

CONTAMINAÇÃO ANTRÓPICA DE UM AQUÍFERO COSTEIRO E SUA IMPLICAÇÃO PARA O PLANEJAMENTO URBANO: ESTUDO DE CASO DO AQUÍFERO DO MARISCAL– CANTO GRANDE (BOMBINHAS-SC)

Luiz Eduardo Carvalho Bonilha¹ & Sérgio Freitas Borges²

Resumo

O município de Bombinhas carece de reservas hídricas superficiais, e tem nos reservatórios subterrâneos uma importante e estratégica reserva para o abastecimento, que nos dias de hoje compreende cerca de 52% da água consumida durante a temporada turística. O aquífero do Mariscal - Canto Grande destaca-se como um dos mais importantes mananciais do município. De modo geral a situação atual de contaminação orgânica e salina do aquífero é bastante preocupante, sendo que a maior parte do reservatório já se encontra com água bruta classificada como imprópria para consumo direto. Evidências apontam que a contaminação orgânica já está afetando a saúde pública. Devido ao crescimento urbano acelerado do município, e a inexistência de um sistema de coleta e tratamento coletivo de esgotos, a contaminação poderá atingir níveis alarmantes nas próximas décadas. A água, nos seus aspectos quali/quantitativos foi usada neste trabalho como uma indicadora da capacidade de suporte ao turismo, bem como da qualidade dos serviços ambientais que o município oferece, dentro de padrões de sustentabilidade, baseados na capacidade regenerativa dos recursos naturais. São apresentadas diretrizes para a elaboração de um plano gestor para o aquífero, acopladas ao desenvolvimento de políticas públicas municipais em meio ambiente, desenvolvimento urbano e saneamento.

Abstract

Bombinhas county doesn't have superficial water resources and has inside of groundwater an important and strategic reserve for supplying, that nowadays include nearly 52% of the consumed water during touristic season. The Mariscal-Canto Grande aquiferous distinguishes itself as one of the most important of the county. In fact the actual situation of organic contamination and salt of the aquiferous is quite preoccupating, being that the largest part of the reservoir is already with non-

Universidade do Vale do Itajaí–UNIVALI, CTTMar, C.P. 360, 88302-202, Itajaí–SC, Brasil, Fone: (0xx47)-3417723, Fax: (0xx47)-3417566. E-mail:

¹ bonilha@cttmar.univali.br;

² sergiofborges@aol.com

drinkable water for direct consuming. Evidences show that the organic contamination is already affecting public health. Due to county accelerated urban growth and the lack of collective collecting and treatment wastewaters systems, the contamination could reach alarming levels for the next decade. Water quail-quantitative aspects has being used in this work as an indicator of support capacity to the tourism as well as the quality of the environmental services offered by the count, inside of sustainable standards, based on the capacity to regenerate natural resources. They've been presenting polices for the elaboration of a management plan for the aquiferous together with public county development polices in environment, urban development and sanitation.

Palavras Chave: Contaminação, Aquífero Costeiro, Políticas Públicas

INTRODUÇÃO

O município de Bombinhas está situado na península de Porto Belo (SC), no litoral centro-norte do Estado de Santa Catarina, possuindo uma área de 35,7 km², sendo atualmente o menor município do Estado (Figura 1), tendo no turismo sua principal atividade econômica, seguido da atividade imobiliária, pesca e maricultura.

A densidade demográfica média atual, é de 161 hab./km² (SEBRAE, 1998), sendo que durante a temporada de verão esta densidade chega a atingir 1.400 hab./km². A população fixa atualmente é cerca de 7.500 habitantes. No entanto a população flutuante nos meses de verão pode atingir até 60.000 hab., ou cerca de 10 vezes a da população fixa (PMB, 1995). O município vinha apresentando uma elevada taxa de crescimento, cerca de 4,22 % (SDM, 1998), bem maior do que a média do estado, o que é uma função da elevada imigração (PMB, 1996). Durante 2000-2001 o crescimento urbano foi explosivo, e a construção civil atingiu a taxa de crescimento de 20% (PMB, *com.pess.*), com sérios problemas ao planejamento urbano, do município, entre eles: ocupação de áreas não indicadas a edificação, problemas na implementação de unidades de conservação, e grandes problemas associados ao abastecimento de água tratada. Segundo Guerreiro (1999) cálculos realizados de acordo com o Plano Diretor e Lei de Zoneamento e Uso do Solo vigentes, permitem estimar uma ocupação de saturação para o município da ordem de 300.000 habitantes durante temporadas de veraneio, correspondendo a uma densidade demográfica de cerca de 8.500 hab./km², compatível com cidades como São Paulo (6.823 hab. – *censo* IBGE 2000).



Figura 1: Município de Bombinhas. Em vermelho no detalhe a área de estudo: planície quaternária dos bairros do Mariscal, Canto Grande e Morrinhos, que constitui parte da Microbacia do Mariscal.

A planície dos bairros do Mariscal e Canto Grande, destaca-se como a maior planície do município disponível a ocupação. Ainda parcialmente urbanizada, possui grandes áreas verdes, sendo ainda possível ser planejado seu desenvolvimento urbano. A área de estudo engloba a toda a planície ocupada por estes bairros. Segundo o Plano Diretor, e a Lei de Zoneamento e Uso do Solo do Município a ocupação futura deste local foi planejada para atingir um grande adensamento. Segundo POLETTE *et al.* (1998), este nível de adensamento poderá vir a exceder a Capacidade de Suporte natural do ambiente, face às características da fragilidade ambiental, associadas a sua gênese geológica, principalmente relacionadas à questão do recurso hídrico.

No município de Bombinhas 95,8% das residências possuem o Sistema Individual de Tratamento de Esgoto – *SITE*, estando 27,1% com sistema adequado e 68,1% com sistema inadequado (PMB, 1996). Até 1996 cerca de 29,4% das famílias do município utilizavam água para consumo oriunda diretamente de mananciais (poços-ponteira e nascentes), e 6,9 % das residências utilizavam mais de uma origem, além da água da rede (PMB, 1996). Durante a temporada de verão o consumo de água aumenta e a importância da utilização da água subterrânea atinge 52,3 %, sendo que em alguns bairros, como o Mariscal e Canto Grande, este índice pode atingir até 100% da água consumida (BONILHA & BORGES, 1999).

A CASAN (Companhia de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina) durante o período de verão capta, trata e distribui cerca de 56% da água subterrânea consumida nos bairros durante o ano, enquanto que 24% é captada, tratada e distribuída por uma rede privada que atende um loteamento e

um condomínio. Cerca de 20% da água captada anualmente é consumida sem tratamento; desta 13% corresponde a poços-ponteira de residências, e 7% de poços ponteira de estabelecimentos comerciais (BONILHA & BORGES, 1999).

Devido a inexistência de rede coletora de esgoto, torna-se importante o conhecimento sobre a situação atual da qualidade do manancial subterrâneo, já que é utilizado como principal fonte de abastecimento nestes bairros, constituindo um recurso estratégico para suportar o crescimento urbano, sendo que sua importância como manancial tende a crescer no futuro próximo.

A área abrangida pelo aquífero Mariscal-Canto Grande possui 3,4 km² (10% da área do município), e pode ser considerado um aquífero local, livre e freático, formado por sedimentos arenosos litorâneos, modernos, inconsolidados, localizado dentro da Província Hidrogeológica Cenozóica do Estado de Santa Catarina. Devido à pequena ocorrência, o aquífero é bastante restrito, e a qualidade da água nele contida pode ser influenciada pela presença de matéria orgânica e pela intrusão salina (CETESB, 1977).

Este trabalho fez parte do *Programa Estratégico de Desenvolvimento Sustentável para Regiões Litorâneas –Projeto Piloto: Município de Bombinhas (SC) e Áreas de Entorno*, Programa RHAE UNIVALI-UNISUL/MCT (BONILHA & BORGES, 1999).

OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivos principais levantar informações sobre a qualidade do recurso hídrico subterrâneo, que possam orientar o uso comunitário, e subsidiar a re-elaboração futura do Plano Diretor do município, a fim de contemplar um plano gestor de seus aquíferos. Como objetivos específicos temos:

- 1) Determinar a contaminação orgânica do aquífero da região de Mariscal-Canto Grande, a partir do mapeamento dos seguintes indicadores: coliformes fecais, nitrogênio inorgânico dissolvido (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+);
- 2) Determinar a contaminação salina no aquífero, a partir do mapeamento dos parâmetros condutividade elétrica, e dureza total (Ca^{2+} e Mg^{2+});
- 3) Aplicar um índice Global da Qualidade da Água Bruta;
- 4) Definir a qualidade da água subterrânea através dos parâmetros químicos analisados, e das Normas de Potabilidade;
- 5) Determinar a vulnerabilidade do aquífero à contaminação;

- 6) Modelar a evolução da carga de contaminantes orgânicos através do parâmetro nitrato (NO_3^-), como indicador de contaminação do aquífero;
- 7) Determinar a capacidade de suporte da planície do Mariscal-Canto-Grande ao assentamento urbano auto-sustentado, em função do uso racional do recurso hídrico subterrâneo, e do sistema atual de esgotamento sanitário;
- 8) Orientar os usuários do recurso hídrico subterrâneo;
- 9) Dar publicidade aos resultados e mobilizar a sociedade para a problemática da contaminação do recurso hídrico subterrâneo;
- 10) Esboçar ações e propostas para a um futuro plano de gestão do aquífero.

MATERIAIS E MÉTODOS

Escolheu-se o período de janeiro e fevereiro de 1999 para realizar este estudo, por ser época de maior concentração populacional e período de maior precipitação. Foram coletadas amostras de água de poços-ponteira na planície quaternária do Canto Grande, compreendendo, os bairros do Canto Grande, Mariscal e parte de Morrinhos. Foram coletadas amostras de água de 44 poços-ponteira, e durante a coleta foi aplicado um questionário com o usuário, para levantamento de informações a respeito de seu perfil, e análise de sua percepção sobre a água.

Para determinação de Coliformes Fecais foi utilizada a metodologia Padrão de Tubos Múltiplos, expresso em Número Mais Provável (NMP), conforme APHA (1992). A Análise de Nitrogênio Amoniacal seguiu o método de SOLORZANO (1969), adaptado por STRICKLAND & PARSONS (1972). As dosagens de nitrito seguiram o método de BENDSCHEIDER & ROBINSON (1952), adaptado por STRICKLAND & PARSONS (1972). As dosagens de nitrato seguiram o método de WOOD *et al.* (1967) adaptado por STRICKLAND & PARSONS (1972). A dureza total seguiu o método da titulação com EDTA (APHA, 1992). Os resultados de cada parâmetro foram lançados no aplicativo *Surfer for Windows*®, Versão 5.0.1, para determinação das curvas equipotenciais sobre uma base cartográfica.

Dados sobre a captação de água subterrânea no município foram obtidos em 1998, com a CASAN (Bombinhas), e diretamente em entrevistas com proprietários de residências e estabelecimentos comerciais (*campings*, hotéis, pousadas e condomínios). Informações sobre a estrutura geológica do aquífero foram obtidas junto à empresas de perfuração. Valores de precipitação

e temperatura foram estimados para a região de estudo através de dados diários das estações meteorológicas da EPAGRI para as localidades de Florianópolis e Itajaí, no período de 1967 a 1997.

As tendências futuras para a população fixa e flutuante foram projetadas até o ano de 2090, através de modelo de projeção de crescimento populacional que amortece as taxas de crescimento em função da proximidade com o ponto de saturação populacional (BONILHA & BORGES, 1999). A população de saturação foi calculada a partir de informações do Plano Diretor Municipal, e Lei de Zoneamento e Uso do Solo do município.

Foi realizado o balanço hidrológico para o local de estudo, levando em consideração a redução da área de infiltração com a impermeabilização do solo, inferida a seguindo a tendência projetada de ocupação da área de estudo. Os parâmetros hidrogeológicos do aquífero, o volume específico médio do aquífero, a velocidade média de escoamento para o mar, o balanço hidrogeológico, a relação Déficit/Superávit, e a taxa de comprometimento qualitativo do aquífero, em função da recarga artificial foram estimados por BONILHA & BORGES (1999).

A Taxa de Comprometimento (TC_a) da qualidade do aquífero, em função do crescimento populacional foi calculada conforme a Equação 1 (Bonilha & Borges, 1999, adaptada a partir de Borges, 1996).

$$TC_a = Ve^{-1} \cdot 100 \cdot \sum_{t_0}^t Ra_i \quad (1)$$

Onde :

TC_a = Taxa de Comprometimento do aquífero.

Ve = Volume Específico Médio do aquífero

Ra_i = Recarga artificial do manancial, que varia em função do crescimento populacional. É um valor acumulativo.

A projeção da concentração média de nitrato no aquífero foi considerada uma função direta da introdução acumulada de nitrato e do Volume Específico do Aquífero. Foi considerada uma taxa individual de injeção de cerca de 1,88 kg de nitrogênio habitante/ano no lençol freático que corresponderia a 0,157 kg de nitrogênio/mês, a partir do uso do *Sistema Individual de Tratamento de Esgoto*, do tipo Fossa / Filtro Anaeróbio / Poço de Infiltração (LEWIS *et al.*, 1982).

Foi utilizado um Índice de Qualidade Global da Água (IQG) a partir dos parâmetros analisados, adaptado a partir de modificações do índice proposto por FACINCANI *et al.* (1999), elaborado para expressar a qualidade da água da rede distribuída pela SABESP. Segundo FACINCANI *et al.* (*op.cit*),

o índice proposto permite a inclusão e exclusão de parâmetros mediante calibração. Este procedimento foi adotado neste trabalho.

O índice de Qualidade Global da Água Bruta – IQG inclui os parâmetros mensurados nesta investigação divididos em três grupos:

GRUPO 1: Parâmetro bacteriológico que pode afetar a saúde pública => Coliformes Fecais;

GRUPO 2: Parâmetros químicos que podem afetar a saúde pública => Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Nitrato;

GRUPO 3: Parâmetros Químicos e Físico-químicos, que podem interferir na qualidade organoléptica da água, com poucas conseqüências à saúde pública, excetuando-se em casos extremos => Dureza Total, Condutividade.

Para cada parâmetro da amostra é calculado um valor C, que indica o grau de aderência aos limites de potabilidade estipulados, apresentando assim, uma relação entre o valor obtido do parâmetro e seu respectivo limite de potabilidade (Tabela 1). Valores de $C \geq 1$ indicam que o respectivo parâmetro atende ao padrão, e da mesma forma, quanto maior o valor de C, maior é o seu afastamento do padrão de potabilidade. O cálculo dos valores de C são realizados segundo a Tabela 2.

Tabela 1: Padrões de Potabilidade estabelecidos através de legislação específica ou recomendados através de pesquisas.

PARÂMETRO	LIMITE	LEGISLAÇÃO / REFERÊNCIA
Nitrogênio Amoniacal	1 mg/L N	Res. CONAMA 20/86, Classes 1 e 2
Nitrito	0,1 mg/L N	CEE - Com. Européia ; TVO - Alemanha
Nitrato	10 mg/L N	Portaria 1469 de 29 de Dezembro de 2000 - Ministério da Saúde; Recomendação - OMS
Dureza Total	500 mg/L CaCO ₃	Portaria 1469 de 29 de Dezembro de 2000 - Ministério da Saúde; Recomendação - OMS
Condutividade	750 µS/cm	Logan (1965)
Coliformes Fecais- CF	1	U.S. Public Health Service Drinking Water Standards – 1962 Freeze & Cherry (1979)

Para cada grupo calcula-se a média aritmética dos valores de C, utilizando o valor resultante para cálculo dos respectivos índices (I_1 , I_2 , e I_3), os quais são regidos por uma função exponencial decrescente. Este cálculo não precisará ser feito nas seguintes situações:

- ◆ Não havendo nenhum valor de C no respectivo grupo $i > 0,5$, o índice do grupo i (C_i) será igual a 1;
- ◆ Não havendo nenhum valor de C no grupo maior que 1, o índice do grupo i (C_i) será igual a 0,95;
- ◆ Caso contrário, recorre-se a respectiva exponencial negativa.

Tabela 2: Equações utilizadas para cálculo dos valores de C

PARÂMETRO	EQUAÇÃO
GRUPO 1	
<i>Coliformes Fecais- CF</i>	$C_1 = \text{NMP de Coliformes} / 1$
GRUPO 2	
<i>Nitrogênio Amoniacal</i>	$C_{2-1} = \text{Concentração de N.A. (mg/L N)} / 1$
<i>Nitrito</i>	$C_{2-2} = \text{Concentração de Nitrito (mg/L N)} / 0,1$
<i>Nitrato</i>	$C_{2-3} = \text{Concentração de Nitrato (mg/L N)} / 10$
	$C_2 = (C_{2-1} + C_{2-2} + C_{2-3}) / 3$
GRUPO 3	
<i>Dureza Total</i>	$C_{3-1} = \text{Concentração de CaCO}_3 \text{ (mg/L)} / 500$
<i>Condutividade</i>	$C_{3-2} = \text{Condutividade } (\mu\text{S/cm}) / 750$
	$C_3 = (C_{3-1} + C_{3-2}) / 2$

O cálculo do índice I para cada grupo é feito de acordo com a Tabela 3:

Tabela 3: Expressões para o cálculo de I

GRUPOS	CONDIÇÕES PARA CÁLCULO	FÓRMULA
1		$I_1 = e^{-1,5*(C_1)}$
2	Se pelo menos 1 valor de $C_2 > 1$	$I_2 = e^{-1,0*(C_2)}$
3	Se pelo menos 1 valor de $C_3 > 1$	$I_3 = e^{-0,5*(C_3)}$

A partir dos valores obtidos para os três sub-índices (I_i), calcula-se o valor de IQG, que corresponderá a média geométrica dos mesmos, convertida para uma escala de 0 a 100 (equação 2).

$$IQG = (I_1 + I_2 + I_3)^{1/3} \cdot 100 \quad (2)$$

Na Tabela 4 podem ser vistas as faixas de classificação da qualidade da água de acordo com os valores de IQG.

Tabela 4: Faixas de classificação de qualidade da água de acordo com os valores de IQG.

IQG	CLASSIFICAÇÃO
100	Excelente
De 95 a 99	Ótima
De 85 a 94	Boa
De 70 a 84	Aceitável
De 50 a 69	Insatisfatória
De 0 a 49	Imprópria

- ◆ EXCELENTE: água que apresenta uma qualidade superior àquela definida pelos padrões;
- ◆ ÓTIMA: água que apresenta todos os parâmetros dentro dos limites exigidos;
- ◆ BOA: água que pode apresentar um ou outro parâmetro fora dos limites, porém com pequeno afastamento;
- ◆ ACEITÁVEL: água que apresenta afastamentos um pouco maiores, embora seja uma água que pode ser consumida sem problemas;
- ◆ INSATISFATÓRIA: água que deve ser vista com reservas, pois apresenta desconformidades maiores e mais significativas;
- ◆ IMPRÓPRIA: água que apresenta riscos para o consumidor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Detectou-se a presença de Nitrogênio Amoniacal variando de 0,018 – 3,95 mg/L, em 4 núcleos de contaminação (Figura 2). Acredita-se que a maior parte sejam geradas por inadequações nos Sistemas Individuais de Tratamento de Efluente, frente a grande produção em estabelecimentos comerciais (pousadas) na temporada de verão. A concentração de Nitrito variou de 0,001 a 0,083 mg-N/L, as maiores concentrações foram observadas na porção sul da praia do Mariscal, próxima ao Morro do Macaco. A concentração de Nitrato variou de 0,0014 a 3,61 mg-N/L. Conforme a Figura 3, os maiores valores coincidiram com o bairro do Canto Grande, local de ocupação mais antiga da planície. Segundo BONILHA & BORGES (1999) estes valores elevados estão associados à contaminação, e refletem o

histórico integrado da contaminação orgânica do manancial. Segundo depoimento de moradores locais existem evidências de que a qualidade da água já apresenta implicações para a saúde pública (KINDLEIN, 2000), sendo comuns os casos de vômitos e diarréias no bairro.

A Colimetria indica que das 40 amostras analisadas 65% apresentaram coliformes fecais, que variaram de um mínimo de 2 a um máximo de 280 por 100 ml. As maiores frequências ocorreram na área central do bairro do Canto Grande, próximo ao Morro do Macaco, junto à maior densidade urbana (Figura 4). Os valores mais elevados ocorreram no setor norte da praia do Mariscal, apesar da baixa ocupação, podendo estar relacionados à influência de extensos depósitos geológicos de Ambiente Paludial, que inviabilizam o funcionamento do *SITE* (submersão), causando a inoculação de coliformes diretamente no lençol freático. Estes depósitos se estendem por 30% da área da planície.

A Condutividade Elétrica variou de 45,1 a 664 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Toda a porção leste do aquífero apresentou valores de condutividade crescentes em direção à praia, onde atinge valores máximos (Figura 5). Na região do Bairro do Canto-Grande, nas proximidades do morro do Macaco, devido ao grande bombeamento de água (centro comercial e pousadas) e ao estreitamento pronunciado do aquífero, a intrusão halina é mais pronunciada. A Dureza Total variou de 15 mg CaCO_3/L até 293,3 mg CaCO_3/L . O comportamento deste parâmetro foi similar a condutividade, confirmando o fenômeno de salinização detectado pela condutividade elétrica. Tal fenômeno é motivado pela captação excessiva de água subterrânea durante os meses de verão, e tende a se intensificar em função do aumento da demanda de água subterrânea.

O mapeamento do Índice de Qualidade Global da água, mostra que grande parte do aquífero apresenta baixa qualidade da água bruta, apesar dos valores estarem abaixo dos limites dos Padrões de Potabilidade para os sais nitrogenados (Figura 6). Este fato está associado ao componente microbiológico do índice, em função da ocorrência frequente de Coliformes Fecais nas amostras.

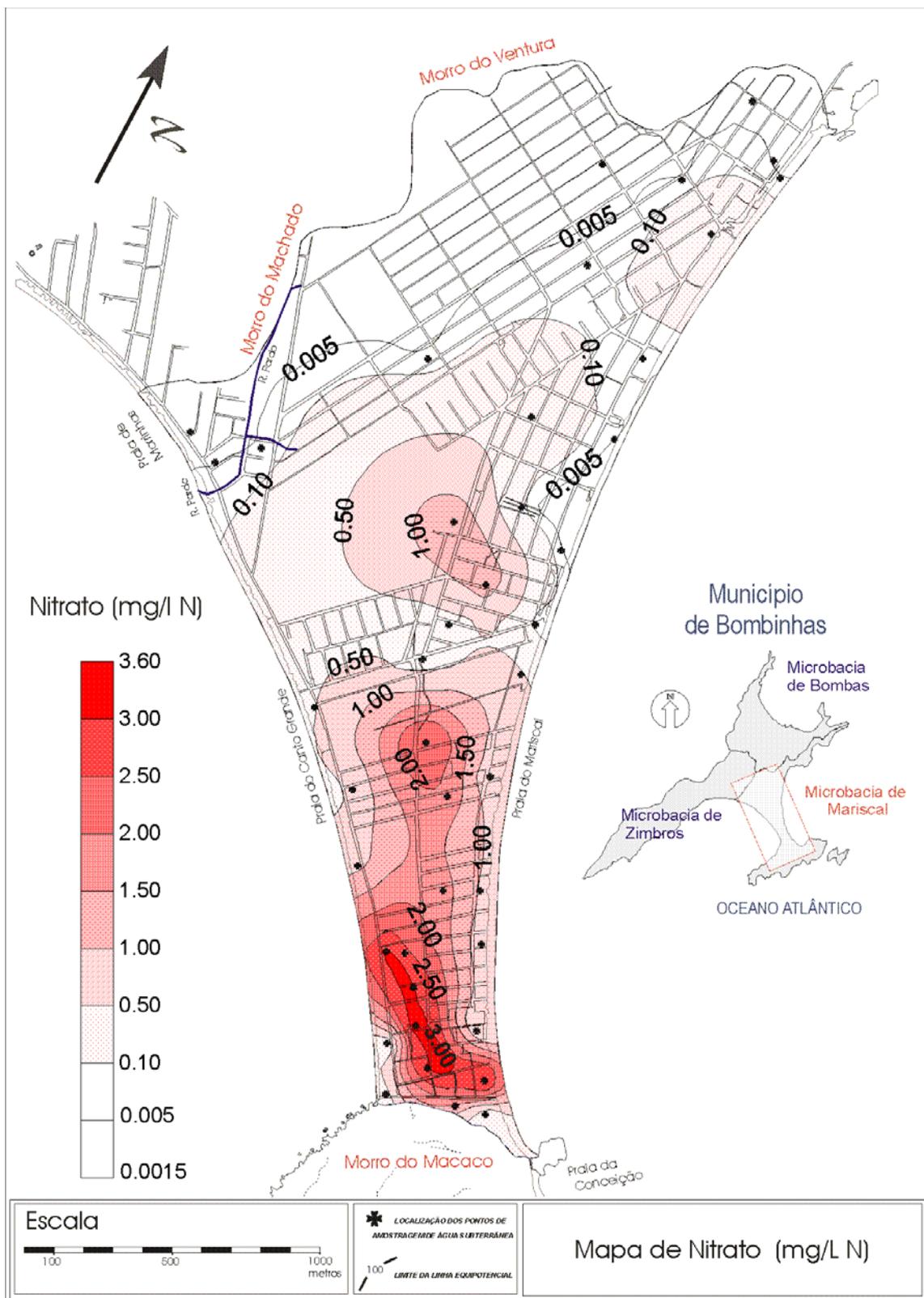


Figura 3: Mapa de distribuição de Nitratos no Aquífero do Mariscal – Canto Grande, Bombinhas (SC).

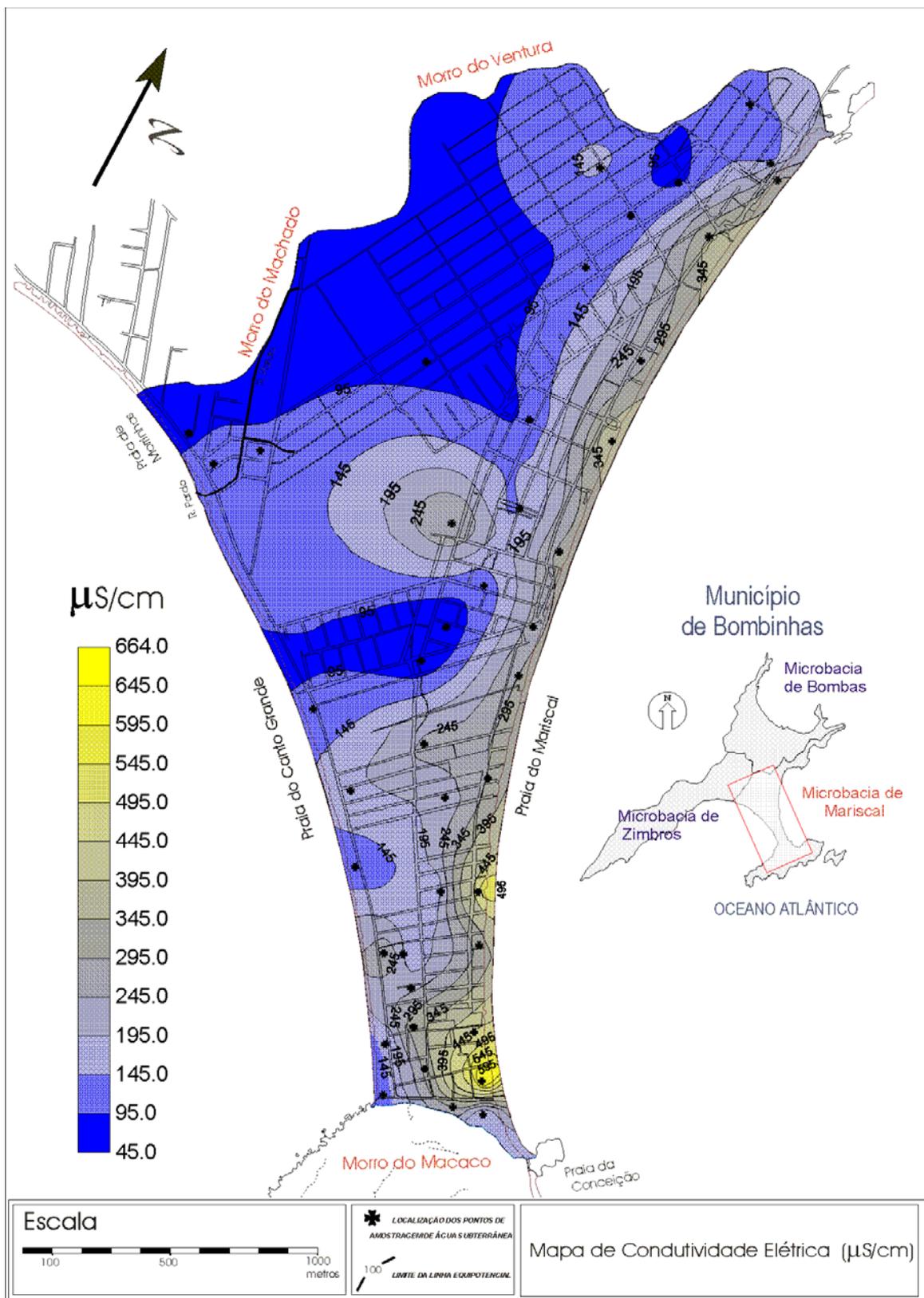


Figura 5: Mapa de distribuição da Condutividade Elétrica no Aquífero do Mariscal – Canto Grande, Bombinhas (SC).

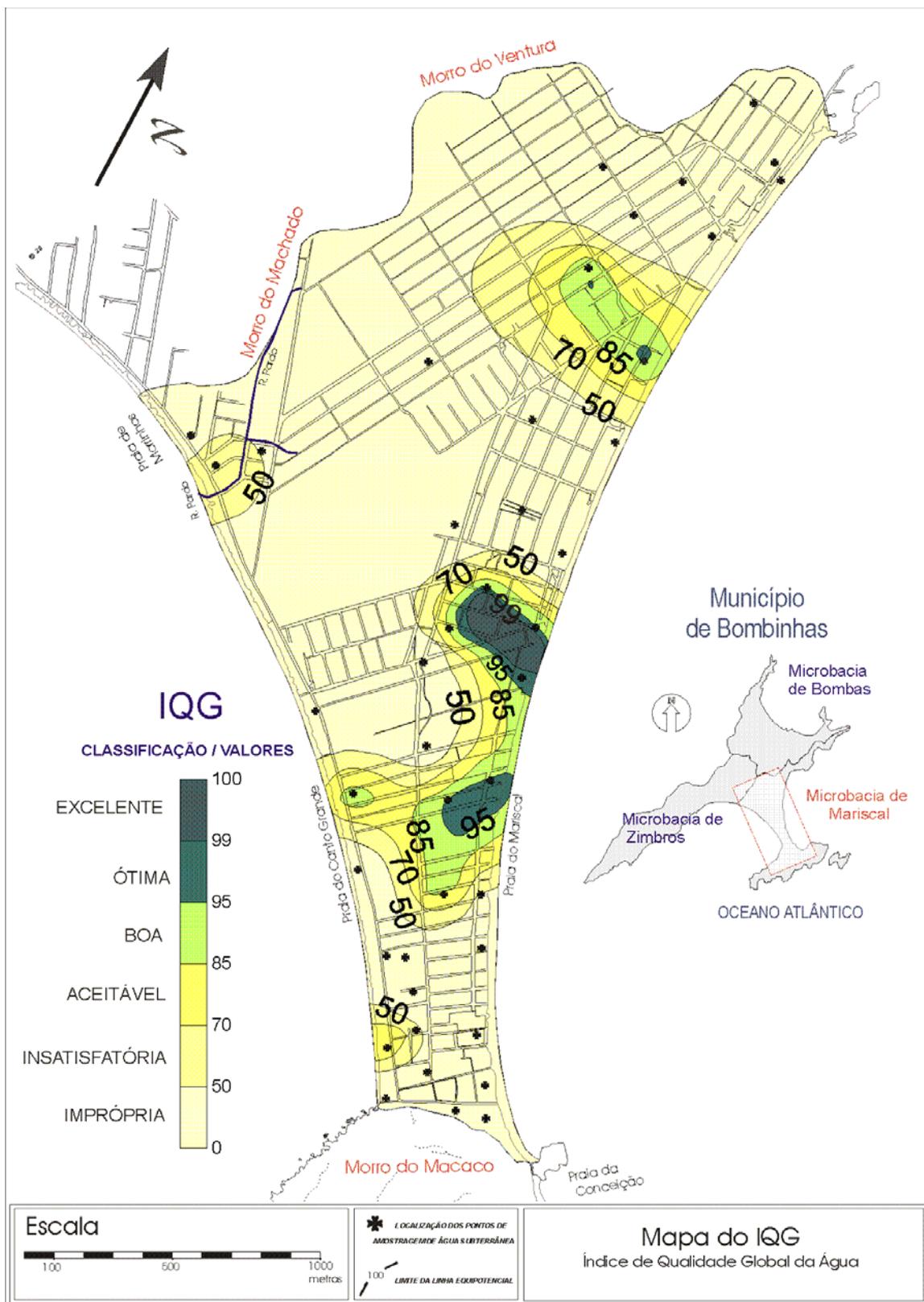


Figura 6: Mapa de distribuição do IQG – Índice de Qualidade Global, no Aquífero do Mariscal – Canto Grande, Bombinhas (SC).

Segundo Foster *et al.* (1988), o Aquífero do Mariscal-Canto Grande é considerado como sendo de alta vulnerabilidade, altamente suscetível de incorporar poluentes, por meio da infiltração. Segundo BONILHA & BORGES (1999) o tempo de descarga do aquífero é de 120 anos, tempo necessário para que os poluentes mais móveis possam ser eliminados naturalmente, apenas pela renovação da água, após a interrupção da fonte poluidora.

Segundo o Sistema de Avaliação da Vulnerabilidade Natural de Aquíferos proposto por FOSTER *et al.*, (1988), o aquífero do Mariscal - Canto Grande é classificado como sendo de alta vulnerabilidade. O tempo de descarga da água do manancial é elevado, cerca de 120 anos, e corresponde ao tempo mínimo de depuração dos poluentes de maior mobilidade da água, apenas por processos de renovação (BONILHA E BORGES, 1999).

Analisando as perspectivas indicadas na Figura 7 têm-se que a Taxa de Comprometimento Qualitativo Atual do aquífero é cerca de 26% do volume total. No entanto, a evolução prevista do comprometimento qualitativo será rápida, atingindo quase 50% do volume do aquífero no ano de 2010, com uma população média de verão de 8.570 pessoas. Cerca de 100 % do aquífero estará comprometido pela recarga artificial no ano de 2025, com uma população média de verão de 15.923 pessoas, significando que nesta data o aquífero estará totalmente inadequado ao uso para abastecimento público. De acordo com a projeção de ocupação de saturação, no ano de 2090, a taxa de comprometimento do aquífero já terá atingido cerca de 1.000% do volume do mesmo, com uma população média de verão de 61.092 pessoas, quando os contaminantes terão atingido índices várias vezes mais elevados que os limites máximos de potabilidade da água conforme legislação em vigor.

Como podemos ver na Tabela 5 a partir de 2025, a concentração média teórica de nitratos dissolvidos na água subterrânea estará superior ao limite de 50 mg/L (ou 10 mg-N/L), que corresponde ao limite de potabilidade indicado pela portaria do Ministério da Saúde Nº 1.469 de 29 de dezembro de 2000. Ao final da execução implementação do atual Plano Diretor para a localidade, teremos cerca de 61.000 pessoas em uma temporada de verão, quando a concentração final de nitratos será de 505 mg/L, um índice muitas vezes superior aos limites de potabilidade, e capaz de causar muitos prejuízos diretos à saúde pública, como: aumento da probabilidade de câncer no trato digestivo (FRASER *et al.*, 1980; PACKER *et al.*, 1995), Metahemoglobinemia Infantil em crianças na faixa etária de 0 a 6 meses (LEWIS *et al.*, 1982; CRAUN, 1984), outras doenças epidêmicas causadas por bactérias, vírus e protozoários (infecção intestinal, diarreias, hepatite, etc...).

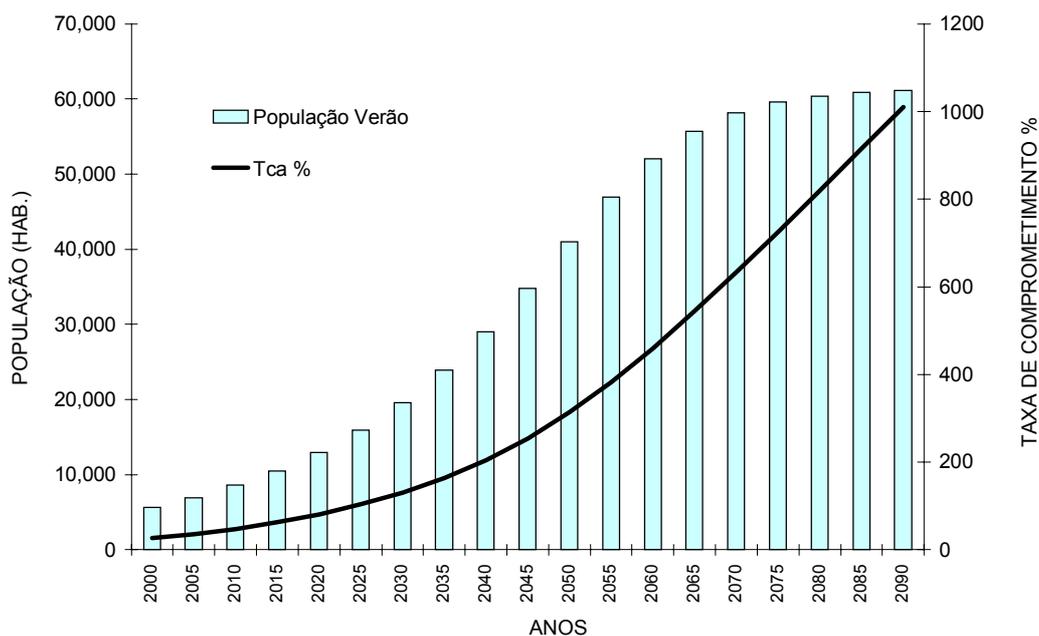


Figura 7: Índice de Comprometimento Qualitativo do Aquífero e População Flutuante ao longo da ocupação urbana sobre o aquífero.

Tabela 5: Projeção da Concentração de nitratos no Aquífero ao longo do tempo, até 2090. Em destaque o ano de 2025.

Ano	População Média de Verão	Aporte Acumulado de NO ₃ ⁻ (kg)	Conc. Média Teórica (mg/L)	Conc. Média Teórica (mg N-NO ₃ ⁻ /L)
2000	5.669	3.698,26	1,07	0,24
2005	6.970	24.666,53	7,11	1,61
2010	8.570	50.448,56	14,54	3,29
2015	10.537	82.149,03	23,67	5,35
2020	12.955	121.121,68	34,91	7,89
2025	15.923	169.000,47	48,70	11,01
2030	19.544	227.653,35	65,61	14,83
2035	23.904	298.923,86	86,15	19,47
2040	29.023	384.104,73	110,69	25,02
2045	34.811	483.477,89	139,33	31,49
2050	40.978	596.350,97	171,86	38,84
2055	46.948	721.306,71	207,87	46,98
2060	52.010	856.261,80	246,76	55,77
2065	55.734	998.663,97	287,80	65,04
2070	58.157	1.146.030,35	330,27	74,64
2075	59.600	1.296.416,06	373,61	84,44
2080	60.412	1.448.525,19	417,44	94,34
2085	60.855	1.601.580,35	461,55	104,31
2090	61.092	1.755.143,38	505,81	114,31

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com relação aos parâmetros analisados, a maior parte do aquífero apresenta água com baixa qualidade global, devido a presença de: 1) coliformes fecais encontrados em grande parte das amostras analisadas, e elevadas concentrações de nitrato e nitrito, principalmente no bairro do Canto Grande. No entanto, caso receba tratamento simplificado antes do consumo a água do aquífero ainda pode ser considerada potável pelos padrões vigentes. O processo intenso de salinização no aquífero é perceptível principalmente no bairro de Canto Grande. Caso seja intensificado o bombeamento neste local poderá vir a ser produzida uma intensificação quase irreversível deste processo, com perda da potabilidade da água. Os resultados dos parâmetros mapeados, e dos valores de IQG, podem servir de base para a orientação dos usuários do recurso hídrico, e para futuras locações e realocações de poços.

Devido a sua posição geográfica peninsular município de Bombinhas é carente em recursos hídricos superficiais, tendo na água subterrânea um recurso estratégico para o desenvolvimento, cuja importância relativa vem crescendo nos últimos anos. Face ao crescimento urbano acelerado e a inexistência de um sistema coletivo de tratamento de esgotos, a contaminação dos aquíferos poderá atingir níveis alarmantes com perda de potabilidade, nas próximas décadas. Desta maneira, recomenda-se criação de um plano gestor para o aquífero, que esteja inserido dentro das políticas públicas municipais em saneamento, meio ambiente e desenvolvimento urbano. Devem ser realizadas ações emergenciais em saneamento, como a readequação dos atuais Sistemas Individuais de Tratamento de Esgoto, e introdução de tecnologias mais eficientes para tratamento dos efluentes de residências em locais de lençol freático mais elevado, correspondentes aos depósitos de Ambientes Paludiais (BONILHA & BORGES, 1999), que compreendem cerca de 30% da região estudada. Baseando-se nas recomendações de VIDAL (1997), o plano gestor deverá entre outros aspectos: 1) estabelecer áreas de conservação na zona de recarga, especialmente nas encostas que delimitam a microbacia; 2) promover a realocação de poços para evitar a contaminação salina; 3) implementar e manter atualizado um cadastro dos usuários do recurso hídrico subterrâneo; 4) instaurar uma política de rebaixamento das taxas de adensamento populacional, com forte controle do parcelamento do solo e da verticalização da construção civil; 5) definir zonas críticas para uso e para monitoramento do recurso; e 6) criação de órgão local responsável pelas medidas de uso e proteção dos aquíferos. Devem ser definidas com base no Mapa do IQG (Figura 7) as áreas preferenciais para alocação dos sistemas de captação da CASAN, sendo que as redondezas destes pontos deverão ter o uso do solo controlado com políticas restritivas. Uma campanha de educação sanitária e orientação sobre o uso do recurso hídrico é recomendada, em função das evidências atuais de comprometimento da saúde pública, bem como a instauração de mecanismos que permitam a participação comunitária na gestão do recurso hídrico.

Todos os usuários que tiveram seu poço analisado foram revisitados e receberam laudos técnicos sobre a qualidade de sua água, e orientação quanto ao uso do recurso. Relatórios do trabalho foram entregues aos líderes comunitários locais, Poder Público (Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano, Saúde, e Turismo e Meio Ambiente), e CASAN. Com a finalidade de promover a participação comunitária no processo de gestão do recurso hídrico, todos os resultados gerados foram apresentados publicamente em 3 reuniões comunitárias. Estas foram promovidas pelas associações de moradores locais, com presença intensa da base comunitária, lideranças comunitárias e políticas de todo o município, CASAN, representantes do poder executivo, e do poder legislativo. Como resultado destas reuniões técnicas, o Poder Público assumiu o compromisso social de priorizar um projeto de esgotamento sanitário coletivo para o município, como caminho definitivo para a conservação do manancial, cuja exploração é estratégica para o município. Ainda, foi alertado da grande importância da adequação do crescimento urbano em função das restrições geográficas e quali/quantitativas do recurso hídrico subterrâneo, e da realidade dos sistemas de saneamento atuais, sob risco do comprometimento da saúde pública, e da sustentabilidade das atividades econômicas do município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA. Standart Methods for Examination of Water and Wastewater. 18ed. Washington. D.C., 1992.
- BONILHA, L.E.C. & BORGES, S.F. (Orgs.). Avaliação da Qualidade da Água Subterrânea e Projeção da Contaminação Orgânica do Aquífero do Mariscal-Canto Grande, Frente a Ocupação Urbana (Bombinhas-SC). Relatório Final. Programa Estratégico de Desenvolvimento Sustentável para Regiões Litorâneas –Projeto Piloto: Município de Bombinhas (SC) e Áreas de Entorno. Programa RHAE UNIVALI-UNISUL / MCT. 154 p., 1999.
- BORGES, S.F. Características Hidroquímicas do Aquífero Freático do Balneário Campeche, ilha de Santa Catarina - SC. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 85 p., 1996.
- CETESB. Poluição das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo: Estudo Preliminar. Secretaria de Obras e do Meio Ambiente, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, 88 p., 1977.
- CRAUN, G.F. Health Aspects of Groundwater Pollution. p. 135-179. In: Bitto, G. & Gerba, C.P. Groundwater Pollution Microbiology. John Wiley & Sons, New York, 1984.
- FACINCANI, V.R.; MORAES, I.P.S.; NARIYOSHI, M.A.C.; YOSHIMOTO, P.M.; ONOFRE, R.M.S. & ORSATTI, W.A.. Índice Geral de Qualidade de Água Distribuída pela SABESP –IGQA. p: 1290-1297. In: Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária E Ambiental, 1999.

- FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. & ROCHA, G. A. Risco de Poluição de Águas Subterrâneas: In: Anais do Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 5, São Paulo. São Paulo: ABAS, 279 p., 1988.
- FRASER, P.; CHILVERS, C.; BERAL, V. & HILL, M.J. Nitrate and Human Cancer: A Review of the Evidence. *International Journal of Epidemiology*, 9(1):3-11, 1980.
- FREEZE, R.A. & CHERRY, J.A. *Groundwater*. Prentice Hall, New Jersey, 604 p., 1979.
- GUERREIRO, M. Análise Cartográfica das Mudanças da Paisagem Costeira no Município de Bombinhas (SC) Considerando a Evolução dos Planos Diretores entre o Período 1992 e 1996. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Oceanografia, CTTMar-UNIVALI, Itajaí. 1999.
- KINDLEIN, G. Poluição Fecal Contamina a Água. *Jornal de Santa Catarina*. 8 de agosto de 2000.
- LEWIS, W.J.; FOSTER, S.S.D. & DRASAR, B.S. O Risco de Poluição do Lençol Freático por Sistemas de Disposição Local de Esgotos. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente/PNUD/IRCWD, Edição Brasileira, 92 p., 1982.
- LOGAN, J. Interpretação de Análises Químicas da Água. U.S. Agency for International Development, Trd. Lemos, A.M., Recife, 1965.
- PACKER, P.J.; CAYGILL, C.P.J.; HILL, M.J. & LEACH, S.A. Regional Variation in Potable Water Nitrate Concentration and its Effect on Total Dietary Nitrate Intake. *J. Water SRT-Aqua*, 44(5): 224-229, 1995
- PMB. Ficha Técnica do Município de Bombinhas. Prefeitura Municipal de Bombinhas, Secretaria de Turismo e Meio Ambiente, 13p. e anexos, 1995.
- PMB. Diagnóstico de Saúde do Município de Bombinhas. Prefeitura Municipal de Bombinhas, Secretaria Municipal de Saúde, Saneamento e Promoção Social. 61 p., 1996.
- POLETTE, M.; SOUZA Jr., S.; MEDEIROS, R.P. & CAVALHEIRO, F. A Aplicação do Modelo de Desenvolvimento de Balneário (MDB) como Estratégia de Gerenciamento Costeiro Integrado. Estudo de Caso no Município de Bombinhas – SC. p.381-408. In: Anais do IV SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, V. III, Águas de Lindóia-SP., 1998.
- SDM. Evolução da População dos Municípios de Santa Catarina 1996/2000. PASEM/DURB. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Governo do Estado de Santa Catarina, 1998.
- SEBRAE,. Plano Estratégico de Desenvolvimento: Município de Bombinhas. Dados Preliminares. *SEBRAE/SC*, 34p., 1998.
- SMITH, R.A. Beach Resorts: A Model of Development Evolution. *Landscape and Urban Planning*, 21: 189-210, 1991.
- STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 167, 2^a Ed. 310 p., 1972.
- VIDAL, C.L.R. Gestão de Aquíferos: Generalidades. *A Água em Revista*, CPRM, V(9): 10-13, 1997.