na Fazenda Lagoa Bonita.

Em maio o nível da água na camada saturada no Sítio Petrópolis volta a aumentar e se mantém estável no mês seguinte, reduzindo novamente a partir de julho. Para o poço da Fazenda Lagoa Bonita a profundidade do lençol freático aumenta já no mês de junho de 2013. Ao final do período de monitoramento (outubro) ambos os poços demonstraram redução no nível da água, podendo-se observar o fechamento do ciclo hidrológico. Deste modo, verifica-se a influência dos níveis de precipitação na variação do nível freático na zona saturada (Hirata, Zoby e Oliveira; 2010).

Como afirmam Iritani e Ezaki (2012), as águas subterrâneas representam as chuvas ocorridas em períodos anteriores estocadas no solo por períodos que variam de meses a centenas de anos e que alimentam os mananciais superficiais durante os períodos de estiagem. Deste modo, observando-se a profundidade máxima e mínima do nível da água, em dezembro (profundidade da água igual a 10.44 metros) e maio (profundidade de 8.33 metros) respectivamente, pode-se verificar correspondência com os eventos de precipitação registrados.

Entre agosto e setembro não foram registrados valores de precipitação, sendo o período correspondente à estação seca. Contudo, a partir de outubro as chuvas reiniciaram, marcando a transição entre a estação seca e chuvosa. A água precipitada entre outubro e dezembro infiltra no solo seco sem suprir sua capacidade de campo. A partir de dezembro, o teor de água percolada atinge a capacidade de campo da zona não saturada e inicia o processo de recarga do aquífero, atingindo saturação máxima no mês de maio.

Posteriormente, o período seco inicia-se no mês de maio a partir do qual, com redução dos níveis de precipitação (exceto pelo mês de julho, com valor precipitado significativo), o ciclo de descarga do aquífero para alimentação dos mananciais subterrâneos é retomado. Levando em

consideração os valores máximo (maio) e mínimo (dezembro) atingidos pelo nível da água foi possível estimar a variação anual do domínio aquífero poroso no sistema P1, onde os poços estão inseridos, em aproximadamente 2.14 metros.

CONCLUSÃO

Por meio deste estudo foi possível verificar a influência da sazonalidade com relação aos processos de recarga e descarga dos recursos hídricos subterrâneos. Pode-se verificar então dois períodos caracteristicamente marcados pelos índices de precipitação, com redução do nível freático entre os meses de junho e dezembro e posterior recarga, entre dezembro e maio.

Deste modo, salienta-se a importância da água subterrânea para manutenção dos recursos hídricos superficiais, uma vez que, a descarga dos recursos hídricos subterrâneos mantém o nível d'água nos corpos hídricos em períodos de estiagem. Com isso, pode-se evidenciar o papel da água subterrânea com relação a manutenção hídrica da Lagoa Bonita.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- BANERJEE, P.; SINGH, V.S. Optimization of pumping rate and recharge through numerical modeling with special reference to small coral island aquifer. *Physics and Chemistry of the Earth*, Índia, v. 36, p. 1363-1372, 2011.
- BIAS, E.S. Uso e ocupação do solo: análise temporal. In: Fonseca, F. O. (Org.). *Águas Emendadas*. Brasília: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 2008. p. 433-440.
- CAMPOS, J.E.G. Hidrogeologia do Distrito Federal: Bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. *Revista Brasileira de Geociências*, Brasil, v. 34, p. 41-48, 2004.
- CAMPOS, J.E.G.; FREITAS-SILVA, F.H. Hidrogeologia do Distrito Federal. In: *Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal*. Brasília: IEMA-SEMATEC/ Universidade de Brasília, parte I., v. 2. 1998, 66p.
- EMBRAPA. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal*. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1978. 455 p.
- FREITAS-SILVA F.H.; CAMPOS J.E.G. Geologia do Distrito Federal. In: IEMA/SEMATEC/UnB. *Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal*. Brasília. IEMA/ SEMATEC/UnB, v. 1, Parte I. 1998. 86p.
- HIRATA, R. Recursos hídricos. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M.C.; TAIOLI, F. (Org.) *Decifrando a terra*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008, 623 p.

- HIRATA, R.; ZOBY, J.L.G., OLIVEIRA, F.R.O. Água Subterrânea: reserva estratégica ou emergencial. In: BICUDO, C.; TUNDISI, J.; SCHEUENSTUHL, M. (Org.). *Águas do Brasil: análises estratégicas*. 1 ed. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010, v. 1, p. 144-164.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Manual técnico de pedologia*. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316 p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>>. Acesso em: 20 de mai. 2013.
- IRITANI, M.A.; EZAKI, S. *As águas subterrâneas do estado de São Paulo*. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA, 2012. 104p
- LIMA, E. *Recursos hídricos no Brasil e no mundo*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 44 p.
- LOUSADA, E.O.; CAMPOS, J.E.G. Proposta de modelos hidrogeológicos conceituais aplicados aos aquíferos da região do Distrito Federal. *Revista Brasileira de Geociências*, Brasil, v. 35, n. 3, p. 407-414, 2005.
- MACEDO, J. Solos da região do Cerrado. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F.(orgs). *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 135-156.
- MAIA, J.M.F.; BAPTISTA, G.M.M. Clima. In: Fonseca, F. O. (Org.). *Águas Emendadas*. Brasília: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 2008. p. 101-110.
- MAKSOUH, H. O estado atual dos conhecimentos sobre os recursos de água no nordeste. *Revista Brasileira de Geografia*, Brasil, n. 1, p. 3-121, 1961.
- MARTINS, E.S; REATTO, A.; FARIAS, M.F.R; SILVA, A.V; BLOISE, G.L.F.; CARDOSO, E.A. *Geologia da margem direita do Córrego Divisa, Bacia do São Bartolomeu – DF, escala 1:10.000*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 21 p.
- MANOEL-FILHO, J.M. Água subterrânea: história e importância. In: FEITOSA, A.C.; MANOEL-FILHO, J.M (Coor.). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 p.
- MELLO, R. M. E CASTRO, C M.S.N. Exploração de água subterrânea no Distrito Federal. Gestão por sistema hidrogeológico. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 19... *Anais...* Maceio: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011.
- MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. *Água na indústria: uso racional e reúso*. São Paulo: Oficina de textos, 2005. 143p.
- MILLER, G.T. *Ciência ambiental*. São Paulo: Cenagage Learning, 11 ed., 2008. 592 p.
- MORAES, L.L. Utilização de água subterrânea. In: Fonseca, F. O. (Org.). *Águas Emendadas*. Brasília: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 2008. p. 426-428.

- MORAES, L. L.; CAMPOS, J. E. G. Hidrogeologia. In: Fonseca, F. O. (Org.). *Águas Emendadas*. Brasília: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 2008. p. 122-131.
- PINTO, E.J.A.; LIMA, J.E.S.; DAVIS, E.G.; SILVA, A.J.; DANTAS, C.E.O.; CANDIDO, M.O.; PALMIER, L.R.; MONTE-MOR, R.C.A. Estimativa da recarga natural do aquífero livre de uma sub-bacia da bacia representativa de Juatuba (MG) aplicando o método da variação dos níveis d'água (vna). In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 16, 2010, São Luis. *Anais...São Luís*, Associação Brasileira de Água Subterrânea, 2010.
- RABELO-COELHO, V.H.; ALMEIDA, C.N.; SILANS, A.M.B.P. Análise da Flutuação do Nível D'água para Estimativa da Recarga Subterrânea da Bacia Representativa do Rio Gramame no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Brasil, v. 17, n.2, p. 241-252, 2012.
- REATTO, A.; MARTINS, E.S.; FARIAS, M.F.R.; SILVA, A.V.; CARVALHO, O.A.J. *Mapa pedológico digital - SIG atualizado do DF escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo*: Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 31 p.
- ROCHA, G (Coor.). *Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo*: escala de 1:1.000.000. São Paulo: DAEE – IPT/SP – CPRM, 2005. 119 p.
- SALGADO, G.S.M.; GALINKIN, M. Reserva da Biosfera do Cerrado. In: Fonseca, F. O. (Org.). *Águas Emendadas*. Brasília: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 2008. p. 79-86.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; RIZZATO, M.C.; ALMEIDA, J.A. ; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.
- SILVA, L. A.; SILVA, A.M.; COELHO, G.; MELLO, C.R.; PEREIRA, D.R. Groundwater recharge estimate at Alto Rio Grande - MG watershed. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, Brazil, v. 32, n. 6, p.1097-1108, 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162012000600011&lng=en&nrm=iso>. Acesso: 16 nov. 2013.
- UNESCO/WHO/UNEP. *GroundWater*. Paris. 1992. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqchapter9.pdf>. Acesso em: 12 de mai. 2013.
- ZOBY, J.L.G.; DUARTE, U. Caracterização hidrogeológica da bacia do Ribeirão Sobradinho – Brasília (DF). *Revista do Instituto de Geociências*, USP, v. 1, p. 79-99, 2001.