

## MONITORAMENTO DA CONTAMINAÇÃO POR COLIFORMES TOTAIS E *Escherichia coli* EM UMA ÁREA DE LANÇAMENTO DE ESGOTO NO SOLO

Ronaldo Kanopf de Araújo<sup>1\*</sup>; Delmira Beatriz Wolff<sup>2</sup>; Jussara Cabral Cruz<sup>3</sup>; Carine Baggiotto<sup>4</sup>; Marciano Friedrich<sup>5</sup>; Pamina Dias Lampert<sup>6</sup>; Thamara Rosa dos Santos<sup>7</sup>; Ana Paula de Oliveira Fiuza<sup>8</sup>; Janaina Goerke<sup>9</sup>; Dener Wobeto Burtet<sup>10</sup>; Igor Hofstadler Peixoto Gonçalves<sup>11</sup>; Mirian Lago Valente<sup>12</sup>

**Resumo** – O monitoramento da qualidade da água subterrânea em locais em que ocorre o lançamento indiscriminado de efluentes no solo e também o abastecimento humano é uma ação necessária para estabelecer medidas de proteção tanto desse recurso quanto da saúde da população. Neste trabalho tem-se como objetivo verificar existência de coliformes totais e *Escherichia coli* e a migração da pluma de contaminação vertical, entre aquíferos, e horizontal, que escoam pela superfície em uma área de disposição de efluentes no solo no município de Santa Maria-RS. O monitoramento foi realizado em duas seções potenciais à contaminação: fontes poluidoras (FP-31, FP-32, FP-31A e FP-50), poços rasos (PMR-02, PMR-03, PMR-04 e PMR-05), poços intermediários (PM-01 e PM-02) e CDE. O período de monitoramento foi de agosto de 2012 a fevereiro de 2013 com uma frequência estabelecida conforme a seção de análise. Pode-se considerar que há grande influência na qualidade da água do aquífero intermediário devido ao lançamento do efluente no solo, e que possa estar ocorrendo a migração da pluma de contaminação, mesmo em pequena escala, até o aquífero de abastecimento. Portanto, há risco de exposição dos usuários da água à contaminação, visto que, há indícios de interligação entre as seções hidroestratigráficas.

**Palavras-Chave** – contaminação, águas residuárias, águas subterrâneas.

## MONITORING TOTAL COLIFORMS AND *Escherichia coli* IN AN AREA OF WASTEWATER DISCHARGE IN SOIL

**Abstract** – The monitoring of groundwater quality in places where there is the indiscriminate firing of effluent into the soil and also the human supply is a necessary action to establish protective measures so that resource as population health. This work has as objective to verify the existence of total coliforms and *Escherichia coli* and the migration of the contaminant plume vertically between aquifers, and horizontal, seeping through the surface in a area to effluents disposal into the soil in the municipality of Santa Maria-RS. The monitoring was conducted in two sections to the potential contamination: pollutant sources (FP-31, FP-32, FP-31A and FP-50), shallow wells (PMR-02, PMR-03 PMR-04 and PMR-05), intermediate shafts (PM-01 and PM-02) and CDE. The monitoring period was from August 2012 to February 2013 at a rate established under section analysis. It can

<sup>1</sup> Afiliação: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), ronaldo.kanopf@gmail.com.

<sup>2</sup> Afiliação: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), delmirawolff@hotmail.com.

<sup>3</sup> Afiliação: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), jussaracruz@gmail.com.

<sup>4</sup> Afiliação: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), carine.bg@hotmail.com.

<sup>5</sup> Afiliação: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), marci.esa@gmail.com.

<sup>6</sup> Afiliação: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), paminlampert@hotmail.com.

<sup>7</sup> Afiliação: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), thamirosasantos@gmail.com.

<sup>8</sup> Afiliação: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), fiuza.ap@gmail.com.

<sup>9</sup> Afiliação: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), janainagoerck@gmail.com.

<sup>10</sup> Afiliação: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), denerburtet@mail.ufsm.

<sup>11</sup> Afiliação: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), ihpg88@yahoo.com.br.

<sup>12</sup> Afiliação: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Mirian\_sm@yahoo.com.br.

\* Autor Correspondente.

be considered that there is a great influence on the water quality of the aquifer due to the intermediate release of effluent into the soil, and that may be occurring migration of the plume of contamination, even on a small scale to the supply aquifer. So there is risk of exposure to contaminated water users, since there is evidence linking hydrostratigraphic sections.

**Keywords** – contamination, sewage, groundwater.

## INTRODUÇÃO

A água subterrânea é um recurso natural vital para o abastecimento econômico e seguro de água potável, nos meios urbano e rural, e desempenha papel fundamental, embora frequentemente pouco valorizado, para o bem-estar tanto dos seres humanos como de muitos ecossistemas aquáticos (FOSTER *et al.*, 2006). O abastecimento de água subterrânea é geralmente percebido como menos vulnerável à contaminação do que as águas superficiais, devido à capacidade de filtração natural do ambiente no subsolo e à distância de deslocamento de microrganismos até atingir a fonte de águas subterrâneas. Entretanto, no mundo inteiro, os aquíferos estão sob perigo cada vez maior de contaminação em decorrência da urbanização, do desenvolvimento industrial, das atividades agrícolas e das empresas de mineração (FOSTER *et al.*, 2006).

As consequências à saúde pública, derivadas da existência de áreas contaminadas, foram reconhecidas desde os finais dos anos 1970, originando a criação de legislação específica na maior parte dos países desenvolvidos (FIUZA, 2009). O monitoramento da qualidade da água subterrânea em locais em que ocorre o lançamento indiscriminado de efluentes líquidos em que possa estar ocorrendo a contaminação do manancial hídrico utilizado para o abastecimento humano é uma ação necessária para estabelecer medidas de controle e proteção desse importante recurso. A dificuldade de recuperação de um reservatório subterrâneo e a exposição da população ao risco incentiva entidades e os usuários à prevenção contra a contaminação. Desta maneira, a preservação consiste em estabelecer programas claros e eficientes de proteção dos aquíferos, controlando as atividades humanas, planejando e ordenando a ocupação e o uso do solo (HIRATA *et al.*, 1997).

Diante desse cenário, observa-se que há uma forte ligação da inadequação das condições de saneamento básico com a contaminação da água subterrânea, sendo de extrema importância o monitoramento da qualidade dessas águas. A busca pela manutenção da qualidade dos recursos hídricos e a proteção da saúde pública é muito importante, pois a água é um meio de vinculação de microrganismos patogênicos, que podem estar relacionados a diversos tipos de doenças, principalmente as diarreias. A análise de coliformes totais e *Escherichia coli* podem indicar, de forma mais fácil e indireta, o potencial de determinado corpo hídrico na veiculação de agentes causadores de doenças na população, por se constituir num indicador de microrganismos entéricos patogênicos, provenientes de fezes humanas, de animais de sangue quente ou de esgotos (PORTO ALEGRE, 2000).

Neste trabalho tem-se como objetivo verificar a existência de coliformes totais e *Escherichia coli* e a migração da pluma de contaminação vertical, entre aquíferos, e horizontal, que escoam pela superfície do terreno, por meio de análises químicas em uma área de disposição de efluente líquido no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no município de Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul, em um local em que ocorre o lançamento de efluentes líquidos diretamente no solo por quatro fontes pontuais.

Neste trabalho realizou-se o monitoramento em duas seções potenciais à contaminação: a primeira foi composta pelas fontes pontuais de lançamento de esgoto no solo (FP-31, FP-32, FP-31A e FP-50; Figura 1) e quatro poços de monitoramento rasos (PMR-02, PMR-03, PMR-04 e PMR-05), com 1,5 e 3,5 m de profundidade (Figura 2), e a segunda seção composta por dois poços de monitoramento intermediários (PM-01 e PM-02) com 15,0 m de profundidade (Figura 3). A coleta de amostras nos poços de monitoramento foi realizada de acordo com CETESB (1999) e Feitosa *et al.* (2008). Devido ao lançamento de efluentes e as características particulares da área, encontram-se macrófitas aquáticas, como a *Typha domingensis*, e espécies de gramíneas, como *Pennisetum purpureum*, conhecidos respectivamente como taboa e capim-elefante. Parte do efluente lançado no solo acumula-se nessa área e escoar por um canal (CDE - canal de drenagem de efluente) até alcançar um córrego.

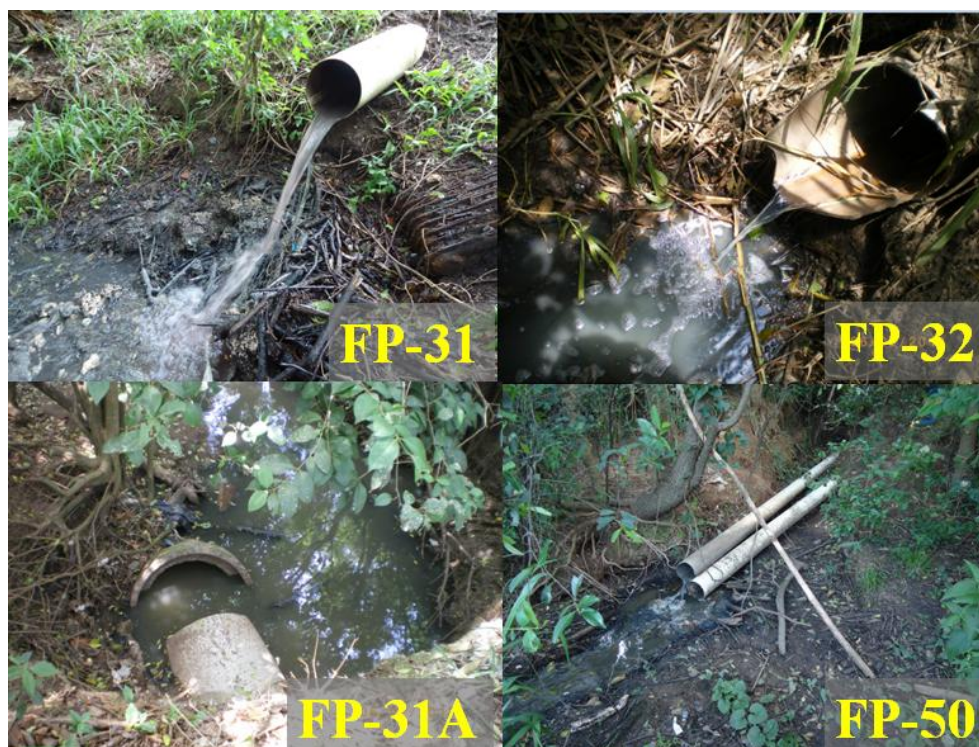


Figura 1 – Fontes pontuais de lançamento de efluentes FP-31, FP-32, FP-31A e FP-50.



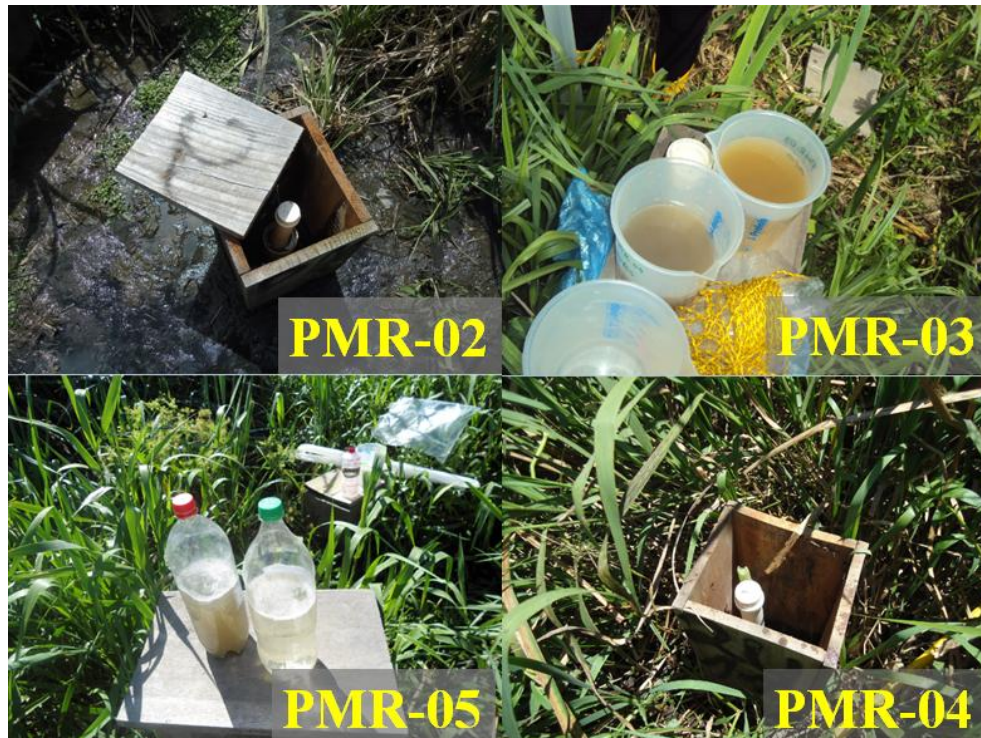


Figura 2 – Poços rasos PMR-02, PMR-03, PMR-04 e PMR-05.



Figura 3 – Poços profundos PM-01 e PM-02 e do canal de drenagem de efluente CDE.

O período de monitoramento foi de agosto de 2012 a fevereiro de 2013 e foram realizadas dez campanhas de amostragem. Para as fontes pontuais e os poços rasos as coletas foram realizadas a cada quinze dias e na seção de poços intermediários as coletas foram mensais. Determinaram-se os parâmetros Coliformes totais e *Escherichia coli* pelo método cromogênico empregando Kit Colilert. Os resultados foram expressos em Número Mais Provável de organismos por 100 mL (NMP/100 mL) consultando a tabela fornecida pelo fabricante, em que são definidos os limites de confiança de 95% para cada valor determinado. Os procedimentos analíticos seguiram o Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 1998).

Para a apresentação dos resultados obtidos nessa pesquisa, considerou-se que a área de fluxo horizontal de efluente é composta pelas fontes pontuais e pelo canal de drenagem de efluente (CDE). A área de fluxo vertical é constituída pelos poços rasos e poços intermediários de monitoramento em que ocorre, respectivamente, aumento da profundidade no solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média de contagem de coliformes totais para as quatro fontes pontuais de lançamento de efluentes foi de  $4,2E+07$  NMP/100mL. A média de contagem de coliformes totais para o CDE foi de  $5,5E+04$  NMP/100mL. Dessa forma, a redução média de coliformes totais, entre a entrada e a saída, foi de 99,8684%.

A média de contagem de *Escherichia coli* para as quatro fontes pontuais de lançamento de efluentes foi de  $5,4E+06$  NMP/100mL. A média de contagem de *E. coli* para o CDE foi de  $2,1E+03$  NMP/100mL. Assim, a redução média de *Escherichia coli*, entre a entrada e a saída, foi de 99,9613%.

A média de coliformes totais para os poços PMR-02, PMR-03, PMR-04 e PMR-05 foi, respectivamente,  $5,5E+04$ ,  $6,0E+04$ ,  $4,8E+04$  e  $7,3E+04$  NMP/100mL, em todas as campanhas. A média de coliformes totais para os quatro poços rasos de monitoramento é de  $5,9E+04$  NMP/100mL.

A média de *Escherichia coli* para os poços PMR-02, PMR-03, PMR-04 e PMR-05 foi, respectivamente,  $4,7E+04$ ,  $2,6E+04$ ,  $4,1E+03$  e  $1,0E+04$  NMP/100mL. A média total de *Escherichia coli* para esses poços foi de  $2,4E+04$  NMP/100mL.

A média de coliformes totais para PM-01 é de  $9,8E+03$  NMP/100mL e de  $3,8E+04$  NMP/100mL para PM-02. A média total de coliformes totais para os dois poços intermediários é de  $2,4E+04$  NMP/100mL.

Para PM-01 o valor médio de contagem de *Escherichia coli* foi de  $8,3E+03$  NMP/100mL e para PM-02, foi de  $3,6E+02$  NMP/100mL. A média total foi de  $4,3E+03$  NMP/100mL.

A redução da contagem de coliformes totais e *Escherichia coli* entre os poços rasos e os poços intermediários foi, respectivamente, de 59,49% e 81,79%.

Reckziegel *et al.* (2013) monitorou os pontos FP-31, FP-31, FP-31A, PMR-01, PMR-02, PMR-03, PMR-04, PM-01, PM-02 e CDB (chamado atualmente por CDE) no período de fevereiro a maio de 2012 (oito campanhas de amostragem). Para os poços PM-01 e PM-02 foram realizadas quatro coletas. Os autores verificaram uma redução média de coliformes totais, entre a entrada do efluente pelas três fontes e a saída no ponto CDB de 99,9635%, e de *Escherichia coli* de 99,9950%. A média de coliformes totais para os poços PMR-01, PMR-02, PMR-03 e PMR-04 foi,



respectivamente,  $6,0E+04$ ,  $1,9E+05$ ,  $9,2E+05$  e  $8,1E+04$  NMP/100mL, em todas as campanhas. A média de coliformes totais para a seção de monitoramento dos poços rasos foi de  $3,1E+05$  NMP/100mL. A média de *E. coli* para as oito campanhas de amostragem nos poços PMR-01, PMR-02, PMR-03 e PMR-04 foi, respectivamente,  $9,7E+03$ ,  $5,5E+04$ ,  $1,1E+04$  e  $3,8E+03$  NMP/100mL. A média total de *E. coli* para os poços rasos foi de  $2,0E+04$  NMP/100mL. A média de coliformes totais para as quatro campanhas de monitoramento no poço intermediário PM-01 foi de  $8,8E+03$  NMP/100mL e de  $3,2E+03$  NMP/100mL para poço PM-02. A média total de coliformes totais para a seção do aquífero intermediário foi de  $6,0E+03$  NMP/100mL. Em relação aos valores de *E. coli* para os poços intermediários, no poço PM-01, a contagem foi de 1000, <100, <100 e <5 NMP/100mL, para as quatro campanhas, e para o poço PM-02 foram de 1000, <20, <100 e <5 NMP/100mL.

A partir dos dados apresentados pode-se considerar que há grande influência na qualidade da água do aquífero intermediário devido ao lançamento do efluente no solo. Considerando os resultados das análises de coliformes totais e *Escherichia coli* admite-se que possa estar ocorrendo migração da pluma de contaminação superficial até o aquífero que abastece o Campus. Durante o transporte poderão ocorrer fenômenos de retardação, de atenuação e de incremento da mobilidade (FIUZA, 2009). Estes fenômenos podem estar ocorrendo durante a percolação no subsolo, devido a grande redução na concentração de coliformes detectada.

A funcionalidade do sistema solo-planta da área evidencia a atenuação natural do ambiente pela fitorremediação, visto que existem macrófitas aquáticas. De acordo com Pinilla (1998), a umidade é o parâmetro que mais influencia a eliminação de microrganismos em qualquer tipo de solo.

O padrão de potabilidade para consumo humano brasileiro determina que deve haver ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*. Nas águas subterrâneas os organismos patogênicos são eliminados ou removidos pela ausência de oxigênio e por filtração, em função da permeabilidade e condutividade do aquífero ou do subsolo. No entanto, esses microrganismos podem sobreviver no subsolo durante algum tempo, variável de acordo com a espécie (SANTOS, 2008). Pelos resultados obtidos das análises de coliformes admite-se que possa estar ocorrendo migração da pluma de contaminação superficial até o aquífero que é utilizado para o bombeamento de água para abastecimento humano.

Pela variação observada nos resultados para as duas seções estratigráficas, percebe-se que a matéria orgânica é consumida no perfil vertical do subsolo, com significativa redução no número de coliformes. Porém, estes ainda conseguem chegar ao aquífero profundo, possivelmente pelo transporte de partículas coloidais presentes na água. Este resultado pode estar vinculado ao longo período, de décadas, de lançamento de efluente nesta área. Outras amostragens devem ser realizadas em poços de abastecimento a fim de se confirmar estes resultados.

Durante o processo de coletas e análises houve dificuldades com relação à grande variabilidade qualitativa dos efluentes lançados. Em dias de alta precipitação pluviométrica ocorria a diluição do efluente nas águas de drenagem, que tem o mesmo destino, dificultando assim a decisão da diluição de amostras a ser utilizada em laboratório.

## CONCLUSÕES

O sistema de monitoramento dessa pesquisa confirmou a influência das fontes de lançamento de esgoto na qualidade da água superficial e subterrânea nessa área. As amostragens efetuadas no conjunto de pontos (superficial) e poços (subterrânea) distribuídos estrategicamente, nas proximidades da área de disposição do efluente ofereceram subsídios para o diagnóstico da situação em cada área afetada pelo efluente.

Estas informações interligadas poderão auxiliar na tomada de decisão e na execução de projetos de engenharia que possibilitam a mitigação do dano ambiental provocado, além de melhorar as condições atuais da área que, propiciam a proliferação de insetos e animais peçonhentos transmissores de doenças, geram gases mal odorantes e uma imagem de descaso por parte dos gestores da Instituição e das pessoas que moram e convivem próximos a este ambiente.

Portanto, há risco pela exposição dos usuários da água à contaminação, visto que há indícios de interligação entres as seções hidroestratigráficas, o que possibilita a migração de contaminantes até o aquífero profundo. Esta possibilidade de contaminação representa o perigo de que a água subterrânea possa apresentar concentrações de coliformes totais e *Escherichia coli* superiores ao valor estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 para a qualidade da água potável.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes, à FAPERGS, ao CNPq, à Universidade Federal de Santa Maria e ao grupo GEHRI do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2007). *NBR 15495-1: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 1: Projeto e construção*. Rio de Janeiro.
- APHA; AWWA; WEF. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, D.C., 21 ed.
- BRITTO, M. G.; COSTA, C. N.; AVILLETZ, G.; LOPES, M.; VENDAS, D.; VARGAS, H.; VERDIAL, P. H. (2003). Aplicação de uma metodologia SIG na definição de um plano estratégico para a avaliação da contaminação de solos em ambiente urbano-industrial. *Finisterra*, XXXVIII, 75, pp. 101-114, 2003.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. (1999). *Amostragem e monitoramento das águas subterrâneas - 6410*. Projeto CETESB GTZ. São Paulo.
- FEITOSA, F. A. C. et al. (2008). *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM, LABHID, 812 p.
- FIUZA, A. M. A. (2009). Requalificação e descontaminação dos solos. Considerações sobre tecnologias de reabilitação de solos contaminados. *Rev. Indústria e Ambiente*, n. 54, pp. 14-17.
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. (2006). *Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais*. Tradução de Servmar - Serviços Técnicos Ambientais LTDA. Groundwater quality protection: A guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies (2002). The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.

- HIRATA, R.; BASTOS, C.; ROCHA, G. (1997). *Mapeamento da vulnerabilidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. 1 ed., v. 2, São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 95 p.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. (2011). *Portaria nº 2.914*, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 12 mar. 2013.
- PORTO ALEGRE. DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - DMAE. (2000) *Monitoramento das águas do delta e foz dos rios formadores do Guaíba*. ECOS Pesquisas, Porto Alegre, n. 5, ano 2, 63 p.
- RECKZIEGEL, T.; CRUZ, J. C.; WOLFF, D. B.; ARAÚJO, R. K.; LAMPERT, P. D. Monitoramento de água subterrânea para verificação da contaminação do lençol freático. In *Anais do 11º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa*, Maputo-Moçambique, Mai. 2012.
- SANTOS, A. C. (2008). Noções de Hidrogeoquímica. Cap. 5. In *Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações*, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, FEITOSA, A. C. F. A. *et al.* 3. ed. rev. e ampl., Rio de Janeiro, CPRM, LABHID.