

UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO NO NORTE DA ILHA DE SANTA CATARINA

Lauro César Zanatta¹; Adilson P. S. Pereira² & Andreza Abdalla³

Resumo - O presente artigo consiste no estudo hidrogeológico do Aquífero Freático dos Ingleses, na porção norte da Ilha de Santa Catarina, mais especificamente na região dos Distritos de Ingleses do Rio Vermelho e São João do Rio Vermelho, ambas localidades situadas no município de Florianópolis, SC. O trabalho realizado sobre a limitação de exploração do Aquífero dos Ingleses consiste na consolidação dos dados obtidos no estudo geofísico e dados de campo obtidos com a operação dos poços, através da utilização de técnicas de geoprocessamento.

A demanda por água tem aumentado sensivelmente, em virtude do crescimento das populações fixa e flutuante, principalmente esta última, que, representada pelos turistas sazonais, responde por grande parte das receitas de Florianópolis. O aquífero Ingleses é o único manancial hídrico disponível para o abastecimento da costa norte da Ilha de Santa Catarina e o estudo permitiu a avaliação da demanda de abastecimento e a sua potencialidade. A exploração do mesmo está limitada pela recarga que se processa naturalmente da precipitação pluviométrica e posteriormente infiltração no solo. Como o ambiente costeiro é formado por depósitos arenosos, configura um ambiente com elevada vulnerabilidade à poluição. A vulnerabilidade do aquífero costeiro associa-se o risco de contaminação de suas águas subterrâneas, ampliada pela significativa densidade populacional, via de regra, em áreas de saneamento "in situ" e também pelo risco de contaminação de água salgada pelo avanço da cunha salina se houver excesso de bombeamento dos poços.

Abstract - The present article consists of the study hidrogeologic of Aquifer free from English, in the north portion of Santa Catarina's Island, more specifically in the area of the Districts of English of Red Rio and São João of Red Rio, both places placed in the municipal district of Florianópolis, SC. The work accomplished about the limitation of exploitation of Aquifer of English consists of the

¹ Geólogo - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento; Rua Emílio Blum 83; 88015-010; Florianópolis; SC; Brasil; Tel.0xx48-2215094; Fax. 0xx48-2215089; e-mail: lzanatta@casan.com.br

² Eng. Eletricista – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento; Rua Emílio Blum 83; 88015-010; Florianópolis; SC; Brasil; Tel.0xx48-2215094; Fax. 0xx48-2215089 e-mail: apspereira@casan.com.br

³ Acadêmica de Geografia – Universidade do Estado de Santa catarina, Rua Saldanha Marinho S/N - Centro/Florianópolis; e-mail: andreza_abdalla@yahoo.com.br

consolidation of the data obtained in the geophysical study and field data obtained with the operation of the wells, through the use of geoprocessamento techniques.

The demand for water has been increasing sensibly, by virtue of the growth of the fixed and flotation populations, mainly this last one, that, represented by the seasonal tourists, he/she answers for great part of the revenues of Florianópolis. The English aquifer is the only spring available hídrico for the provisioning of the north coast of Santa Catarina's Island, the study allowed the evaluation of the demand of provisioning and its potentiality. The exploitation of the same is mainly limited for the recharge that is processed naturally of the precipitation pluviométrica and later on infiltration in the soil. As the coastal atmosphere is formed by sandy deposits, it configures an atmosphere with high vulnerability to the pollution. The vulnerability of the coastal aquifer associates the risk of contamination of its underground waters, enlarged by the significant density population, rule road, in areas of saneamento "in situ" and also for the risk of contamination of salted water for the progress of the it coins saline if there is excess of exploitation of the wells.

Palavras-Chave – vulnerabilidade; recarga; aquífero freático.

INTRODUÇÃO

A água que é um bem imprescindível para a vida, já é atualmente um grande problema nos países desenvolvidos devido à sua contaminação.

O desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos é tema recorrente e pertinente nas discussões da atualidade. A demanda por água tem aumentado sensivelmente, em virtude do crescimento das populações fixa e flutuante, principalmente esta última, que, representada pelos turistas sazonais, responde por grande parte das receitas de Florianópolis. Os distritos de Ingleses do Rio Vermelho e São João do Rio Vermelho são abastecidos exclusivamente com água subterrânea.

De acordo com FETTER (1994), um dos mais importantes aspectos do gerenciamento de águas subterrâneas é a proteção da qualidade da água de um aquífero. Existem diversas fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas, porém, em regiões costeiras e em ilhas, a maior ameaça aos aquíferos é a intrusão salina, pelas águas do oceano. Um regime intensivo de bombeamento de poços de abastecimento público provoca o deslocamento, para o interior da zona costeira, da interface água doce-água salina. Outra fonte poluidora de grande importância nestes aquíferos é a representada pelos sistemas sépticos (fossas sépticas, negras e secas, além de sumidouros).

O Sistema Aquífero abrange os distritos de Ingleses do Rio Vermelho e São João do Rio Vermelho, por sua natureza insular, está sujeito a estas duas ameaças de contaminação de suas águas subterrâneas, incrementadas pelo crescente número de turistas (com reflexos no aumento das

taxas de bombeamento) e pela prática do saneamento *in situ*. Consciente da necessidade de prevenção de tais situações, a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) está limitando a exploração do aquífero para que não haja contaminação do mesmo.

DESCRIÇÃO DA ÁREA

A área estudada compreende a porção nordeste da Ilha de Santa Catarina, englobando as praias de Ingleses, Santinho, Moçambique e o Distrito de São João do Rio Vermelho. Abrangendo cerca de 30 km², a região está compreendida entre as coordenadas 27°25'S, 27°31'S, 48°20'W e 48°25'W.

Trata-se de uma planície costeira arenosa, cuja elevação máxima atinge 395 m, no noroeste da área, delimitando o pacote sedimentar onde se localiza a bateria de poços da CASAN. A região é voltada ao turismo, sendo composta predominantemente pelos setores residencial e comercial. O total de economias abastecidas pela CASAN na costa norte da ilha de Santa Catarina é de 26.973.

A porção meridional da área é contígua à extremidade norte da Lagoa da Conceição e na região centro-sudeste localiza-se o Parque Florestal do Rio Vermelho. Seus eucaliptais margeiam a feição geomorfológica mais importante do local: o campo de dunas móveis, em cujos limites os poços captam as águas que vão para a adutora e, posteriormente para a estação de tratamento de água (ETA) de Ingleses. As dunas são balizadas pelos morros da Feiticeira, dos Ingleses, das Aranhas e Muquém, tendo ligação com a Lagoa da Conceição.

O clima é do tipo subtropical, com invernos relativamente frios e verões quentes. Estas condições climáticas resultam do encontro das duas principais massas de ar: massa de ar tropical atlântica e massa de ar polar.

Considerando os últimos dez anos, os anos mais chuvosos foram 1995, 1997 e 2001 com 2024,2mm, 2173,9mm e 2360,7mm respectivamente. Os meses de maiores precipitações foram em fevereiro de 1994 com 432,7mm, dezembro em 1995 com 563mm, janeiro em 1997 com 632,8mm e janeiro de 1998 com 306,6mm. Em 2002 a precipitação foi normal com 1593,9mm, já em 2003 choveu abaixo da média com apenas 1149,8mm, dados obtidos da estação de São José, latitude 27°35'S e 48°34'O (Climerh, 2004).

Para a região de estudo, o regime pluviométrico tem uma precipitação média de 1562mm (EPT-CASAN 2002), distribuídos de maneira uniforme sobre toda a região.

Como ressaltado anteriormente, por ser banhada pelo Oceano Atlântico, a área está sob os efeitos do equilíbrio hidrodinâmico entre as águas subterrâneas doces e a água salina. Este panorama é comum a todas as regiões costeiras e a exploração racional do manancial subterrâneo

deve ser cuidadosamente planejada e executada, visando à mínima interferência possível na movimentação da interface água doce-água salina.

No mapa da figura n.º1 pode ser apreciada a localização relativa da região estudada.

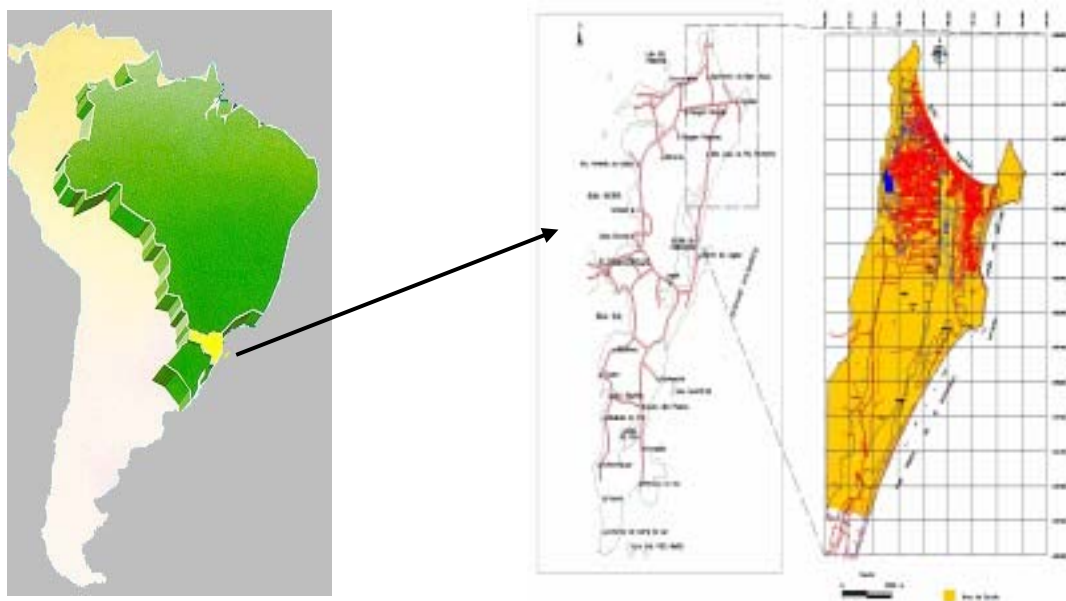


Figura 1 - Localização e Situação

OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar o sistema de captação de água subterrânea, com a definição das condições ótimas de exploração, a fim de se evitar a salinização das zonas produtoras, do único manancial disponível na região.

Assim, este trabalho serve de alerta tanto para o sistema de abastecimento público e privado, para a otimização de seu sistema de abastecimento, garantindo, mediante o uso racional das águas subterrâneas, a sustentabilidade do suprimento à porção nordeste da Ilha de Santa Catarina, buscando alternativas para abastecimento de água para o futuro.

GEOLOGIA

O entendimento da geologia costeira é de fundamental importância, pois, segundo FETTER (1994), alguns dos aquíferos de maior produção situam-se em depósitos de planícies costeiras, citando os exemplos das costa atlântica norte-americana e o Golfo do México.

A planície costeira de Ingleses desenvolve-se paralelamente ao relevo cristalino, orientada aproximadamente na direção norte-sul. A porção sedimentar alonga-se para o leste, tendo como linha de costa as praias de Ingleses, Santinho e Moçambique. Esta planície estreita-se de norte para

sul, e seus litotipos de maior interesse para o abastecimento da área estudada são as areias bem classificadas e os sedimentos areno-argilosos que, intercalados com sedimentos de granulação mais grossa, compõem a base do sistema aquífero. Um cordão de dunas sésseis sobrepõe-se a este pacote sedimentar, sendo, por seu turno, sotoposto a um campo de dunas móveis.

A seguir, descreve-se os depósitos sedimentares locais, compilados de MARTIN et al. (1988) e CARUSO (1993) sendo que as unidades encontram-se dispostas segundo o mapa geológico da Figura 2.

Depósitos Marinhos Praiais

São os depósitos de maior importância para captação de água subterrânea, pois a bateria de poços tubulares situa-se neste litotipo, bordejando as dunas. Os depósitos marinhos praiiais compõem cordões litorâneos que, por suas características intrínsecas e idades distintas, são individualizados e denominados cordão interno e externo. O cordão interno, de idade pleistocênica, é representado por areias médias a grossas, de tonalidade amarelo-amarronzada, com maior compactação do topo para a base e impregnadas por óxidos de ferro. Sua deposição é associada a um evento trans-regressivo do nível do mar, ocorrido há 120.000 anos. Via de regra, estes sedimentos acham-se encobertos por depósitos eólicos e, localmente, interdigitam-se com depósitos de encostas.

Depósitos Transicionais Lagunares

Estes depósitos originaram-se da inundação e da erosão de depósitos arenosos marinhos, devido a uma oscilação positiva e temporária do nível relativo do mar. A exposição destes sedimentos originou os atuais finos que capeiam os depósitos arenosos marinhos. Diferenciam-se em depósitos transicionais lagunares areno-siltosos e silto-arenosos, conforme o percentual de finos. Bem mais recente que o cordão interno, o cordão externo é de idade holocênica, tendo sido depositado há cerca de 2.600 anos. Forma pacotes arenosos esbranquiçados, de granulação média a grossa, compondo as seguintes praias: Brava, Ingleses, Santinho, Moçambique, Barra, Galheta, Mole, Joaquina, Campeche, Morro das Pedras, Armação, Matadeiro, Lagoinha do Leste e Pântano do Sul. Suas areias são, geralmente, recobertas por dunas e, ocasionalmente, recobrem depósitos turfáceos.

Depósitos Transicionais Lagunares

Estes depósitos originaram-se da inundação e da erosão de depósitos arenosos marinhos, devido a uma oscilação positiva e temporária do nível relativo do mar. A exposição destes sedimentos originou os atuais finos que capeiam os depósitos arenosos marinhos. Diferenciam-se em depósitos transicionais lagunares areno-siltosos e silto-arenosos, conforme o percentual de finos.

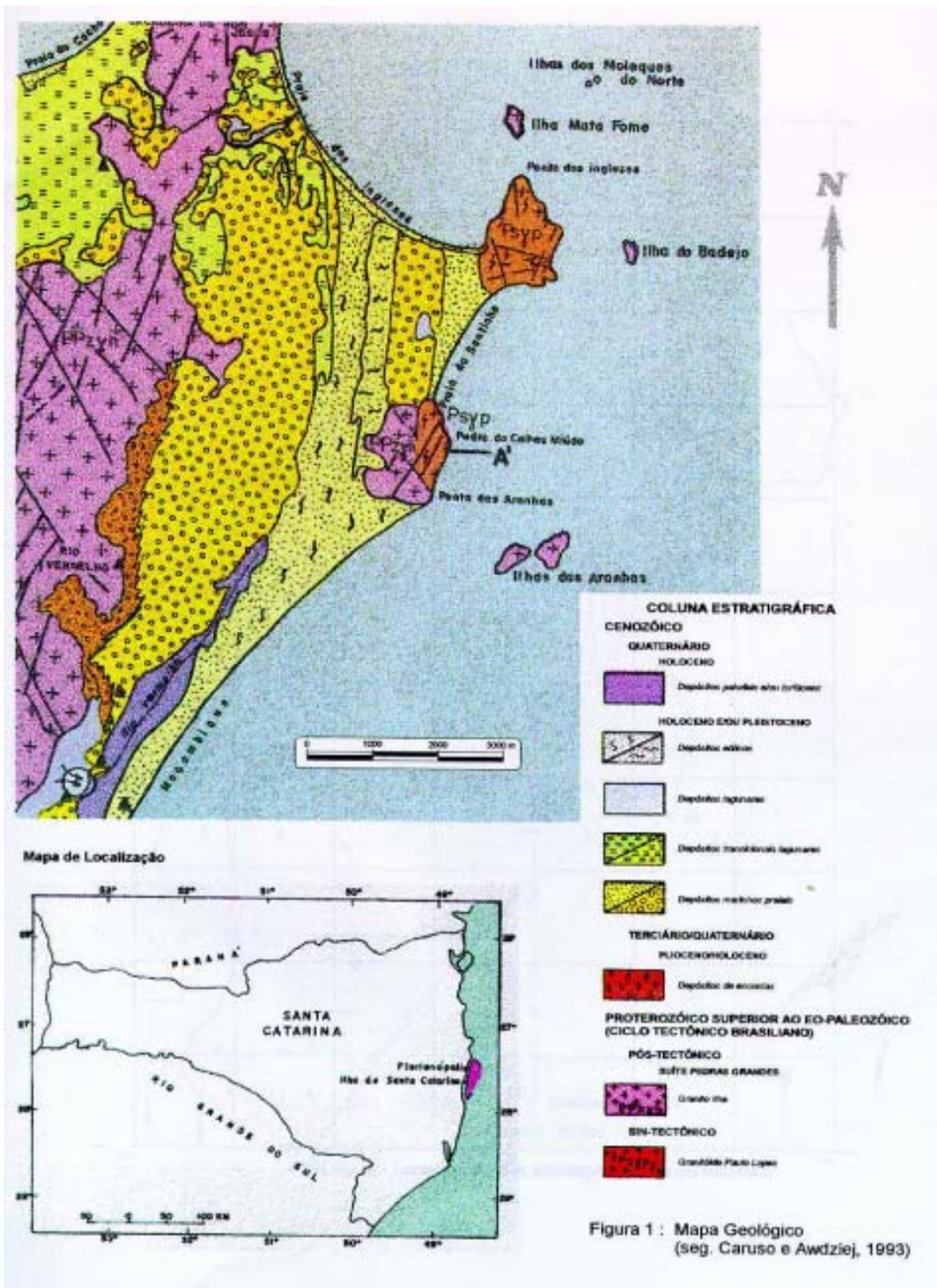


Figura 2 - Mapa geológico

Depósitos Lagunares

Compõem as lagoas da Conceição e Peri, exibindo sedimentos siltosos nas porções centrais e profundas, gradando para material arenoso nas margens.

Depósitos Eólicos

Dada sua ampla distribuição espacial, os depósitos eólicos estão muito bem caracterizados.

Os mais antigos, pleistocênicos, encontram-se quase sempre fixados por vegetação. Apresentam areias amareladas ou amarronzadas, com elevado teor de óxidos de ferro, associando-se aos depósitos marinhos coetâneos e os recobrimo em grande extensão.

Os depósitos atuais holocênicos exibem areias finas a médias, esbranquiçadas, compondo dois grandes campos de dunas, o da Joaquina e o das Aranhas, podendo mostrar-se ativos ou fixados por vegetação arbustiva. Existem, ainda, areias amareladas, que, formando dunas ativas, são oriundas do retrabalhamento de depósitos marinhos pleistocênicos.

O campo de dunas das Aranhas reveste-se de importância pois, localizado no flanco nordeste da ilha, situado na praia dos Ingleses e o norte da praia de Moçambique. Sabendo-se que o transporte dos sedimentos dá-se de sul para norte, sob condições de vento sul, tem-se a praia de Moçambique como fonte principal de sedimentos. Estes acham-se ativos no centro do campo dunar e relativamente sésseis nas bordas.

Depósitos Paludiais e Turfáceos

Estes depósitos representam zonas paleolagunares e ocorrem de modo contínuo ao longo do setor leste da ilha. Situam-se nas depressões entre os cordões litorâneos. Quando encontrados nas zonas semi-alagadas, apresentam características paludiais. Se ocorrem sob o cordão arenoso externo, aparecem sob forma de turfas.

Depósitos de Encostas

São os depósitos sedimentares mais antigos da região estudada, sendo relacionados ao Terciário/Quaternário, compondo sedimentos grossos, com seixos esparsos e matriz siltico-argilosa. De origem continental, apresentam-se como rampas moldadas às encostas dos morros e, eventualmente, chegam a formar depósitos de talus.

Na região do Rio Vermelho, os depósitos de encostas podem ser vistos interdigitando-se com depósitos eólicos, que recobrem depósitos marinhos praias.

Embasamento Cristalino

As rochas graníticas identificadas no mapa geológico são denominadas de Granito Ilha, divisor de águas a leste, Pontas das Feiticeiras e porção interna do Morro das Aranhas, e, Granito Paulo Lopes, formando o Morro dos Ingleses e a ponta do Morro das Aranhas ao mar. São as rochas que delimitam a geometria do pacote sedimentar como um todo.

PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS DO AQÜÍFERO

Foram usados os seguintes métodos para determinação dos parâmetros do aquífero:

Método de Thiem com correção de Dupuit- Aquíferos livres em regime permanente.

Método de Theis sem correção de Dupuit- Aquíferos em regime Transitório;

Método de Rebaixamento - Aquíferos livres em regime transitório e permanente.

Obteve-se os seguintes resultados:

Transmissividade - $T(m^2/s)$ - 2.94×10^{-4} à 8.05×10^{-3}

Condutividade Hidráulica - $K(m/s)$ - 5.54×10^{-6} à 2.94×10^{-3}

Armazenamento - S - 7.84×10^{-5} à 1.18×10^{-4}

BALANÇO HÍDRICO

Considerando-se a presença de água como um ciclo fechado, tem-se que o aporte de água deve ser igual á saída de água de uma determinada bacia hidrográfica. A entrada de água em uma bacia hidrográfica se dá pela precipitação (água da chuva). É exatamente o contorno desta Bacia Hidrográfica que pode ser observado como sendo o limite oeste da área estudada em todos os mapas temáticos apresentados no decorrer do trabalho. A linha a oeste representa a união dos pontos de cumeeira, divisores das bacias hidrográficas.

Do total de água precipitado, uma parte fica retida nas árvores, se evaporando em seguida, uma parte se infiltra no solo, podendo alimentar o lençol freático ou evapotranspirar e uma outra se transforma em escoamento superficial. Assim sendo, o balanço hídrico pode ser escrito de acordo com a equação 01, como:

$$P - ETP - I - Es = 0 ; \quad (Equação 01)$$

onde P = precipitação;

ETP = evapotranspiração;

I = infiltração;

Es = escoamento superficial.

Precipitação

A precipitação é a forma como a água entra no sistema (bacia hidrográfica), sendo formada pela condensação das partículas de água presentes na atmosfera. Na consideração de um balanço hídrico para finalidades de avaliação da recarga de um aquífero, deve ser considerado um balanço anual. Tendo-se em vista, ainda, a avaliação da disponibilidade hídrica para abastecimento urbano, é também importante confrontar os valores de recarga do aquífero com os valores de demanda, a nível mensal, objetivando a determinação dos períodos críticos.

Para a região de estudo, Distrito de Ingleses e Rio Vermelho, o regime pluviométrico tem uma precipitação média anual de 1562 mm, distribuídos de maneira uniforme sobre toda a área.

Evapotranspiração

A evapotranspiração é uma das variáveis de saída do sistema bacia hidrográfica e é o resultado da evaporação da água presente no solo e da transpiração vegetal. Esta variável depende de vários fatores, como a temperatura, umidade do ar e período de insolação. Devido à dificuldade de avaliação desta variável, foram criados mecanismos de avaliar a evapotranspiração potencial de uma região, que corresponde à máxima quantidade de água que seria perdida para a atmosfera caso houvesse sempre água disponível para evapotranspirar e dentro de condições de constante renovação do ar.

A evapotranspiração real é a quantidade de água que é realmente transferida para a atmosfera, de acordo com as condições existentes, em termos de umidade do ar, insolação, temperatura e cobertura vegetal, além da disponibilidade hídrica existente.

A taxa de evapotranspiração real está relacionada com a umidade do solo e para ser calculada deve-se levar em conta a altura precipitada. Dentre vários métodos disponíveis para a determinação desta variável, o que mais se aproxima da realidade é o proposto por L. Turc, citado por Borges (1996) através da equação 02:

$$ETR = P \cdot (0,9 + P^2/L^2)^{-0,5} \quad (\text{Equação 02})$$

onde ETR = evapotranspiração real anual (mm);

$$L = 300 + 25.T + 0,05.T^3;$$

T = temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$).

Infiltração

A infiltração da água no solo é a fonte de recarga das águas subterrâneas. Parte da água que se infiltra no solo vai alimentar o lençol freático e outra parte será evapotranspirada, conforme

formulação indicada na Equação 01. A infiltração ocorre, principalmente, em função das características do solo, da taxa de impermeabilização e das características de cobertura vegetal da área. Desta forma, e conforme a equação do balanço hídrico, da água precipitada, o que não se torna escoamento superficial e nem se evapotranspira, vai se tornar a recarga do aquífero. Assim, partindo-se da equação de balanço hídrico, determina-se a recarga do aquífero,

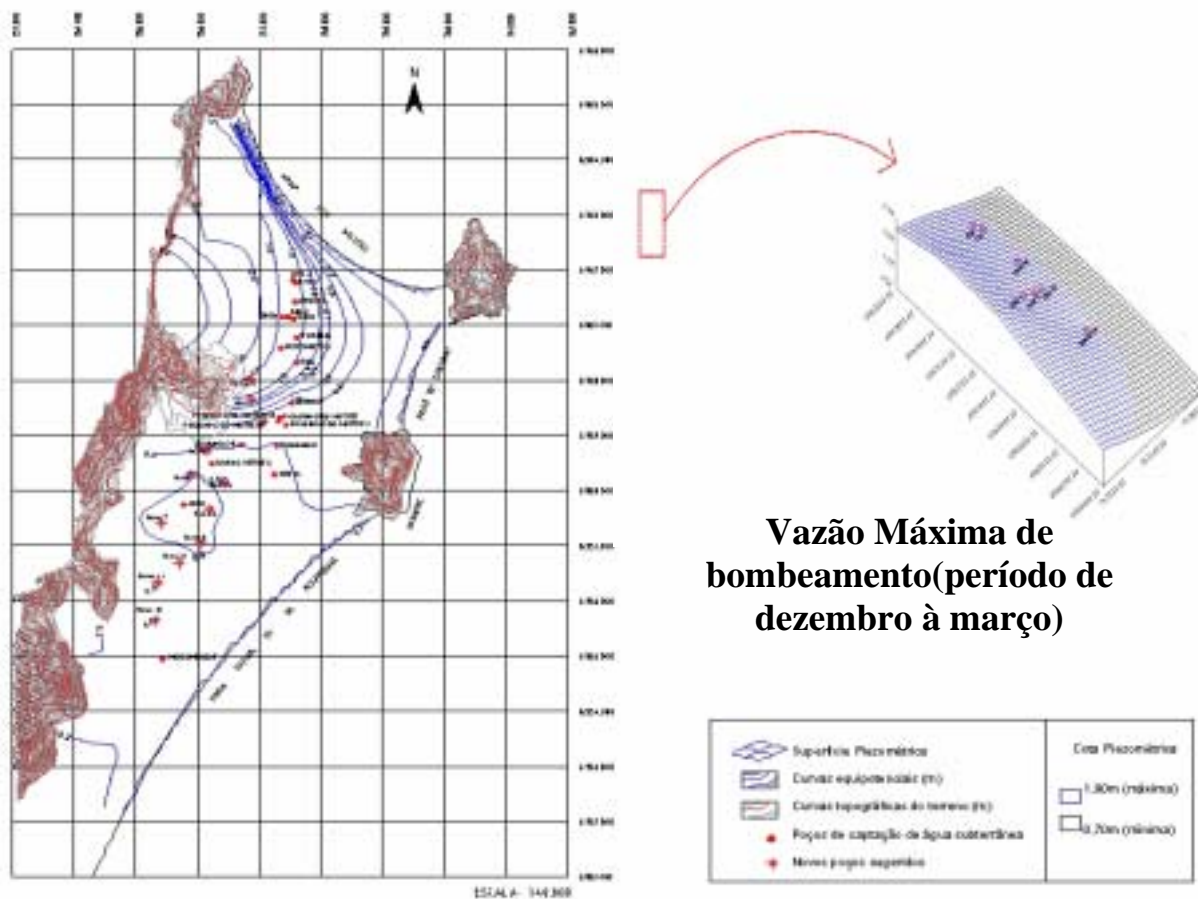
Vazão máxima a ser explorada

A vazão máxima a ser explorada no aquífero dos Ingleses, considerando a configuração atual com o aumento do número de poços, foi estabelecida para um total de 30 poços, 11 novos além dos 19 poços atualmente existentes neste sistema. Poços desativados nas outras simulações foram ligados com uma vazão inferior que possibilitou sua utilização e a mínima adição de novos poços (onze), para uma vazão máxima de 393,52 l/s ou 34.000 m³/dia.

O balanço hídrico para a exploração de 393,52 l/s, ou 1.020.000 m³/mês excede em 39,82% a recarga do mês de dezembro, consome 96,92% da recarga do mês de janeiro e se recupera nos meses de fevereiro e março, quando as descargas representam 57% e 49% da recarga dos respectivos meses.

Atualmente a vazão explorada para o Sistema de Abastecimento de Água da Costa Norte da Ilha de Santa Catarina, segundo a CASAN é de 320 l/s.

Com base nas informações preliminares, foi escolhido e aplicado o modelo tridimensional (Guiguer, N. & Franz, T., 1994), de forma a apresentar, da melhor maneira possível, as condições hidrogeológicas específicas do modelo desenvolvido. A figura n.º 3 demonstra o modelo da vazão máxima a ser explorada.



Fonte EPT – CASAN / 2002

Figura 3 – Vazão máxima de bombeamento

VULNERABILIDADE

As metodologias utilizadas na avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos foram o GOD (FOSTER & HIRATA, 1993) e DRASTIC (Aller *et. al.*, 1987).

Método GOD, apresenta *índice de vulnerabilidade natural dentro da faixa de extremo*, podendo apresentar variações de baixo a alto. O significado do índice extremo, auferido da região dos Ingleses, denota a fragilidade do aquífero livre, naturalmente desprotegido contra qualquer carga contaminante.

GOD

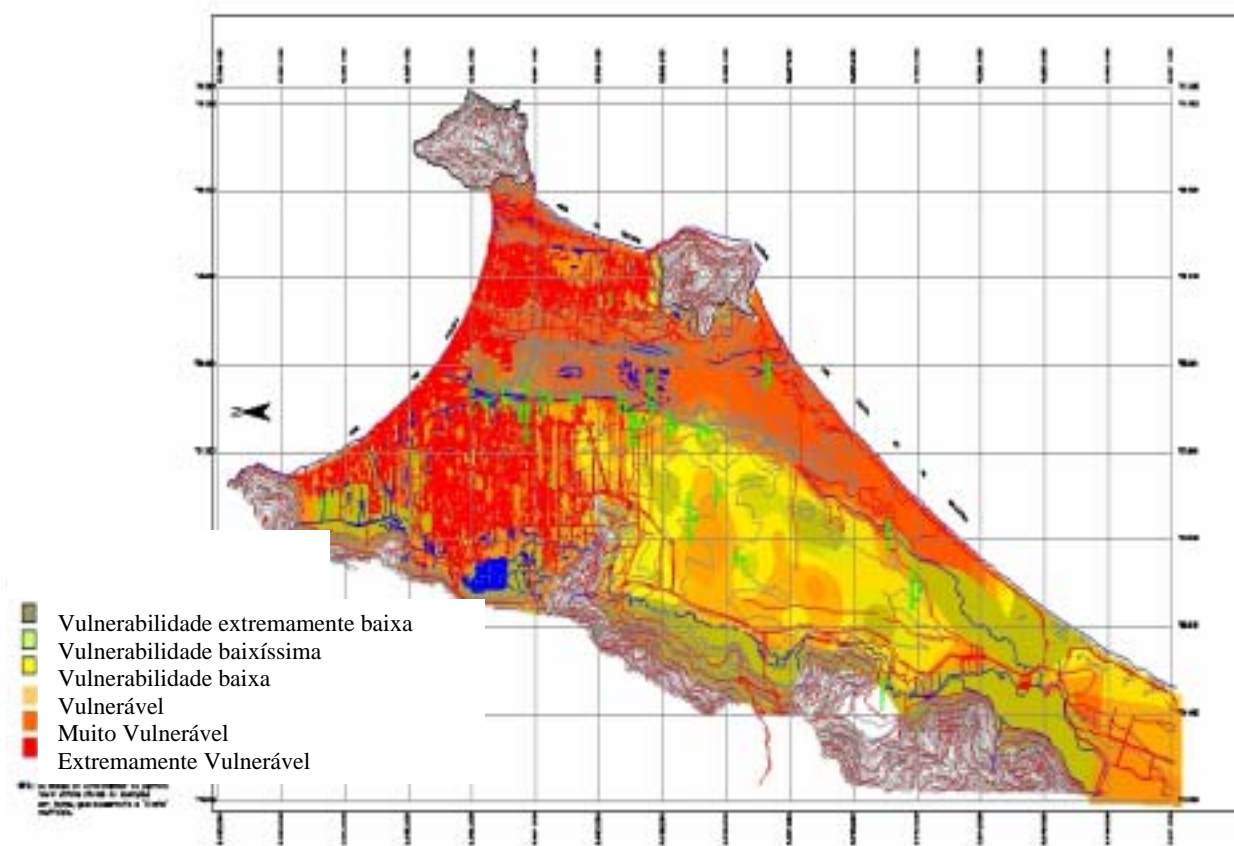
- (**G= Groundwater occurrente**) -tipo de ocorrência da água subterrânea (grau de confinamento);
- (**O= Overall lithology**)- características, em termos litológicos e de graus de consolidação, dos estratos acima da zona saturada;

- (*D= Depth to groundwater*)- profundidade do nível freático, ou do topo do aquífero confinado.

A terminologia DRASTIC forma-se a partir sete elementos descritores:

1. D - Profundidade até o freático ou topo do aquífero confinado;
2. R - Recarga;
3. A - Tipologia do material que forma o aquífero;
4. S - Características do Solo;
5. T - Topografia;
6. I - Capacidade de Atenuação da Zona Vadosa;
7. C – Condutividade Hidráulica;

$$I(\text{vulnerabilidade})=vD(5)*vR(4)*vA(3)*vS(2)*vT(1)*vI(5)*vC(3)$$



Fonte: EPT – CASAN/2002.

Figura 4 - Mapa de Vulnerabilidade

CONCLUSÃO

A vazão máxima recomendada para a exploração do aquífero dos Ingleses no sistema da costa norte é de 393 l/s – 1.020.000 m³/mês.

Considerando as praias abastecidas pelo sistema de abastecimento público, ponteiros residenciais e outros empreendimentos comerciais que usam água do aquífero, toda a vazão disponível já estaria comprometida. Além disso existe outras praias que necessitam ser abastecidas com água do aquífero como é o caso da Praia Brava.

Devido ao índice de Vulnerabilidade ter atingido o grau “extremo” , deve haver restrições para instalação de empreendimentos que possuem atividades potencialmente poluidoras.

RECOMENDAÇÕES

Considerando a vulnerabilidade atual do aquífero e que a capacidade máxima de exploração do mesmo estar comprometida, há um grande risco de poluição vertical e também a possibilidade de salinização por excesso de bombeamento. Recomenda-se ações imediatas por parte das empresas públicas e privadas e a comunidade, bem como o ministério público e a Fundação do Meio Ambiente (FATMA) para buscarem e ordenarem alternativas para abastecimento de água da região norte da Ilha de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CARUSO Jr et al, 1993, Mapa Geológico da Ilha de Santa Catarina.
- [2] CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R. . Hidrologia Subterrânea. Vol. II Omega Editores, 1998. 2308p.
- [3] GUIGUER, N. & FRANZ, T., 1994, Modelagem matemática.
- [4] ESTUDO DO MANANCIAL SUBTERRÂNEO DA COSTA LESTE, Florianópolis SC. EPT-CASAN, 2002.
- [5] FETTER, C.W.. Applied hydrogeology. 3 ed. New York: Macmillan, 1994 691p.
- [6] FOSTER, S. ; HIRATA, R. Determinação dos Riscos de Contaminação das Águas subterrâneas: uma metodologia embasada em dados existentes. São Paulo: Instituto geológico, 1993. 92 p (Boletim, n.º 10).
- [7] HIRATA, R. Vulnerabilidade e risco de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos. In: Simpósio Nacional de Impactos Ambientais e Águas Subterrâneas no Brasil. Rio de Janeiro, ABAS, 1997:Art. 2 25p.
- [8] SANTA CATARINA- 1987- Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina – Convênio DNPM/Estado – IOESC .