

Método de recessão e estimativas das reservas subterrâneas do SASG no norte do estado do Paraná.

Method of recession and estimates of the underground reserves of the SASG in the north of the state of the paraná.

RESUMO

Isabella Zanatta Garcia
isabella.zanatta@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Maurício Moreira dos Santos
mmsantos@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Thiago Henrique da Silva
thiagohenrique.utfpr@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

A água subterrânea utilizada para o abastecimento humano dispensa o tratamento rigoroso e caro em comparação à água superficial, se tornando uma fonte de abastecimento essencial para os seres humanos. Esse recurso hídrico vem sendo explorado continuamente e por vezes apresentando problemas de gestão, o que pode acarretar em danos irreversíveis para os aquíferos. Em virtude disto, pesquisas que envolvem utilização de métodos e técnicas de estimativas sobre as reservas aquíferas são de suma importância. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a potencialidade das reservas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), utilizando o método da curva de recessão aplicado a bacia hidrográfica localizada na região de Londrina-PR. Foram levantados e analisados dados pluviométricos e fluviométricos referentes aos anos de 1987 a 2017 na região em estudo, sendo selecionados os anos de 2006, 1996, 2009, respectivamente, ano mais seco, na média e mais úmido para a série histórica selecionada. Para cada ano selecionado foi calculado coeficientes de recessão, volume de água contribuinte para a bacia, restituição hídrica e balanço hídrico. Os resultados parciais da pesquisa mostram, comparativamente, a influências e intensidade da distribuição das precipitações na recarga aquífera e, conseqüentemente sua influência direta no fluxo de base da bacia hidrográfica estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Aquífero. SASG. Curva de recessão. Bacia hidrográfica.

ABSTRACT Groundwater used for human supply does not require rigorous and expensive treatment compared to surface water, becoming an essential source of supply for humans. This water resource has been continuously exploited and sometimes has management problems, which can lead to irreversible damage to aquifers. Because of this, research involving the use of estimation methods and techniques on aquifer reserves is of Paramount importance. The presente work aims to evaluate the potentiality of the groundwater reserves of the Serra Geral Aquifer System (SASG), using the recession curve method applied to the watershed located in the Londrina – PR region. Rainfall and fluviometric data were collected and analyzed for the years 1987 to 2017 in the region under study, being selected the 2006, 1996 and 2009, respectively, driest year, average and wetter for the selected historical series. For each selected year, the recession coefficient, the volume of water contributing to the basin, restitution and water balance were calculated. The partial results of the research show, comparatively, the influences and intensity of the precipitation distribution in the aquifer recharge and, consequently, its direct influence on the basin flow of the studied watershed.

KEYWORDS: Aquifer. SASG. Recession curve. Watershed.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural renovado constantemente pelo ciclo hidrológico, mas sua distribuição é variável no tempo e no espaço. Dessa forma, a gestão dos recursos hídricos é necessária, pois é um dos fatores primordiais para o desenvolvimento econômico, social e cultural da humanidade. Para manter os padrões qualitativos e quantitativos desse recurso às necessidades das gerações futuras, além das políticas eficazes de gestão e ambiental, é necessário investimentos na educação e conscientização da população sobre a importância de se proteger e preservar o meio ambiente (SANTOS, 2009). As águas subterrâneas são formadas por toda água da chuva que percola em todas as camadas abaixo da superfície da Terra e que contribui para o fluxo de base dos rios mantendo sua perenidade hídrica na maior parte do território brasileiro.

O presente trabalho justifica-se pela crescente utilização do SASG no estado do Paraná, especialmente na região de Londrina, para suprir a demanda de água, gerado principalmente pelo crescimento populacional, produção agrícola e de bens de consumo, como mostra uma rápida consulta no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), onde mostra mais de 600 poços cadastrados somente no município de Londrina. Assim, estudos que contemplam a avaliação das reservas hídricas subterrâneas são de suma importância, contribuindo para geração de conhecimentos técnicos e científicos essenciais para criação de mecanismos que poderão ser utilizados na proteção e seu uso sustentável. O SASG é um dos aquíferos mais significativos do estado e boa parte de sua extensão está distribuído no norte do estado do Paraná. Segundo Athayde et al. (2007) isso se deve, especialmente, devido a sua área de abrangência, ao seu potencial para abastecimento público e a qualidade química superior de suas águas, que além do uso público, são utilizadas principalmente para atender a demanda da irrigação, do uso industrial, da rede hoteleira e outras atividades. Geologicamente o SASG é constituído por rochas basálticas originadas a partir de sequências de derrames Juro-Cretáceos pertencentes a Formação Serra Geral e está sobreposto ao Sistema Aquífero Guarani (SAG), ambos constituintes geológicos da Bacia Sedimentar do Paraná (MOCELLIN; FERREIRA, 2009).

METODOLOGIA

Para o alcance dos objetivos, foram levantados dados relacionados a séries históricas de pluviometria e fluviometria da região em estudo, com intervalo de tempo de 30 anos pertencentes aos anos de 1987 a 2017.

Os dados de precipitação foram obtidos do Instituto das Águas do Paraná (AGUASPARANA) e os fluviométricos obtidos da Agência Nacional das Águas (ANA). Foi feita pesquisa em banco de dados de todas as estações pluviométricas localizadas na região da bacia do Rio Jacutinga, permitindo obter e selecionar um ano mais chuvoso, mais seco e um ano na média nesses 30 anos de estudo. O monitoramento e estudo de períodos secos e chuvosos e da variabilidade espaço-temporal da precipitação em torno no SASG é de extrema importância devido a aspectos como: potencialidades das reservas subterrâneas do aquífero, o abastecimento de água das cidades, abastecimento de culturas agrícolas, entre outras.

A estação fluviométrica em questão foi a ETA SAMAE - IBIPORÃ localizada nas latitude e longitude, respectivamente, 23° 15' 03" e 51° 04' 33" e a estação pluviométrica foi a AGROCLIMATOLOGICA localizada a 23° 18' 00" de latitude e 51° 09' 00" de longitude.

A equação 1 (Rosa Filho, 1993 e Celligoi, 2000) foi utilizada para obter a curva de recessão.

$$Q = Q_0 e^{-kt} \quad (1)$$

Onde:

Q = representa a descarga do rio em m³/s após um período t (dias);

Q₀ = a descarga do rio no início da recessão em m³/s;

k = a constante de recessão.

Ao se aplicar o logaritmo e rearranjar a equação (1), encontra-se a constante de recessão (k) por:

$$k = - \frac{\ln(Q) - \ln(Q_0)}{\Delta t} \quad (2)$$

Onde:

Δt = intervalo de tempo decorrido desde o início até o final da recessão.

O volume de água contribuinte para a bacia para cada ano selecionado (V) em m³/ano foi encontrado por:

$$V = \frac{Q_0 \cdot 86400}{K} \quad (3)$$

A restituição (h) em mm foi obtida por:

$$h = \frac{V}{A} \quad (4)$$

Onde:

A = área da bacia hidrográfica do Rio Jacutinga com 102 km², segundo dados fornecidos pelo Instituto das Águas do Paraná.

O balanço hídrico regional da área deste estudo foi estimado utilizando a metodologia empregada por Thornthwaite e Mather (1955), via software BHNORM v5.

Para encontrar os excedentes e deficiências hídricas, deve-se inserir na planilha, a temperatura do ar média mensal, a soma diária de precipitação de cada mês e a latitude da área estudada. Gerando a evapotranspiração potencial mensal (ETP), em mm, através da fórmula:

$$ETP = 16K \left(\frac{10T}{I} \right)^a \quad (5)$$

Em que:

K = fator de correção dependente da latitude;

T = temperatura média mensal em °C;

I = índice térmico anual em mm;

a = constante dependente do local.

O somatório dos índices térmicos mensais, resulta no índice térmico anual:

$$I = \sum_{i=1}^{12} I_i \quad (6)$$

Onde:

$$I_i = (0,2 \cdot T)^{1,514} \quad (7)$$

I_i = índice térmico que varia de 1 a 12 (janeiro e dezembro).

A evapotranspiração real (ETR) segue a seguinte relação:

$$\text{Se } (P - ETP) \geq 0, \text{ então } ETR = ETP \quad (8)$$

$$\text{Se } (P - ETP) < 0, \\ \text{então } ETR = P - ALT \quad (9)$$

Quando $P - ETP$ for maior que 0 e $ARM = CAD$, o excedente hídrico (EXC) é:

$$EXC = (P - ETP) - ALT \quad (10)$$

O déficit hídrico (DEF) é a diferença entre evapotranspiração potencial e evapotranspiração real.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ano mais seco selecionado para o cálculo da curva de recessão foi 2006 e, em termos comparativos, o ano úmido escolhido foi o de 2009 e o ano na média foi o de 1996. Como discutido na metodologia, para a escolha desses anos foram somados, primeiramente, o total das precipitações dos meses de junho, julho e agosto, para todo período de análise (1987 a 2017), obtendo assim, o inverno mais seco (Tabela 1), o que privilegia o cálculo da recessão.

Tabela 1 - Soma das precipitações durante o ano referente aos anos selecionados.

Ano	Precipitações(mm/ano)
2009	2331,5
1996	1658,3
2006	1253,7

Para o ano de 2006, foi constatado que o início da recessão foi em janeiro, devido à escassez de chuva já advindas do ano anterior e o seu término em setembro, como mostram as Figuras 1 e 2. A Figura 1 relata a vazão diária do Rio Jacutinga obtidos pela estação ETA – SAMAE Ibiporã no ano de 2006, obtendo um período de baixo escoamento entre abril e setembro, que se deve a pouca chuva neste determinado período exemplificado na Figura 2, que mostra os dados da precipitação diária na cidade de Londrina, obtidos pela estação AGROCLIMATOLÓGICA em que é possível identificar poucos dias de chuva entre os meses de abril a setembro. Esse período soma um total de 230 dias que foram utilizados para o cálculo da curva de recessão.

Figura 1 - Vazão diária do Rio Jacutinga em 2006, evidenciando o período de recessão.

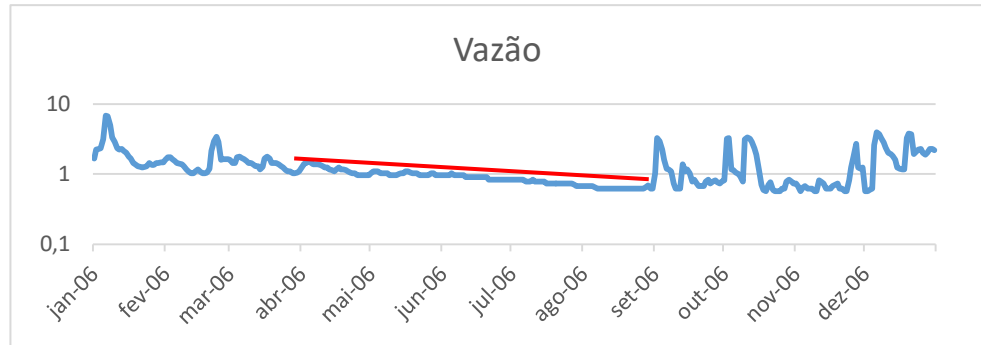
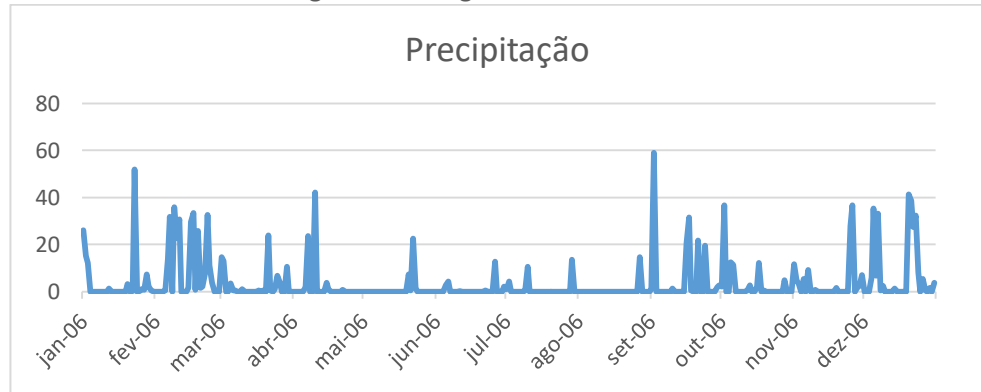


Figura 2 – Precipitação na cidade de Londrina obtidos pela estação Agroclimatológica no ano de 2006.



A disponibilidade hídrica em forma de excedentes é a consequência do confronto entre os valores de evapotranspiração e precipitação pluviométrica, ou seja, aquela quantidade que não sofreu evapotranspiração que irá abastecer as águas subterrâneas, os rios, o absorvido pelas plantas e, conseqüentemente, que está disponível para o uso humano nas mais diferentes finalidades (SANTOS, 2009).

Dentre os três anos selecionados, 2006 obteve a maior deficiência e retirada hídrica. Tais retiradas ocorreram nos meses de janeiro, março, abril, maio, junho, julho, agosto e outubro. Por se tratar de um ano atípico, no qual houve pouca ou nenhuma chuva durante 75% do ano, houve retiradas em períodos nos quais deveriam obter reposição hídrica. Sua reposição hídrica ocorreu no mês de fevereiro (referente ao déficit de dezembro do ano anterior e janeiro do mesmo ano) e no mês de setembro, devido ao déficit dos meses de março, abril, maio, junho, julho e agosto.

Os valores de excedentes e as deficiências hídricas, retiradas e reposição hídrica para o ano mais seco podem ser visualizados na figura 3.

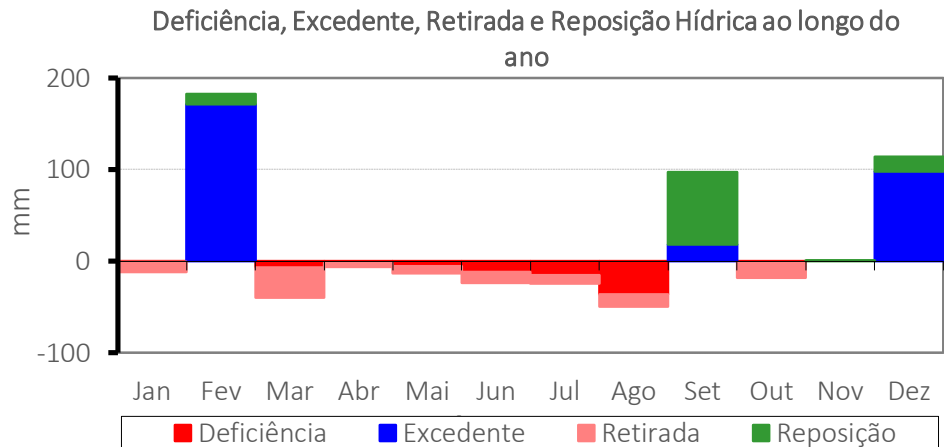


Figura 3 - Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica do ano de 2006.

Dentre os três anos selecionados, 2006 obteve a maior deficiência e retirada hídrica. Tais retiradas ocorreram nos meses de janeiro, março, abril, maio, junho, julho, agosto e outubro. Por se tratar de um ano atípico, no qual houve pouca ou nenhuma chuva durante 75% do ano, houve retiradas em períodos nos quais deveriam obter reposição hídrica. Sua reposição hídrica ocorreu no mês de fevereiro (referente ao déficit de dezembro do ano anterior e janeiro do mesmo ano) e no mês de setembro, devido ao déficit dos meses de março, abril, maio, junho, julho e agosto.

CONCLUSÃO

A partir do potencial de armazenamento, foi constatado que a porcentagem de restituição foi menor no ano mais chuvoso do que no ano mais seco. Isso se deve a má distribuição de chuvas durante cada ano, ou seja, no ano de 2009 ocorreu uma alta precipitação, fazendo com que o solo saturasse mais rapidamente impedindo a infiltração da água e aumentando o escoamento superficial naquele ano. Em 2006, como as chuvas foram mais bem distribuídas, a percolação foi maior comparada ao ano de 2009, aumentando a porcentagem de restituição da bacia. Isso pode ser visto explicitamente no ano de 1996, o ano na média, que a precipitação foi mais conveniente e bem mais distribuída desencadeando uma percolação e restituição de água na bacia mais elevada do que nos outros dois anos.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional das Águas. **Quantidade de água**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em: 21.dez.2017

ATHAYDE, Gustavo B.; Müller, Camila de V.; Filho, Ernani F. da .; Hindi, Eduardo Chemas. Estudo sobre os tipos das águas do Aquífero Serra Geral no município de Marechal Cândido Rondon-PR. **Águas Subterrâneas**, v.21, n.1, p. 111-122, 2007.

CELLIGOI, André. **Hidrogeologia da Formação Caiuá no Estado do Paraná**. 2000. 95 f. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

Instituto das águas do Paraná. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em:

<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=264>. Acesso em: 18.dez.2017.

MOCELLIN, Roderlei C.; FERREIRA, Francisco J. F. Conectividade e compartimentação dos sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani no sudoeste do estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 3, p. 567-579, 2009.

ROSA FILHO, Ernani F. Caracterização da depleção de um aquífero através do coeficiente de descarga, α , de Maillet. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 41, p. 125-144, 1993.

SANTOS, Maurício M. dos. **Gerenciamento de recursos hídricos subterrâneos: uso atual e potencial do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo (SP)**. 2009. 206 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

TEIXEIRA, Wilson; CAMPOS, Antônio C. R.; RICCOMINI, Cláudio; BETTENCOURT, Jorge S.; CORDANI, Umberto G. (Org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a instituição Universidade Tecnológica do Paraná por estimular este projeto e ao meu orientador que se dispôs a me ajudar com este trabalho.