

BALANÇO HÍDRICO EM ÁREA CARSTE: O CASO DA BACIA DO RIO RIBEIRÃO DA ONÇA, NO MUNICÍPIO DE COLOMBO-PR

Leandro Redin Vestena (Univ. Estadual do Centro-Oeste do Paraná)

lvestena@unicentro.br

Masato Kobiyama (Universidade Federal de Santa Catarina) kobiyama@ens.ufsc.br

1 INTRODUÇÃO

A população da RMC (Região Metropolitana de Curitiba) alcança hoje cerca de 2,7 milhões de habitantes. O relatório da COMEC (1997) já apontava um déficit de água para o abastecimento da RMC entre 10% e 25%, variando conforme a estação do ano, convivendo a região com rodízios de racionamentos de água realizados pela SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) e conseqüentemente com a falta de água.

O abastecimento de água para a RMC é o maior desafio para os próximos anos. Em 2030 os mananciais poderão estar esgotados (ANDREOLI et. al., 1999). A demanda de água na RMC tem aumentado em função do crescimento populacional, industrial e da elevação do consumo *per capita*.

A boa quantidade de água, o baixo custo de exploração e a dificuldade de se instalar uma infra-estrutura de saneamento convencional, em relevo mais dobrado, levou a SANEPAR a explorar o aquífero carste, sem estudos detalhados de impactos ambientais (NICOLATO, 1999).

Na bacia do rio Ribeirão da Onça, no município de Colombo/PR, área de manancial da RMC, o manejo dos recursos hídricos vem sendo foco de conflito entre a população local e a SANEPAR.

Diante deste fato, o conhecimento prévio do balanço hídrico, bem como dos processos hidrológicos, oferecem informações que fundamentam a tomada de decisões e subsidiam a gestão ambiental em áreas carste. A gestão dos recursos hídricos possibilita adequar os fatores sócio-econômicos aos ambientais, perante a complexa geologia e morfologia cárstica, que caracterizam uma região com especificidade própria. A melhor compreensão da dinâmica hídrica da bacia do rio Ribeirão da Onça, pode viabilizar soluções para as divergências existentes de uso da água, em prol de um bem comum.

Com o objetivo de analisar os processos hidrológicos, modelar e avaliar o balanço hídrico da bacia do rio Ribeirão da Onça, utilizou-se o método do balanço hídrico simplificado e de PENMAN Modificado, para estimar a *ETR* (evapotranspiração real), *ETP* (evapotranspiração potencial) e o balanço hídrico, para o período de monitoramento existente, de 1997 a 2000.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A delimitação da área de estudo foi realizada a partir da localização das estações fluviométricas monitoradas pela SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), desde o final de 1997. Devido à inexistência de ponto de medição da vazão na foz do rio Ribeirão da Onça, definiu-se a área de estudo pela Estação Fluviométrica Montante da Ponte (81290500), sendo que o rio percorre mais

4km até sua foz e por conveniência, neste estudo a área é chamada de bacia do rio Ribeirão da Onça, tendo em vista pertencer ao rio de mesmo nome.

A bacia do rio Ribeirão da Onça localiza-se no nordeste do município de Colombo/PR, entre os paralelos 25°15'00" e 25°17'30" de latitude sul e os meridianos 49°09'00" e 49°13'00" de longitude oeste, área de manancial da RMC, com uma área de 16,118 km². (Figura 1).

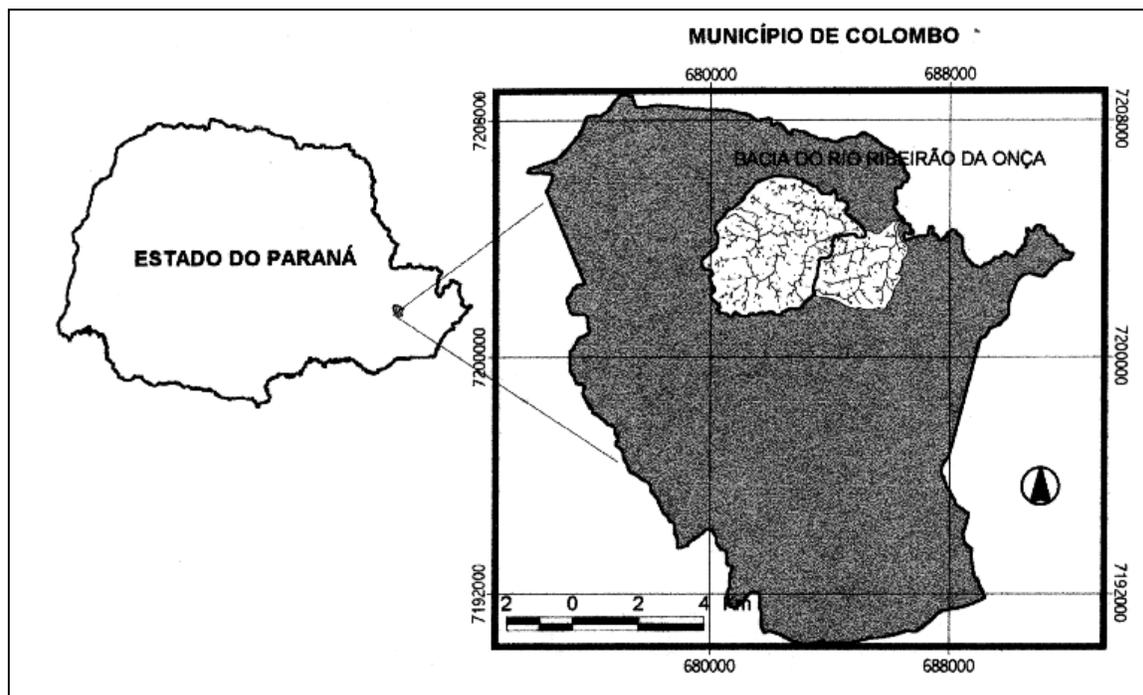


Figura 1 - Localização da Área de Estudo

Conforme o IAPAR (1994), o clima da região enquadra-se, segundo a classificação de Köppen, no tipo Cfb - subtropical úmido mesotérmico, ou seja, clima temperado, com verões frescos, em que a temperatura média no mês mais quente fica abaixo de 22°C, sem estação seca de inverno definida, e com a ocorrência de geadas severas e frequentes, com temperatura média do mês mais frio abaixo de 18°C.

Na bacia a cobertura vegetal representa 52% do uso da terra, destaca-se também a presença de pequenas lavouras destinadas ao cultivo da olericultura, mostrando-se essencialmente rural.

A área de estudo apresenta uma complexa geologia onde pacotes carbonáticos permeáveis (rochas reservatório) são limitados por rochas impermeáveis, fílitos, quartzitos e diques de diabásio (Figura 2). O intercruzamento de duas cristas compostas por diques de diabásio com duas cristas de composição quartzítico-filíticas, impermeáveis à água, formam compartimentos unitários individuais (Figura 2), com comportamento hidráulico e condições de fluxo diferenciados e independentes (LISBOA, 1997).

Os diques de diabásio com espessura de 20 a 30 metros, por serem mais resistentes ao intemperismo em relação às rochas calcárias, ressaltam na topografia, originando pequenas cristas alinhadas segundo a direção NW-SE. Também constituem altos topográficos as

camadas de filitos e quartzitos, não friáveis, que ocorrem intercalados com os dolomitos, destacam MARINI et. al.(1967).

Nas rochas calcárias a topografia é rebaixada com formas cársticas bem características, sendo notável a quantidade de dolinas, sumidouros, uvalas e cavernas, reflexo da erosão diferencial e dos processos de dissolução, que atuam de forma mais intensa nas rochas carbonatadas.

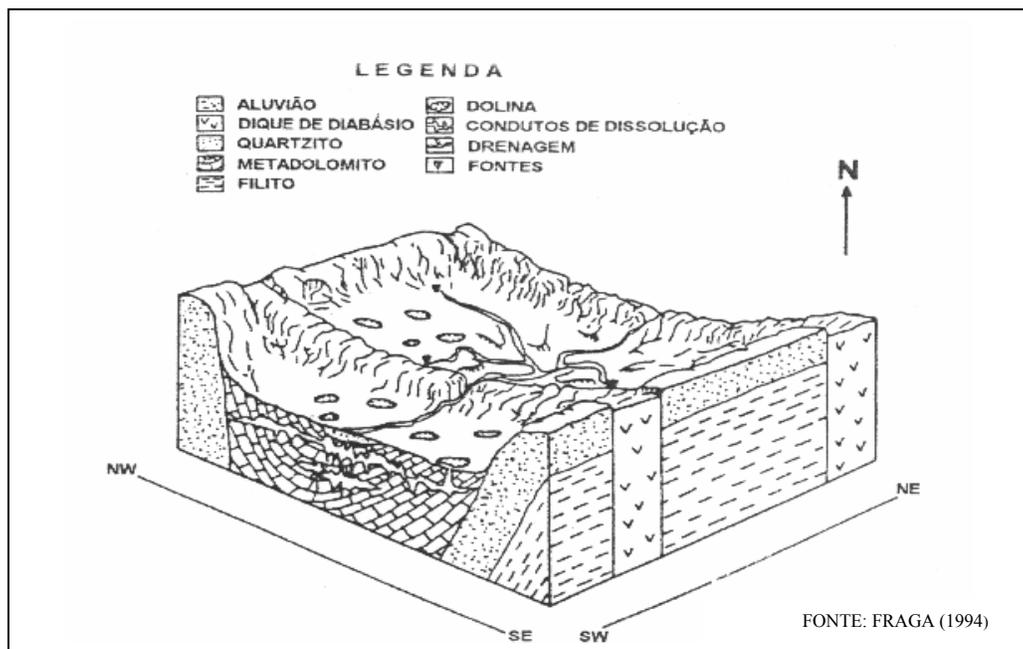


Figura 2 - Modelo Tridimensional Representando Compartimento Unitário.

3 METODOLOGIA

Os dados diários de precipitação, das Estações Pluviométricas de Colombo (02549090) e de Capivari (02549108), temperatura, umidade relativa do ar, insolação, radiação solar e velocidade do vento da Estação Meteorológica de Piraquara (2549041) e de vazão da Estação Fluviométrica Montante da Ponte (81290500), do período de 1997 a 2000 foram utilizados para estimar a *ETP* e a *ETR*, avaliar os processos hidrológicos e estabelecer o balanço hídrico da bacia do rio Ribeirão da Onça.

Os métodos utilizados foram de PENMAN modificado por DOORENBOS e PRUIT (1977), para estimar os valores diários da *ETP* e do balanço hídrico simplificado para estimar a *ETR* e o escoamento subterrâneo.

A *ETP*, segundo o método de PENMAN Modificado foi obtida por meio da equação (1):

$$ETP = C \left[\underbrace{W \cdot R_n}_{\downarrow} + (1-W) \cdot \underbrace{f(u) \cdot (e_a - e_d)}_{\downarrow} \right] \quad (1)$$

Componente da Componente

Radiação Aerodinâmico

onde:

ETP é a evapotranspiração potencial (mm/dia);

C é o fator de correção da fórmula (adimensional) para compensar o efeito do dia e da noite nas condições climáticas, relaciona a radiação solar, a umidade relativa máxima e a velocidade do vento diária e noturna.

W é o fator de ponderação relacionado com a temperatura e altitude (adimensional);

R_n é a radiação líquida (mm/dia);

$f(u)$ é a função relacionada com o vento (adimensional);

$(e_a - e_d)$ é a diferença entre a pressão de saturação do vapor d'água em ' e_a ' e da pressão de saturação real do vapor no ar ' e_d ' (mbar).

Para estimar a ETR utilizou-se do método do balanço hídrico simplificado, sendo igual à precipitação (entrada) menos o escoamento fluvial no exutório e a vazão captada nos poços da bacia (saída).

Com os dados obtidos da ETP mensal, o valor da ETR mensal foi estimado a partir de um coeficiente de correlação entre as médias mensais históricas da ETP estimada por PENMAN modificado e a ETR estimada por $CRAE$ (*Complementary Relationship Areal Evapotranspiration*), proposta por MORTON (1983), que multiplicado pela ETP mensal do mês de referência estimada, fornece a ETR mensal para a área da bacia. Os coeficientes utilizadas foram os propostos por MÜLLER (1995).

A partir da Figura 3 e com os valores da ETR para cada mês estimado modelou-se a equação (2) para quantificar o escoamento subterrâneo.

$$Q_s = P - ETR - Q - Q_p \quad (2)$$

onde:

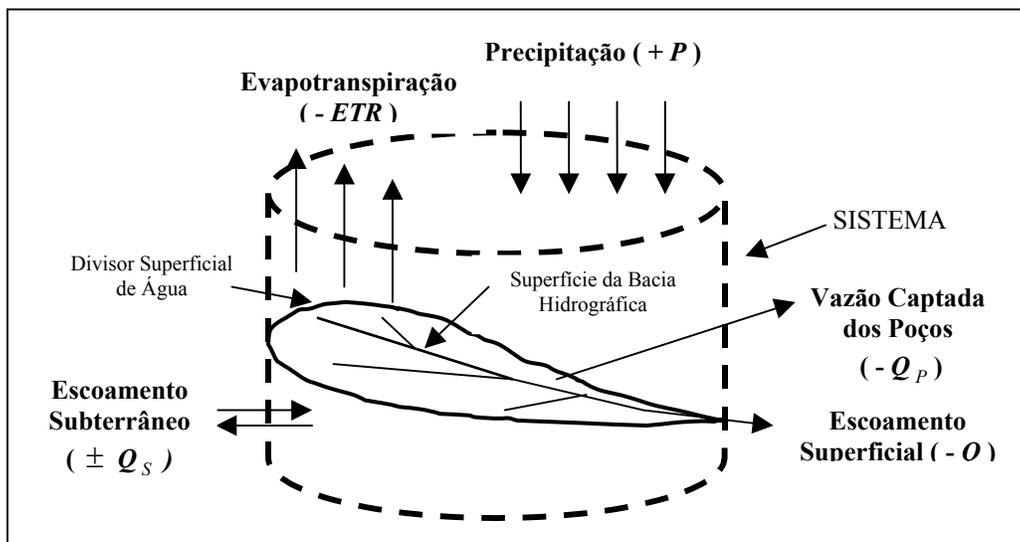
Q_s é a vazão subterrânea que entra (+) ou que sai (-) da bacia;

P é a precipitação;

ETR é a evapotranspiração real;

Q é o escoamento superficial; e

Q_p é a vazão captada dos poços.



Figuras 3 - Componentes do Balanço Hídrico na Bacia Hidrográfica

4 RESULTADOS OBTIDOS

O método do balanço hídrico simplificado quando utilizado para estimar a *ETR*, a partir das variáveis, precipitação, escoamento fluvial e vazão captada, apresentou valores de *ETR* negativos mostrando que outras variáveis influenciam no balanço hídrico da bacia do rio Ribeirão da Onça. Portanto, constatou-se que o volume de água extraída da área da bacia extrapolou os limites da quantidade de precipitação recebidos pela bacia. Tal fato revela que a bacia recebe água captada em áreas externa aos divisores de água superficiais da mesma.

A bacia apresenta áreas de recarga do aquífero que extrapolam os divisores superficiais. A dinâmica do ciclo hidrológico é influenciada por divisores subsuperficiais e subterrâneos.

A partir dos valores da *ETP*, no período de 1997 a 2000, obtidos pelo método PENMAN modificado, uma *ETP* média anual foi de 1141 mm, sendo a *ETP* média diária de 3,12 mm. A *ETP* é maior verão do que no inverno.

Entretanto, a partir dos valores mensais da *ETR* mensal obtida por meio de correlação entre as médias históricas mensais da *ETP* (PENMAN) estimadas e a *ETR* (CRAE), a *ETR* anual foi de 1121 mm.

Com esse obtido e a equação (2), possibilitou-se avaliar o sentido e a quantidade do fluxo de água subterrânea.

A partir disso, identificou-se a contribuição da água subterrânea, onde a média anual recebida pela bacia para o período de 1998 a 2000, foi de 554 mm/ano. A Figura 4 mostra as médias anuais dos componentes do balanço hídrico da bacia do rio Ribeirão da Onça, para o período de 1998 a 2000.

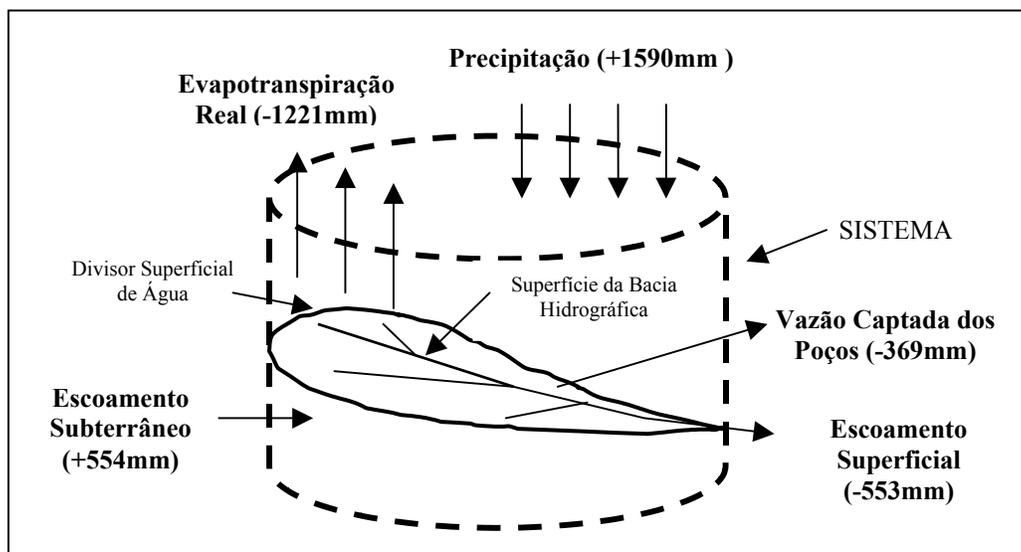


Figura 4 - Média Anual em mm do Balanço Hídrico da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, para o Período de 1998 a 2000.

5 CONCLUSÕES

A bacia do rio Ribeirão da Onça apresenta áreas de recarga do aquífero que extrapolam os divisores superficiais e a dinâmica da água é influenciada por divisores subsuperficiais e subterrâneos decorrentes da geologia e da geomorfologia carste. Recebe por meio de fluxo subterrâneo uma média anual de 554 mm, para o período de 1998 a 2000. Este valor é 34,84% da precipitação média anual (1590mm) da bacia.

A grande contribuição da água subterrânea no balanço hídrico da bacia do rio Ribeirão da Onça, é conseqüência da geologia e da geomorfologia carste. As áreas carste proporcionam uma maior complexidade na dinâmica hídrica. Portanto, uma análise mais precisa dos processos hidrológicos em áreas carste, exigem maiores períodos de monitoramento das águas superficiais (estudos meteorológicos e fluviométricos), com das águas subsuperficiais e subterrâneas (estudos tensiométricos e piezométricos).

REFERÊNCIAS

- ANDREOLI, C. V. et al. Limites ao Desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba, Impostos pela Escassez de Água. **SANARE Revista Técnica da Sanepar**. Curitiba, v.12, n.12, p. 31-41, 1999.
- COMEC - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. Relatório Ambiental: Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba: COMEC, 1997.
- DOORENBOS, J e PRUIT, W. O. **Crop Water Requirement**. Rone: FAO, 1977. (Irrigation and Drainage, Paper 24)
- FORD, D. e WILLIAMS, P. **Karst Geomorphology and Hydrology**. New York: Chapman e Hall, 1991.
- IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994.
- LISBOA, Á. A. **Proposta de Metodologia, para Avaliação Hidrogeológica do Aquífero Cárstico, Compartimento de S. Miguel**. Curitiba: UFPR, 1997. (Dissertação de Mestrado em Geologia)

MARINI, O. J.; TREIN E. e FUCK R. A. O Grupo Açungui no Estado do Paraná. In: BIGARELLA, J, J.; SALAMUNI, R. e PINTO, U. M. **Boletim Paranaense de Geociências** (Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subsequentes da Porção Oriental do Estado do Paraná) Contribuição da Comissão da Carta Geológica do Paraná ao XXI Congresso Brasileiro de Geologia. Curitiba: n. 23 à 25, p.43-104, 1967.

MORTON, F. I. Operational Estimates of Areal Evapotranspiration and their Significance to the Science and Practice of Hydrology. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 66, p.1-76, 1983.

MULLER, I. I. Métodos de Avaliação da Evaporação e Evapotranspiração - **Análise Comparativa para o Estado do Paraná**. Curitiba: CEHPAR - UFPR, 1995. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Hidráulica)

NICOLATO, R. **Sanepar Paralisação no Karst pode causar falta d'água**. Gazeta do Povo, Curitiba, 2 out. 1999.