



MONITORAMENTO ESPECIALIZADO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS NO MUNICÍPIO DE RIO AZUL

Gabriela Diedrichs Barbosa^a, Paulo Costa de Oliveira Filho^a, Carlos Magno de Sousa Vidal^a,
Grasiele Soares Cavallini^a

^a Universidade Estadual do Centro-Oeste/PR

Resumo

Atualmente, novas metodologias têm sido criadas para melhorar as análises das interações da sociedade com o meio ambiente e qualidade de vida. Portanto, buscaram-se tecnologias que permitam adquirir informações complementares e adicionais a respeito dessas interações, sendo de grande importância aquelas que possibilitam a espacialização das informações obtidas, tornando mais eficientes as análises e avaliações necessárias. Este trabalho apresenta uma proposta de espacialização do monitoramento da qualidade da água de poços artesianos para o Município de Rio Azul, Paraná, em ambiente de sistema de informações geográficas, para facilitar o entendimento quanto a possíveis contaminações, como também apoiar a tomada de decisão dos gestores responsáveis pelo controle de qualidade da água utilizada pela população.

Palavras-chave: Gestão Ambiental, Geoprocessamento, Parâmetros de Qualidade da Água

1. INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais relacionados ao uso dos recursos naturais têm recebido cada vez mais destaque. Segundo Vasco *et al.* (2007), a água é o recurso que causa impactos mais perceptíveis, mais imediatos e mais graves à população. Limitações de disponibilidade de água em quantidade e qualidade interferem grandemente na qualidade de vida das pessoas.

Sperling (2005) cita que os requisitos de qualidade da água são estabelecidos em função de seus usos previstos. Assim, para o uso de água no abastecimento doméstico, a qualidade requerida deve ser maior que, por exemplo, a qualidade para o abastecimento industrial ou recreação e lazer. Desse modo, a água para uso doméstico deve ser isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde, adequada para serviços domésticos, baixa agressividade e dureza e esteticamente agradável. O mesmo autor afirma que os principais agentes poluidores das águas são sólidos em suspensão, matéria orgânica biodegradável e não biodegradável, nutrientes, organismos patogênicos, metais e sólidos inorgânicos dissolvidos.

A qualidade da água requerida para consumo humano é definida como potabilidade. Conforme FUNASA (2006),

os padrões de potabilidade da água apresentam os valores máximos permissíveis com que elementos nocivos ou características desagradáveis, como bacteriológicas, organolépticas, físicas e químicas, podem estar presentes na água, sem oferecer riscos à saúde humana.

Ainda de acordo com FUNASA (2006), apenas 0,29% da água do planeta é encontrada em fontes subterrâneas, os chamados aquíferos. Silva *et al.* (2007) definem aquífero como uma massa rochosa que acumula água em quantidade elevada devido à alta porosidade e permeabilidade do solo onde se encontra. Martinez (2010) explica que um aquífero funciona como reservatório de água alimentado pelas chuvas que se infiltram no subsolo, fornecendo água para poços e nascentes e servindo como fontes de abastecimento. A autora cita os importantes papéis que os aquíferos desempenham na natureza, como manter estável os cursos de águas superficiais e impedir os excessos de água por meio da absorção. Como relata Zimbres (2011), quando o aquífero se encontra sob uma pressão superior ao da atmosfera, recebe o nome de “artesiano”. O aquífero artesiano se caracteriza por estar entre camadas confinantes relativamente impermeáveis.

Segundo Casarini (2011), os reservatórios subterrâneos geralmente possuem a água bem limpa, devido à filtração



natural que ela sofre ao escorrer pelo solo poroso. Silva (2002) relata que os aquíferos artesianos estão protegidos da contaminação pelo homem, muitas vezes dispensando o seu tratamento. Porém, Colvara *et al.* (2009) citam que, até a década de 1970, acreditava-se que as águas subterrâneas estavam naturalmente protegidas da contaminação pelas camadas de solo e rochas, e como Zimbres (2011) explica, nas cidades, devido à falta de rede de esgoto, lançamento de efluentes industriais em corpos d'água ou diretamente no solo e até a presença de lixões e também cemitérios, como cita Almeida *et al.* (2003), e ainda no campo, devido ao uso de agrotóxicos, a qualidade da água presente nos aquíferos é bastante prejudicada. (Figura 1).



Figura 1. Fontes de contaminação das águas subterrâneas
 Fonte: Silva (2007)

No Código Sanitário do Paraná, os parágrafos 2º e 3º do artigo 180 referem-se à abertura de poços e aproveitamento de fontes para fornecimento de água para uso humano, devendo estar em conformidade com os padrões de potabilidade definidos em legislação. Os poços devem seguir algumas normas, como estar distantes em no mínimo 15 metros de focos de contaminação e ser convenientemente protegido a fim de impedir a sua contaminação.

Os indícios de contaminações em aquíferos nem sempre são evidenciados facilmente, por estarem a alguns metros de profundidade. Segundo Pilati (2008), esses indícios podem ocorrer na forma de gases que, dependendo do contaminante, concentram-se em garagens e caixas subterrâneas de energia e telefone, registrando um risco potencial de explosões. Outra forma de evidência é a presença de contaminantes em rios e lagos, transportados pelo aquífero até estes corpos hídricos. Neste caso, a contaminação é de grandes proporções, podendo atingir amplas áreas.

Pilati (2008) relata que, quando é visível o risco destes tipos de contaminação, deve-se prevenir tais problemas com simples programas de reconhecimento do subsolo e monitoramento. As empresas KW Ambiental (2011) e Portal de Postos (2011) informam que isso é feito por meio da insta-

lação de poços de monitoramento (método eficiente para a detecção e aferição de contaminações), e a sua perfuração segue a norma NBR 13895 – Construção de poços de monitoramento e amostragem.

Segundo Reis (2001), o monitoramento ambiental consiste na realização de medições e observações específicas, dirigidas a alguns poucos indicadores e parâmetros, com a finalidade de verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, podendo ser dimensionada sua magnitude e avaliada a eficiência de eventuais medidas preventivas adotadas. Santos (2009) cita que os poços de monitoramento são poços perfurados sem a utilização de quaisquer fluidos possivelmente contaminantes, instalados com revestimentos geomecânicos para permitir a amostragem junto ao nível de água sem que ocorra contaminação direta pelo poço ou pelo processo.

Sperling (2005) menciona que, ao se solicitar uma análise de água, deve-se selecionar os parâmetros a serem investigados pela análise, onde o conhecimento das particularidades de cada situação é o que deve definir os parâmetros a serem incluídos na análise. No caso da água subterrânea, bruta ou tratada, os parâmetros mais frequentemente associados são cor, turbidez, sabor e odor, temperatura, pH, alcalinidade, acidez, dureza, ferro e manganês, cloretos, nitrogênio, micropoluentes e organismos indicadores.

Segundo a Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, “toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água”, e ainda “compete ao responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano exercer o controle da qualidade da água”. A Portaria traz os padrões de potabilidade da água, na qual deve haver ausência de *Escherichia coli* e de coliformes totais, turbidez de no máximo 1,0 uT, concentração máxima de fluoreto de 1,5 mg/L e concentração máxima de cloro de 5 mg/L, sendo esses os parâmetros de monitoramento de qualidade da água mais relevantes a serem analisados, conforme a Vigilância Sanitária do Estado do Paraná.

As informações obtidas por meio da análise das amostras podem ser especializadas por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que para Azevedo *et al.* (2001), é uma ferramenta cada vez mais utilizada nos processos de monitoramento do ambiente. De acordo com Silva (2004), um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um conjunto de softwares, métodos, dados e usuários integrados, possibilitando o desenvolvimento de uma aplicação capaz de coletar, armazenar e processar dados georreferenciados. A utilização de SIG tomou uma proporção muito grande, sendo possível melhorar o gerenciamento de informações e evoluir



nos processos de tomada de decisão, nas áreas de transporte, proteção ambiental, planejamento municipal, estadual e federal.

Segundo Francisco (2007), as múltiplas operações apresentadas por um SIG são diferenciadas de acordo com o fim a que se destinam. O gerenciamento de banco de dados geográficos é o armazenamento, integração e recuperação de dados de diferentes fontes, formatos e temas, dispostos em um único banco de dados. As análises espaciais ocorrem quando, a partir de um banco de dados geográficos, são efetuados cruzamentos e combinações de dados por meio de operações geométricas e topológicas, cujo resultado é a geração de novos dados.

O autor ainda menciona que, em um SIG, os dados geográficos são estruturados em planos de informação, também denominados de camadas. As camadas, quando geograficamente referenciadas (ao sistema de coordenadas terrestres), podem ser sobrepostas, e representam o modelo do mundo real. Desse modo, tem-se espacializado os dados obtidos com as análises, onde sua função é acompanhar a evolução dos fenômenos analisados por meio da comparação de mapeamentos sucessivos no tempo.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de monitoramento espacializado da qualidade da água de poços artesianos para o município de Rio Azul, no Paraná, em ambiente de sistema de informações geográficas, para visualizar a distribuição espacial dos poços artesianos, monitorados pela Secretaria da Saúde do município, e mapear os resultados quanto a possíveis contaminações, como também apoiar a tomada de decisão dos gestores responsáveis pelo controle de qualidade da água utilizada pela população.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Definiu-se Rio Azul como a região de abrangência do projeto (Figura 1). O município tem 14 mil habitantes, sendo 5 mil na área urbana e 9 mil na área rural. Aproximadamente 1800 imóveis são atendidos pelo abastecimento de água da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar, 2010), indicativo de que grande parte da água consumida ainda vem de fontes alternativas.

Na fase inicial do projeto foi realizada a implementação do modelo de dados utilizando o aplicativo SPRING, versão 5.2, inserindo os limites geográficos de Rio Azul e os pontos de coleta de água para monitoramento da rede de poços artesianos do município.

Assim, com o auxílio da Secretaria de Saúde da Prefeitura Municipal de Rio Azul por meio de trabalho a campo, iniciaram-se os processos de obtenção das coordenadas geográficas

de poços artesianos e outros pontos de abastecimento de água por meio de receptor de GPS de navegação (GARMIN, modelo eTrex Vista H) e coletas de amostras de água dos poços artesianos em diferentes locais e datas.

As informações de coordenadas geográficas da localização dos poços artesianos, pontos de coleta de água, juntamente com dados do município (como o limite geográfico) foram obtidos e espacializados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

As amostras de água coletadas foram mensalmente enviadas ao Laboratório de Saneamento Ambiental e Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Ambiental da UNICENTRO, *Campus Irati*, onde foram analisadas seguindo os parâmetros de qualidade exigidos pela vigilância sanitária do estado do Paraná (cloro, flúor, turbidez, coliformes totais e *E. coli*).

Durante o processo de análise da água, observou-se que alguns parâmetros apresentavam valores superiores ao exigido pela vigilância sanitária. Então, visando descobrir quais fatores estavam prejudicando a qualidade da água nas comunidades, foram realizadas visitas aos pontos de coleta de água, onde foi realizado trabalho de campo para a verificação da situação dos poços e de seu entorno, observando possíveis focos de contaminação e características relevantes.

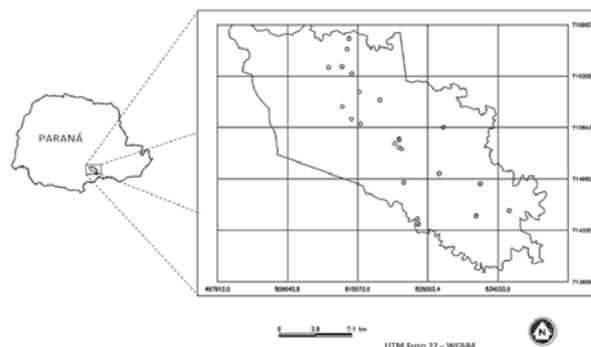


Figura 2. Área de estudo contendo a distribuição espacial dos poços artesianos

Algumas comunidades rurais possuem sistemas próprios para abastecimento, como é o caso da comunidade Rio Vinagre, pertencente à zona rural do município estudado. A Figura 03 mostra uma fotografia do poço artesianos utilizado para abastecimento da população que reside na comunidade. Esta é apenas uma das que, segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Rio Azul-PR (2012), têm seu sistema de abastecimento de água operado e mantido diretamente pela comunidade local com o apoio do município, mas sem a intervenção de prestadores de serviço. O tratamento da água é realizado diretamente na saída do poço por meio de desinfecção com hipoclorito de sódio. A água tratada é transportada por tubulações até o reservatório (Figura 4).



Figura 3. Poço artesiano da comunidade Rio Vinagre, em Rio Azul/PR



Figura 4. Reservatório de água da comunidade Rio Vinagre, em Rio Azul/PR

O banco de dados utilizado pelo SIG recebeu informações alfanuméricas, como o nome da comunidade em que se localiza cada poço, a localização geográfica do ponto de coleta e os parâmetros de qualidade da água (cloro, flúor, turbidez, coliformes totais, *E. coli* e ocorrência de chuva nas últimas 48 horas). Elas foram associadas a cada ponto de coleta de água representado. Já os dados que variam com o mês foram colocados nas tabelas “não espacial”, ou seja, como informações não associadas diretamente aos pontos de coleta de água.

Por meio das tabelas “objeto” e “não espacial”, organizaram-se os dados em função do tipo de informação. Informações como comunidade a que pertence o poço ou ponto de

coleta foram armazenados em uma tabela principal e associados diretamente aos geo-objetos, que são as entidades gráficas utilizadas para a representação dos poços ou pontos de coleta. Já os dados que são acrescentados a cada nova análise da água dos pontos de coleta, foram armazenados em tabelas organizadas mensalmente, conforme são feitas as coletas. Desta forma, as informações podem ser recuperadas espacialmente mês a mês, assim como é realizado o trabalho de monitoramento dos poços artesanais de Rio Azul.

Utilizando-se o SIG por meio da ligação das tabelas geo-objeto (espacial) e não espacial, se conecta a tabela principal às tabelas mensais. Depois de conectadas, foi possível elaborar diversas consultas sobre as variações dos parâmetros de qualidade da água analisada, obtendo uma resposta em tempo real e espacializada em relação aos pontos de coleta/poços artesanais a respeito das características analisadas ou desejadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio de uma expressão lógica da Figura 3, que envolve os limites dos parâmetros de potabilidade da água analisados, os valores para cada parâmetro analisado não poderão exceder aqueles parâmetros de qualidade exigidos pela vigilância sanitária do estado do Paraná. Como exibe a Figura 5, as consultas realizadas no sistema indicaram os pontos de coleta que apresentaram algum parâmetro fora do desejado para os meses considerados.

Em relação aos parâmetros cloro e flúor, todas as análises efetuadas estão em conformidade com a legislação vigente, Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde, pois não apresentaram concentrações superiores a 5mg/L e 1,5mg/L, respectivamente.

Os parâmetros indicadores de contaminação fecal apresentaram elevadas concentrações em algumas análises, estando em desconformidade com a legislação. O parâmetro *Escherichia coli* apresentou valores superiores a 0 mg/L em dois pontos de coleta de água (nos meses agosto e outubro de 2010, dezembro de 2011 e fevereiro de 2012) e o parâmetro coliformes totais apresentou valores superiores a 0 mg/L em cinco pontos de coleta de água (nos meses agosto, outubro e novembro de 2010, abril, maio, novembro e dezembro de 2011 e fevereiro de 2012). Sobre o parâmetro turbidez, observaram-se valores acentuados, superiores a 1uT, em diferentes pontos de coleta em todos os meses analisados, em desconformidade com a legislação vigente.



Expressão Lógica da Consulta
 (Comentários)
 Agosto10 ->CLORO > 5 .OR.
 Seleccione na tabela de Agosto de 2010 os poços com Cloro residual acima de 5mg/L ou
 Agosto10 ->FLUOR > 1.5 .OR.
 que tenha sido detectada uma concentração de Fluor acima de 1,5 mg/L ou
 Agosto10 ->TURBIDEZ > 1 .OR.
 que tenha sido detectada uma quantidade acima de 1 uT ou
 Agosto10 -> ECOLI > 0 .OR.
 que tenha sido detectada quantidade acima de 0 mg/L de *Escherichia coli* ou
 Agosto10 -> CT > 0 .OR.
 que tenha sido detectada quantidade acima de 0mg/L de coliformes totais

Figura 5. Tela do aplicativo no módulo de consulta por atributos evidenciando a expressão lógica para os parâmetros de potabilidade da água do mês de agosto de 2010

A implementação do sistema de informações geográficas para a gestão do monitoramento da qualidade da água da rede de poços artesianos do município de Rio Azul mostrou resultados satisfatórios devido à agilização da pesquisa com resultados de consulta rapidamente especializados em tela. Informações como localização de aterros sanitários, cemitérios, indústrias e outras possíveis fontes poluidoras também podem ser integradas ao sistema para que servirem de base informativa de análise.

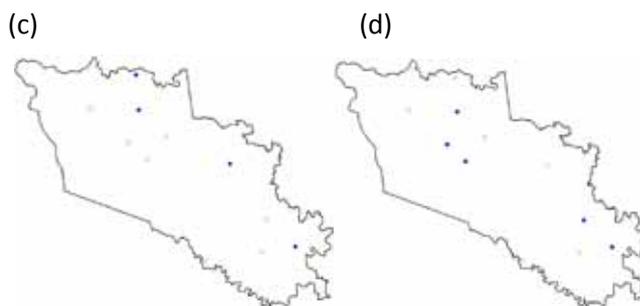
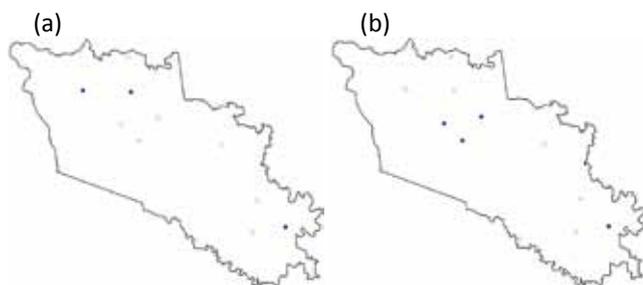


Figura 6. Pontos de coleta fora dos limites de potabilidade nos meses de agosto de 2010 (a), agosto (b), outubro (c) e dezembro (d). Rio Azul, 2011.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostraram a utilidade do monitoramento espacializado por meio do sistema de informações geográficas como ferramenta complementar e eficiente para analisar e fornecer informações espaciais sobre o monitoramento da qualidade da água dos poços artesianos do município em questão.

Entre os cinco parâmetros analisados, os indicadores de contaminação fecal e a turbidez apresentaram resultados em desconformidade com a legislação. A turbidez acontece pela presença de sólidos em suspensão, como areia, silte, argila e materiais orgânicos e inorgânicos de despejos industriais e esgotos sanitários. Esses sólidos em suspensão podem abrigar microrganismos que não serão atingidos pela ação do desinfetante aplicado (cloro), resultando em uma alta concentração dos parâmetros *Escherichia coli* e coliformes totais.

Além disso, observou-se o descaso de alguns responsáveis pela dosagem do cloro nas comunidades, que deixam de operar a bomba dosadora de cloro e não tomam os cuidados mínimos para a manutenção do poço artesiano. No poço artesiano de uma das comunidades, notou-se o uso indevido de veneno para matar as plantas indesejadas ao redor da construção de captação da água do poço. Ainda se constatou que, do total de 12 pontos de coleta de água analisados, nove possuíam, em pelo menos um mês, algum parâmetro fora dos limites de potabilidade. Apenas dois pontos de coleta apresentaram todos os parâmetros em conformidade com a Portaria nº 2914 nos meses analisados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Prefeitura Municipal de Rio Azul pelo auxílio na obtenção dos dados e logística para os trabalhos de campo.



REFERÊNCIAS

- Almeida, F. R., Espíndula, J. C., Vasconcelos, U., Calazans, G. M. T. (2006), "Avaliação da ocorrência de contaminação microbiológica no aquífero freático localizado sob o Cemitério da Várzea em Recife-PE", *Revista Águas Subterrâneas*, Vol. 20, No.2.19-26.
- Azevedo, E. C., Mangabeira, J. A. C., Miranda, J. R. (2001), Contribuição do SGI no monitoramento e gestão agro-sócio-ambiental com espacialização de dados sócio-econômicos e agroecológicos do município Holambra-SP, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Campinas, SP.
- Brasil, Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. (2006), Manual de Saneamento, 3. ed., Fundação Nacional de Saúde, Brasília, DF.
- Brasil, Ministério da Saúde. (2011), Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011, Ministério da Saúde, Brasília, DF.
- Casarini, D. C. P. (2011), Legislação estadual e ações de prevenção e controle de poluição de águas subterrâneas, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, São Paulo, SP.
- Colvara, J. G., Lima, Andréia S., Silva, Wladimir P. (2009), "Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul", *Brazilian Journal of Food Technology*, II SSA, Janeiro.
- Francisco, C. (2007), Sistemas de Informação Geográfica e Geoprocessamento: estudo dirigido em SIG, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.
- KW Ambiental. (2011), Solos e águas, Instalação de poços de monitoramento das águas subterrâneas, Jaguaré, SP, disponível em: <http://www.kwambiental.com.br/v2/subservicos.asp?IdServico=1&idSubServico=3> (Acesso em: 15/12/2011).
- Martinez, M. (2010), "Aquífero", InfoEscola, disponível em: <http://www.infoescola.com/hidrografia/aquifero/> (Acesso em 25 de maio de 2012).
- Vasco, A. N., Rosa, A. H., Ribeiro, D. O. et al. (2007), Avaliação da qualidade da água de poços freáticos de uma área do estuário do Rio Vaza Barris, EMBRAPA, Aracaju, SE.
- Pilati, F. B. (2008), Aquífero freático e poços de monitoramento ambiental, Ambientec - Engenharia de Segurança, Higiene Ocupacional e Meio Ambiente.
- Portal de Postos, Empresa de Poços. (2011), Características das instalações sob o ponto de vista da contaminação ambiental: poços de monitoramento, Campinas, SP, disponível em: <http://www.portaldepostos.com.br/paginas/dica.ambiental.materia10.html> (Acesso em 15 de Dezembro de 2011).
- Reis, F. A. G. V. (2011), Instrumentos de Gerenciamento Ambiental, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.
- Prefeitura Municipal de Rio Azul, Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente, Secretaria Municipal de Saúde. (2012), Plano Municipal de Saneamento Básico, Rio Azul, PR.
- Santos, C. R. (2009), Poços de monitoramento, Sonda base Geotecnia e Meio Ambiente. Ribeirão Preto, SP.
- Silva, E. O. (2004), Introdução a Sistemas de Informações Geográficas, Artigos SQL Magazine, Viçosa, MG.
- Silva, J. S. (2002), "O que é um poço artesiano?", Revista Superinteressante, Resende, RJ.
- Silva, J. L. S. et Chaves, A. (2007), Minicurso de Monitoramento de Águas Subterrâneas, Laboratório de Hidrogeologia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- Sperling, V. M. (2005), Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos, 3. ed., Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- Zimbres, E. (2011), Guia avançado sobre água subterrânea, Meio Ambiente Pro-BR, disponível em <http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/aguasubterranea.htm> (Acesso em 15 de Dezembro de 2011).