

# LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGAS SUBMARINAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – SUBMARINE GROUNDWATER DISCHARGE (SGD), NA BAÍA DA BABITONGA UTILIZANDO ABORDAGENS QUÍMICAS E ISOTÓPICAS

Virgínia Grace Barros<sup>1</sup>; Therezinha Maria Novais de Oliveira<sup>2</sup>; Raphael Schumacher Bail<sup>3</sup>;  
Giovanni Maria Zuppi<sup>4</sup> & Mariele Simm<sup>5</sup>

**Resumo** – Emissões de águas subterrâneas em zonas costeiras (Submarine Groundwater Discharge – SGD) ocorrem quando um aquífero (superficial ou confinado profundo) está hidráulicamente conectado com áreas costeiras. Responsáveis pelo transporte de nutrientes, podem também agir como fator coadjuvante na liberação de poluentes, sendo objeto de estudo em diversos países, devido à importância dos processos de mistura e reações químicas que acontecem nestas áreas. De acordo com USGS (2004), as descargas submarinas de águas subterrâneas, SGD – são uma característica litoral presente em todas as costas. Controladas por uma série de processos climatológicos, hidrogeológicos, e oceanográficos, quase sempre transportam águas superficiais e subterrâneas para a costa. Este trabalho visa identificar a ocorrência de SGDs na Baía da Babitonga, localizada no litoral norte do Estado de Santa Catarina com área total de 134 km<sup>2</sup>, com objetivo de caracterizar a qualidade das águas das áreas de SGDs neste estuário, sob vários pontos de vista. Abordagens analíticas tradicionais, isotópicas e ecotoxicológicas estão sendo utilizadas. Áreas suspeitas de ocorrência de SGDs foram localizadas na Babitonga, e resultados preliminares da análise de parâmetros como: temperatura, salinidade, pH, OD, condutividade elétrica e concentração de cátions, na superfície e no fundo validam a hipótese da presença das mesmas.

**Abstract** – Emissions of groundwater in coastal areas (Submarine Groundwater Discharge - DGS) occurs when an aquifer (superficial or confined) is hydraulically connected with coastal areas. Responsible for transporting nutrients, may also act as an adjunct factor in the release of pollutants, are object of study in several countries, due to the importance of mixing processes and chemical reactions that occur in these areas. According to USGS (2004), the submarine groundwater

<sup>1</sup> Depto. Eng. Ambiental, UNIVILLE, Campus Universitário, Bom Retiro, SN – CEP 89201-972 - Joinville / SC – vgbarros@gmail.com

<sup>2</sup> Depto. Eng. Ambiental, UNIVILLE, Campus Universitário, Bom Retiro, SN – CEP 89201-972 - Joinville / SC – tnovais@univille.net

<sup>3</sup> Depto. Eng. Ambiental, UNIVILLE, Campus Universitário, Bom Retiro, SN – CEP 89201-972 - Joinville / SC – raphaelbail@gmail.com

<sup>4</sup> Istituto di Geologia Ambientale ed Ingegneria / CNR, Via Bolognola 7- 00138 – Roma / Italia – zuppi@unive.it

<sup>5</sup> Depto. Eng. Ambiental, UNIVILLE, Campus Universitário, Bom Retiro, SN – CEP 89201-972 – Joinville / SC – lelisimm@hotmail.com

discharges, DGS - are a feature present in all coast zones. Controlled by a series of processes climatological, hydrological and oceanographic, are able to carry surface and groundwater to the coast. This work intends to identify the occurrence of SGDs in Babitonga Bay, located on the north coast of the state of Santa Catarina with total area of 134 km<sup>2</sup>, in order to characterize the quality of water from areas of SGDs in this estuary under different points of view. Traditional analytical, isotopic and ecotoxicological approaches are being used. Suspected occurrence areas of SGDs were located in Babitonga, and preliminary results of parameters such as temperature, salinity, pH, DO, electrical conductivity and concentration of cations, on the surface and bottom validate the hypothesis of the presence of them.

**Palavras-Chave** – SGD, Baía da Babitonga, isótopos estáveis.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com USGS (2004), as descargas submarinas de águas subterrâneas – *Submarine Groundwater Discharge* (SGD) – são uma característica litoral presente em todas as costas. São controladas por uma série de processos climatológicos, hidrogeológicos, e oceanográficos, como por exemplo, os gradientes hidráulicos terrestres que refletem condições climáticas a curto e, em longo prazo, quase sempre transportam águas superficiais e subterrâneas para a costa. Em águas costeiras, processos físicos oceanográficos tais como, a formação de ondas, variação mareal, e a circulação dirigida pela densidade, impactam estes gradientes hidráulicos e afetam assim as taxas da descarga submarina das águas subterrâneas. Embora apenas a descarga de água doce das águas subterrâneas seja esclarecida em simulações numéricas tradicionais de águas costeiras, a descarga das águas subterrâneas salinas recirculadas pode ser igualmente ou ainda mais importante em termos de transporte de material (isto é, nutrientes, metais, substâncias orgânicas) através da terra/margens do mar. Desta forma, as SGD podem ser constituídas por águas subterrâneas doces, águas marinhas recirculadas, ou por uma composição das duas (Figura 1). Conseqüentemente, deve-se avaliar e apresentar as SGD como um vetor para a entrega de nutrientes e outros solutos às águas costeiras.

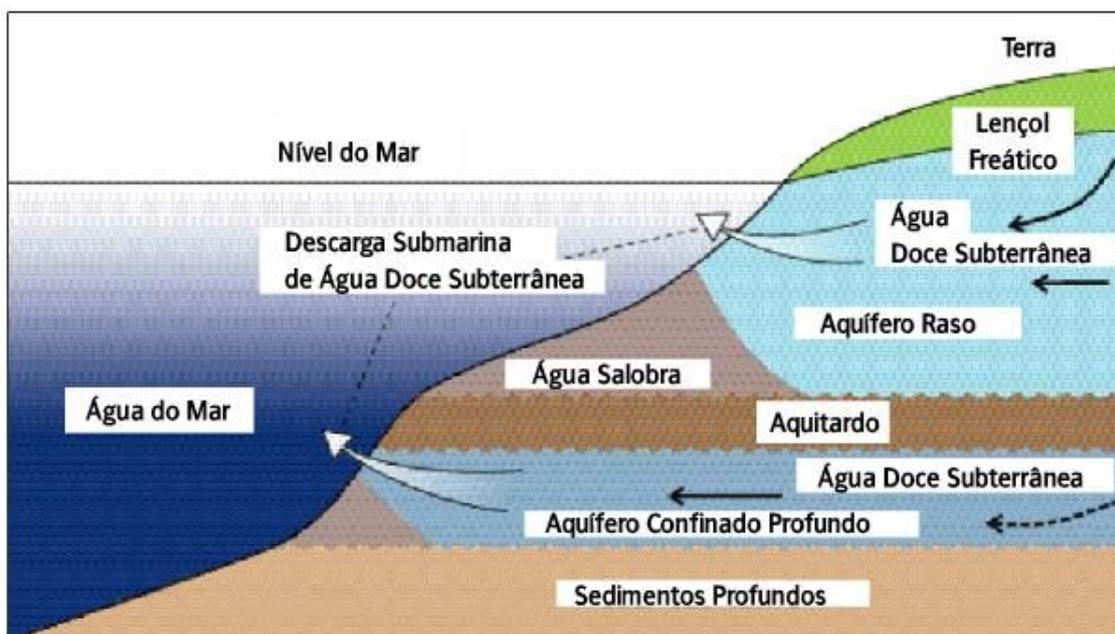


Figura 1 – Esquema dos processos associados às SGD. As setas indicam o movimento do fluido.

Fonte: Adaptação de Burnett et al. (2006).

Recentemente, as SGD têm sido reconhecidas como um fenômeno que pode influenciar fortemente as águas costeiras e os *budgets* geoquímicos e direcionar mudanças nos ecossistemas (BURNETT et al., 2006; SWARZENSKI et al., 2006, KROEGER et al., 2006; WALDROP & SWARZENSKI, 2006; HU et al., 2006; CHEN et al., 2006; OREM et al., 2006).

Embora apenas a descarga de água doce das águas subterrâneas seja esclarecida em simulações numéricas tradicionais de águas costeiras, a descarga das águas subterrâneas salinas recirculadas pode ser igualmente ou ainda mais importante em termos de transporte de material (isto é, nutrientes, metais, substâncias orgânicas) através da terra/margens do mar. Conseqüentemente, deve-se avaliar e apresentar as SGD como um vetor para a entrega de nutrientes e outros solutos às águas costeiras (USGS, 2004).

Uma abordagem para o estudo de entradas de águas subterrâneas nos oceanos é o uso dos traçadores geoquímicos. Uma das vantagens dos traçadores das águas subterrâneas é que eles apresentam um sinal integrado enquanto entram na coluna de água marinha através de vários caminhos no aquífero. De acordo com Dulaiova et al. (2006), os traçadores geoquímicos (como  $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ , etc.) foram usados com sucesso para a avaliação de SGD em vários estudos. A utilização das técnicas nucleares para identificação de fontes e nascentes de água, aliadas às ferramentas geoquímicas tradicionais, torna possível apontar a origem das mesmas e os caminhos percorridos até a sua extração ou saída.

O impacto que as SGD's podem ter sobre os organismos aquáticos é praticamente desconhecido, desta forma, integrar análises químicas a análises toxicológicas é interessante do ponto de vista ambiental. Os testes de toxicidade devem ser considerados como uma análise indispensável no controle da poluição hídrica, pois se fundamentam na utilização dos organismos vivos que são diretamente afetados pelos desequilíbrios que eventualmente ocorrem nos ecossistemas aquáticos onde vivem, uma vez que as análises químicas apenas identificam e quantificam as substâncias presentes na água ou sedimento, mas não detectam os efeitos sobre a biota (ZAGATTO, 1999).

## **2. METODOLOGIA**

Inicialmente, foi feito um levantamento bibliográfico e cartográfico da área de estudo, a fim de determinar os locais mais prováveis de ocorrência de SGD's dentro da área da Baía da Babitonga. A Baía da Babitonga é um estuário, localizado na porção norte do litoral catarinense (26°02' -26°28' S e 48°28' -48°50' W), contornado em sua porção noroeste pela unidade geomorfológica da Serra do Mar e a sudeste pela ilha de São Francisco (SILVA apud CREMER et al., 2006). Foram encontrados registros de inversões de salinidade – propriedade que tem relação direta com a condutividade elétrica – na coluna d'água em alguns pontos dentro da Baía, os quais serviram de referência para novas medições e coletas de amostras de água, da superfície e do fundo. Também foram coletadas amostras de água de poços perfurados na região de Joinville e São Francisco do Sul, para caracterização da água subterrânea e dos principais rios que contribuem para o complexo hídrico da Baía da Babitonga, como o Cachoeira, o Cubatão e o Palmital, para que também fossem determinadas as suas propriedades químicas, isotópicas, e ecotoxicológicas além de uma amostra de água do alto-mar.

### **2.1 Coleta**

Foram feitas coletas de amostra de água, 50 no total, entre os meses de julho de 2007 e março de 2008, contemplando poços, os rios Cachoeira, Cubatão do Norte e Palmital, além da própria Baía da Babitonga e uma amostra de água em alto-mar. Os dias e horários de coleta obedeceram a ambas as condições de maré, alta e baixa. O procedimento de coleta envolveu o uso de garrafa Van Dorn, para auxiliar na coleta da água, então disposta em galão de polietileno de 5L e vedado com parafilm. No laboratório, a água foi dividida nos frascos correspondentes a cada tipo de análise, obedecendo às etapas de pré-tratamento adequadas a cada uma delas.

## 2.2 Análises

Em campo, foram medidos os seguintes parâmetros: pH, temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, através de sonda multiparamétrica marca Orion 5 Star devidamente calibrada, e a alcalinidade foi obtida por titulação, em campo. As análises laboratoriais, em curso, determinarão: cátions ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ), ânions ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ), Si, B, Br, ácidos orgânicos, metais pesados (Fe, Mn, Cd, Cr, Cu, Pb, V, Zn), carbono orgânico total, carbono orgânico dissolvido, amônia, sulfetos, os isótopos da água  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$ , além do  $^{13}\text{C}$  do carbono inorgânico dissolvido e do particulado orgânico. A metodologia de análise segue o preconizado pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998).

Além das análises químicas foram realizados testes ecotoxicológicos com organismos-teste, de acordo com o Protocolo – L05.021/1987 - da CETESB (1987) com *Artemia salina*.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises químicas e isotópicas estão sendo realizadas na Itália, através da parceria com a Universidade Ca'Foscari, de Veneza. Os resultados preliminares indicam pontos de ocorrência de inversão de salinidade na coluna d'água, conforme observa-se na tabela 1.

Tabela 1 – Valores de condutividade elétrica obtidos em medições na Baía da Babitonga (mS/cm).

Ponto	Superfície	Fundo	Ponto	Superfície	Fundo
B1	43,9	43,0	B11	41,6	42,3
B2	43,9	44,6	B12	42,9	43,5
B3	43,8	43,5	B13	44,7	43,9
B4	43,3	43,7	B14	44,9	40,6
B5	43,3	43,6	B15	43,9	44,5
B6	43,4	44,0	B16	43,9	41,8
B7	43,9	43,1	B17	43,9	27,2
B8	43,0	43,8	B19	43,9	43,8
B9	42,7	44,0	B20	43,6	35,1
B10	40,7	42,4	B21	43,6	43,8

Na Figura 2, estão demonstrados os 3 pontos (B14, B17 e B20) nos quais observou-se a maior inversão de salinidade na coluna d'água, indício de que nestes locais pode haver ocorrência de SGD.

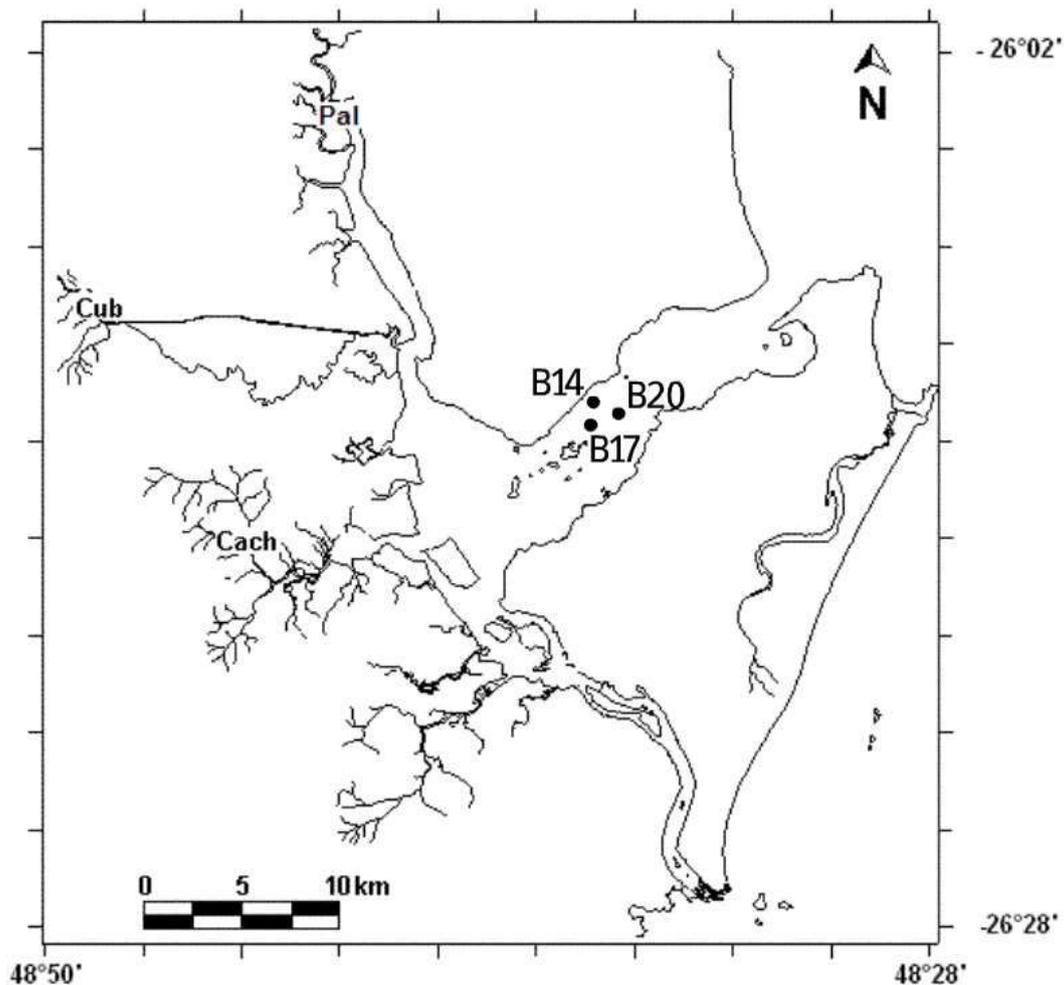


Figura 2 – Pontos com as três maiores inversões de salinidade.

De forma a subsidiar a localização de pontos de coleta de amostras, foi realizado um sobrevôo (Figura 3) que cobriu toda a Baía da Babitonga, que serviu para considerar a hipótese de visualização de uma possível SGD. Um local observado apresentava características de movimentação de sedimento do fundo em direção à superfície da Baía, porém em medições feitas nesta região não foram evidenciadas inversões de salinidade.



Figura 3 – Imagem obtida no sobrevôo na Baía da Babitonga.

Fonte: Raphael Schumacher Bail (2008).

Verificou-se até o momento, uma grande homogeneidade na composição isotópica das águas subterrâneas da região, conforme é mostrado na Figura 4, o que sugere um sistema interligado.

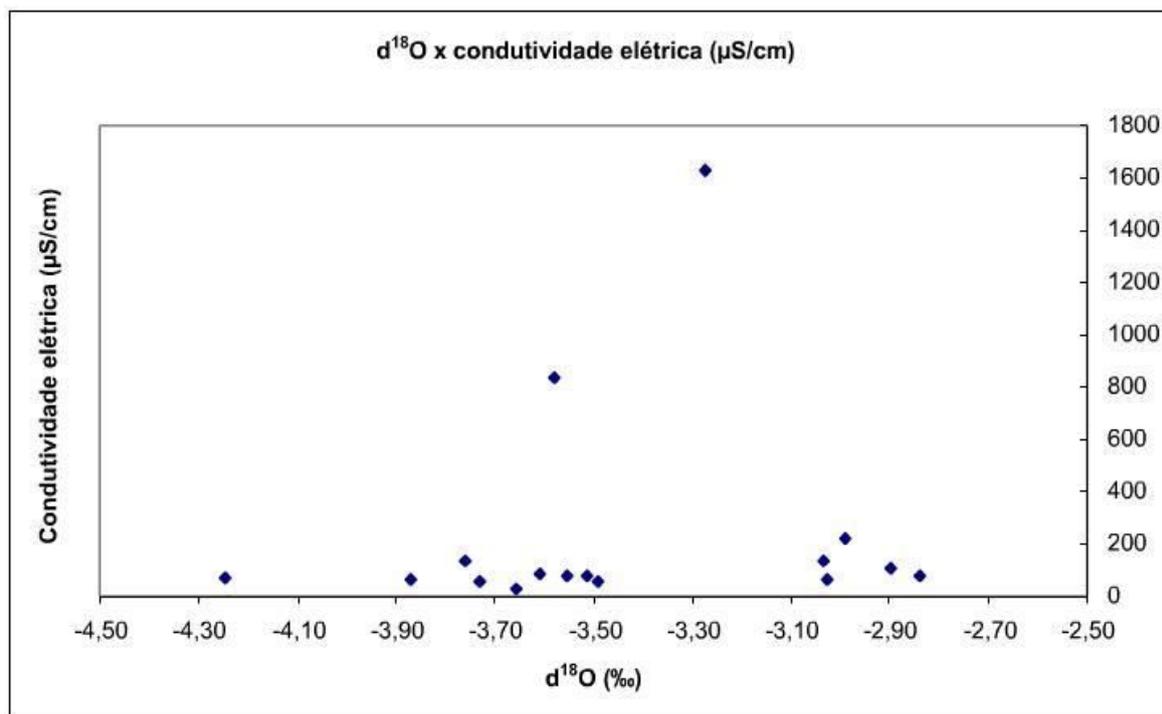


Figura 4 – Gráfico que mostra a relação entre condutividade elétrica e isótopo deutério.

Com relação aos testes ecotoxicológicos, dos pontos analisados, nenhum apresentou CL50 no intervalo de 0 a 100% da concentração. Pode-se afirmar que não foi evidenciada toxicidade aguda para esses pontos e estudos mais aprofundados de toxicidade crônica deverão ser realizados.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Somente as análises químicas e isotópicas poderão indicar realmente a presença ou não de SGD's nos pontos coletados. Para garantir uma melhor caracterização da Baía da Babitonga, serão feitas mais coletas para analisar amostras de diferentes pontos.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao FAP/UNIVILLE pelo suporte financeiro, à Universidade Ca'Foscari de Veneza pela parceria institucional e ao Centro de Cartografia Digital (CCD) da UNIVILLE.

#### **6. REFERÊNCIAS**

BURNETT, W.C.; AGGARWAL, P.K.; AURELI, A.; BOKUNIEWICZ, H.; CABLE, J.E.; CHARETTE, M.A.; KONTAR, E.; KRUPA, S.; KULKARNI, K.M.; LOVELESS, A.; MOORE, W.S.; OBERDORFER, J.A.; OLIVEIRA, J.; OYURT, N.; POVINEC, P.; PRIVITERA, A.M.G.; RAJAR, R.; RAMESSUR, R.T.; SCHOLTEN, J.; STIEGLITZ, T.; TANIGUCHI M.; AND TURNER, J.V. Quantifying submarine groundwater discharge in the coastal zone via multiple methods. *Science of The Total Environment* V.367, P. 498-543, 2006.

CHEN, Z., C. HU, R.N. COMNY, P.W. SWARZENSKI, AND F. MULLER-KARGER. (2006) Colored dissolved organic matter in Tampa Bay, *Marine Chemistry*. Accepted.

CREMER, Marta Jussara; MORALES, Paulo Roberto Dias; OLIVEIRA, Therezinha Maria Novais de (Organizador). *Diagnóstico ambiental da Baía da Babitonga*. Joinville, SC: UNIVILLE, 2006

DULAIJOVA, H.; BURNETT, W.C.; CHANTON, J.P.; MOORE, W.S.; BOKUNIEWICZ, H.J.; CHARETTE, M.A.; SHOLKOVITZ, E. Assessment of groundwater discharges into West Neck Bay, New York, via natural tracers. *Continental Shelf Research* 26 1971–1983, 2006.

GREENBERG, A. E; EATON, A. D; CLESCERI, L. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Assoc, Washington, 1998

HU, C., F. MULLER-KARGER, AND P.W. SWARZENSKI. Hurricanes, submarine groundwater discharge and west Florida's red tides. *Geophys. Research Letters*, 33, L11601, 2006.

KROEGER, K.D., P.W. SWARZENSKI, AND W.J. GREENWOOD. (2006) Submarine groundwater discharge to Tampa Bay: Nutrient fluxes and biogeochemistry of the coastal aquifer. *Marine Chemistry*. Accepted.

OREM, W.G., P.W. SWARZENSKI, B. MCPHERSON, M. HEDGBETH, T. LERCH, C. REICH, A. TORRES, AND M. CORUM. Assessment of groundwater input and water quality changes impacting natural vegetation in the Loxahatchee River and flood plain ecosystem, FL. USGS Open-File Report, 123, 2006.

SWARZENSKI, P.W., W.G. OREM, B.F. MCPHERSON, M. BASKARAN, AND Y. WAN. Biogeochemical transport in the Loxahatchee river estuary: The role of submarine groundwater discharge. *Marine Chemistry*, 101, 248-265, 2006.

United States Geological Survey - USGS, 2004. Disponível em: <[http://coastal.er.usgs.gov/sgd/ofr\\_2004-1226sgd.pdf](http://coastal.er.usgs.gov/sgd/ofr_2004-1226sgd.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2007.

WALDROP, W.R., AND P.W. SWARZENSKI. (2006) A new tool for quantifying flux rates between ground water and surface water. *AIH Proceedings.*, pp 1-9.

ZAGATTO, Pedro A.; BERTOLETTI, Eduardo (Editor). *Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações*. Sao Carlos, SP: Rima; 2006.