

SAÚDE AMBIENTAL: ÍNDICES DE NITRATO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE POÇOS PROFUNDOS NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ

Cristina Poll Biguelini ¹
Mariane Pavani Gumy ²

RESUMO: Tal estudo quantitativo, de cunho exploratório, objetivou avaliar o índice de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos no sudoeste do Paraná. Foram investigados os resultados de nitrato de trinta e quatro amostras de águas subterrâneas de poços artesianos, por meio de análises espectrofotométricas, realizadas em laboratório particular, no mês de setembro de 2010. Os resultados encontrados indicaram 32,35% das amostras com valores maiores que o permitido pela Legislação vigente, que estabelece um limite máximo de 10mg/L de nitrato em água potável, e a análise de probabilidade demonstrou uma chance de aproximadamente 50% da ocorrência futura, de níveis acima do permitido. O estudo aponta as principais causas de contaminação das águas subterrâneas, os problemas de saúde ambiental, gerados quando da ingestão desta água, além de sugestões para solucionar esta contaminação.

PALAVRAS CHAVE: Água, Nitrato, Saúde ambiental

ENVIRONMENTAL HEALTH:
INDICES OF GROUNDWATER NITRATE IN DEEP WELLS IN SOUTHWEST
REGION PARANÁ

ABSTRACT: A common source of nitrate contamination of aquifers is the use of sanitation systems in situ type of drains and ditches black. This exploratory quantitative study aimed to evaluate the content of nitrate in groundwater from deep wells in southwestern Paraná. We investigated the results of nitrate thirty-four samples of groundwater from artesian wells, through spectroscopic analysis, conducted in a private laboratory, in September 2010. The results indicate that 32.35% of the samples had values greater than allowed by current legislation, which sets a maximum limit of 10mg/L of nitrate in drinking water and probability analysis demonstrated an approximately 50% chance of occurrence of future , above the permitted levels. The study points out the main causes of groundwater contamination, the environmental health problems, generated when the intake of water, plus suggestions for resolving this contamination.

KEYWORDS: Water, Nitrate, Environmental Health

¹ Farmacêutica, Mestre em Geografia- Produção do espaço e meio ambiente

² Farmacêutica, Especialista em Processamento e Controle de qualidade em carne, leite e ovos.

1. INTRODUÇÃO

Aproximadamente $\frac{3}{4}$ da superfície da Terra é coberta por água, razão pela qual foi apelidada de Planeta Água. Em termos percentuais, 97,6% da água do planeta é constituída pelos oceanos, mares e lagos de água salgada. A água doce, representada pelos 2,4% restantes, tem sua maior parte situada nas calotas polares e geleiras (1,9%), inacessível aos seres humanos pelos meios tecnológicos atuais. Da parcela restante (0,5%), mais de 95% é constituída pelas águas subterrâneas, que têm se constituído em importante alternativa para abastecimento de comunidades rurais e urbanas, tanto para uso agrícola, quanto industrial (CAPUCCI et al., 2001). Dados como estes destacam a importância de mananciais subterrâneos, haja vista que, em termos quantitativos, a vantagem sobre os mananciais superficiais é indiscutível.

Apesar da crença popular, de que a água subterrânea está protegida contra as diversas formas de contaminação, os cientistas estão descobrindo poluição em aquíferos de todos os continentes, tanto nas proximidades das lavouras, quanto de fábricas e de cidades. O tempo médio de permanência da água nos depósitos subterrâneos é de 1.400 anos, contra apenas 16 dias para a água fluvial (REBOUÇAS, 2003).

Observa-se também que, a água de poços e fontes, vem sendo utilizada para diversos fins, tais como o abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer. Onde se destaca que, a inobservância das normas técnicas de perfuração de poços profundos, pode causar a poluição do lençol freático e estima-se que existam no país pelo menos 400.000 poços profundos para captação de água (ZOBY e MATOS, 2002).

No Brasil, a água subterrânea é intensamente explorada, onde 15,6 % dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea, 77,8 % usam rede de abastecimento e 6,6 % usam outras formas (IBGE, 2002). É importante destacar que, entre os domicílios que possuem rede de abastecimento de água, uma parte significativa também usa água subterrânea. Embora o uso do manancial subterrâneo seja complementar ao superficial em muitas regiões, em outras áreas do país, a água subterrânea representa o principal manancial hídrico e desempenha importante papel no desenvolvimento socioeconômico do país.

Uma grande variedade de substâncias contaminantes tem sido encontrada nas águas subterrâneas, como os materiais orgânicos, inorgânicos e radioativos, além de bactérias e vírus (ALLEN et al., 1993; FETTER, 1992, KUCHLER, 2000). Estes contaminadores geralmente estão localizados no solo e/ou nas rochas, que possuem grande capacidade de retenção de substâncias (SABINO, 1998). Quando esta capacidade é ultrapassada, os poluentes ficam à disposição das águas e se infiltram, podendo após algum tempo atingir os depósitos de águas subterrâneas (ROMERO, 1991). Assim sendo, uma vez contaminado, o depósito de águas subterrâneas pode tornar-se impróprio para qualquer uso.

Dentre os poluidores das águas, salienta-se que fontes de água potável contendo altas concentrações de nitrato apresentam um grande risco para a saúde pública e animal, embora não apresente relativa toxidez para os adultos, por ser rapidamente excretado pelos rins. Entretanto, concentrações maiores que 10 mg/L de nitrato, expresso como nitrogênio ($\text{NO}_3\text{-N}$), pode ser fatal para crianças com idades inferiores há seis meses e causar problemas na saúde dos animais (QUEIROZ, 2004). Em crianças, o nitrato é convertido a nitrito, que se combina com a hemoglobina no sangue, formando metamoglobina, e causando a “síndrome do bebê azul”, além de outros problemas que podem ser causados pela formação de nitrosaminas cancerígenas. Para se evitar esses distúrbios, a legislação brasileira estabeleceu um limite máximo de 10 mg/L de $\text{NO}_3\text{-N}$ em água potável (BRASIL, 2004).

Recorda-se que a contaminação ambiental pelo nitrato é resultado da sua lixiviação em solos, derivada do uso de fertilizantes, e também dos efluentes urbanos, que podem contribuir com até 40% dos nitratos presentes em águas superficiais. Outra fonte de contaminação é o descarte de efluentes de plantas de tratamento biológico nitrificante, que podem conter até 30 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$ (QUEIROZ, 2004).

Como nos últimos anos o nível de nitrato nas fontes de água potável tem crescido em muitos países, a determinação quantitativa do analito em águas é fundamental para a saúde ambiental, prevenindo a contaminação dos usuários. Destacando-se que a Resolução CONAMA nº. 396 (BRASIL, 2008) prevê que, a máxima concentração permitida de nitrato, para consumo

humano, em águas subterrâneas, é de 10mg N/L ou 45 mgNO₃-/L. Devido a isso se ressalta a importância de se trabalhar com a conscientização a respeito deste recurso natural, evidenciando que, sem efetivas mudanças comportamentais da sociedade, e sem a aplicação concreta da legislação e diretrizes de proteção ambiental, dentro de poucas décadas a população estará sujeita a um verdadeiro colapso quanto à disponibilidade de água, o que poderá colocar em perigo até a sobrevivência da humanidade (BRASIL, 2002).

Dentro deste contexto, objetivou-se avaliar a incidência de índices alterados de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos, da Região Sudoeste do Paraná, através de pesquisa quantitativa exploratória de análises laboratoriais.

2. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A água possuiu valor inestimável, sendo vital à manutenção dos ciclos biológicos, químicos e geológicos, mantendo os ecossistemas em equilíbrio e a existência de vida no planeta Terra (CAPOBIANCO, 2007). Recorda-se que a mesma é um recurso limitado e com valor econômico, sendo que sua escassez pode ocorrer, tanto por condições climáticas, hidrológicas e hidrogeológicas, como por demanda excessiva. Sua importância abrange desde a sobrevivência humana, até o desenvolvimento de todas as atividades produtivas (SOARES, 2004).

Até a década de 1970, acreditava-se que as águas subterrâneas estavam naturalmente protegidas da contaminação, pelas camadas de solo e de rochas. Entretanto, a partir de então, foram detectados traços da presença de contaminantes em águas subterrâneas, e diversos estudos foram sendo conduzidos no sentido de se avaliar sua segurança. Como bem descreve Tundisi (2003), a sociedade só percebeu a complexidade dos problemas ambientais a partir da última década do século XX, onde passou a ter uma percepção clara das interações dos componentes dos ecossistemas, o que gerou ações internacionais, bem como, efetivas iniciativas nacionais, relacionadas ao controle da qualidade e gestão das águas.

Salienta-se ainda que, aproximadamente 97% da água doce, disponível para uso da humanidade, encontram-se no subsolo, na forma subterrânea, e mais da metade da água de abastecimento público no Brasil provém destas reservas. A crescente preferência pelo uso desses recursos hídricos se deve ao fato de que geralmente eles apresentam uma melhor qualidade e um menor custo (GEOGOIÁS, 2002).

A água para consumo humano pode ser obtida de diferentes fontes, dentre elas o manancial subterrâneo, que é um recurso utilizado por ampla parcela da população brasileira. Essa água pode ser captada do aquífero confinado ou do artesiano, que se encontra entre duas camadas relativamente impermeáveis, o que dificulta sua contaminação; ou ainda ser captada no aquífero não confinado ou livre, que fica próximo à superfície, estando, portanto, mais suscetível à contaminação. Em função do baixo custo e facilidade de perfuração, a captação de água do aquífero livre, embora mais vulnerável à contaminação, é a mais frequentemente utilizada no Brasil (FOSTER, 1993; ASSIS DA SILVA, 1999).

Com o grande comprometimento da qualidade das águas superficiais, o uso das águas subterrâneas, para abastecimento público, tornou-se uma opção assustadoramente crescente. O fato torna-se preocupante, tendo em vista a falsa premissa de que as águas subterrâneas, diferentemente das águas superficiais, estão protegidas de contaminação. Do ponto de vista quantitativo, o ciclo hidrológico recicla a água, porém do ponto de vista qualitativo não se pode dizer o mesmo. De certa forma, a água também é renovável, visto que, devolve-se ao solo ela suja e retira-se dele água limpa. Esta situação se deve em partes à ocupação de áreas menos providas de águas superficiais, como as regiões semiáridas. Assim como constitui uma forma de se obter água de melhor qualidade em regiões já poluídas e viabilizar grandes volumes para irrigação (AYACH et al., 2007).

Quanto à questão de contaminação e poluição das águas, destaca-se o pensamento de Rosa Filho et al. (1998), que descreve que a contaminação seria toda a introdução sólida ou líquida, efetivada em um ambiente hidrológico, como resultado da atividade humana, e a poluição, estaria reservada a situações onde as concentrações de contaminantes atinjam níveis perigosos.

Para Migliorini (1994) é certo que todos os aquíferos, de alguma forma, são vulneráveis, se contaminados por substâncias altamente móveis e persistentes, como sais e nitratos, por exemplo. Pois, em princípio, os aquíferos subterrâneos se encontram mais protegidos da contaminação, que ocorre quando a água da chuva ou de irrigação, ao percolar o solo, arrasta consigo substâncias dissolvidas (processo de lixiviação) que poderão ter como destino final o lençol freático ou os aquíferos profundos. Em função da interação característica dos nutrientes em formas iônicas, com a fase sólida do solo, a natureza do nutriente e os atributos químicos e físicos, tornam-se os principais fatores que condicionam a absorção de dado nutriente em profundidade (RESENDE, 2002).

No Brasil, a garantia de um consumo humano de água, segundo padrões de potabilidade adequados, é uma questão bastante relevante para a saúde pública. Para isso, contam-se com as normas de qualidade da água para consumo humano, aprovadas por portarias, com a de nº 1.469 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2000), que define os valores máximos permissíveis (VMP) para as características bacteriológicas, organolépticas, físicas e químicas da água potável. De acordo com o art. 4º dessa portaria, “água potável é a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça risco à saúde” (BRASIL, 2000).

O Brasil apresenta, em todas as partes do seu território, condições altamente favoráveis ao desenvolvimento da vida e ao ciclo de renovabilidade dos seus potenciais de água doce, tanto superficial, como subterrânea. – com alto índice pluviométrico (variando entre 1000 e 3000 mm/ano) sobre 90% do território. As disponibilidades de água subterrânea são de boa qualidade para consumo e avaliadas em quantidade abundante (estimativa de 5000 m³/habitante/ano), em que pese este recurso hídrico, não estar distribuído de forma equilibrada nas várias regiões (BNDS, 1998).

Em termos do uso das águas superficiais, os países apresentam-se em condições distintas, onde alguns têm uma maior reserva, como o Brasil, com consumo relativo baixo, e outros têm um maior consumo, embora sua reserva seja pequena (Tabela 1).

Destacando-se que, segundo dados da ONU (2001), o Brasil detêm

13,3% de toda reserva hídrica da terra, com 180.000 m³/s, o que representa uma disponibilidade hídrica de cerca de 47.000 m³/habitante/ano. Ocorre, porém, que essa riqueza não está distribuída uniformemente, ocorrendo regiões críticas (Tabela 2).

Tabela 1 – Disponibilidades Mundiais (Reservas) e Consumos de Água.

Pais	Reserva (m³/hab/ano)		Consumo (m³/hab/ano)	
Brasil	47.000	Rico	Baixo	100 e 500
EUA	10.000	Suficiente	Alto	1.000 e 2.000
França	3.300	Suficiente	Moderado	500 e 1.000
China	2.000	Suficiente	Baixo	100 e 500
Israel	< 500	Muito pobre	Baixo	470

Fonte: Águas Doces do Brasil - (Rebouças et al., 2003).

Tabela 2 – Disponibilidade Hídrica do Brasil

Estado	Disponibilidade Hídrica Social (m³/hab/ano)		Consumo per capita (m³/hab/ano)
Maranhão	Rica	16.226	61
Rio Grande do Sul	Rica	19.792	1015
Paraná	Rica	12.600	189
Minas Gerais	Rica	11.611	262
Piauí	Suficiente	9.185	101
Rio de Janeiro	Suficiente	2.189	224
São Paulo	Suficiente	2.209	373
Rio Grande do Norte	Pobres	1.654	207
Alagoas	Pobres	1.692	159
Paraíba	Critico	1.394	172
Pernambuco	Critico	1.270	268

Fonte: Águas Doces do Brasil - (Rebouças et al., 2003).

3. USOS E QUALIDADE DA ÁGUA

A água é sem dúvida o bem mais amplamente consumido no mundo e essencial à sustentabilidade da vida no planeta. A exigência de uma água de qualidade vem a ser o propósito primário para a proteção da saúde pública, sendo assim, o perigo de contaminação no seu fornecimento é a primeira linha de defesa, alertando a população do perigo do contato com

água de má qualidade. As ações de vigilância, monitoramento e controle da qualidade da água para consumo humano têm como base legal a Portaria MS nº 518/2004, cuja operacionalidade deve estar pautada em diretrizes técnicas; e mais recentemente a Portaria 2914/2011, que revisou e atualizou a anterior.

Entre estas iniciativas nacionais, foram editadas normas e procedimentos para um melhor controle da poluição e da qualidade da água, sendo algumas delas o controle da qualidade de água em rios e reservatórios (BRASIL, 2005) e os padrões de potabilidade (BRASIL, 2004), que foram revistas no início do século XXI.

Dada à complexidade dos processos ocorrentes em subsuperfície, é cada vez mais necessária a implementação de estudos sobre as diferentes formas de impactos na qualidade das águas subterrâneas. Para Migliorini (1994) é certo que, todos os aquíferos, de alguma forma, são vulneráveis a contaminações por substâncias altamente móveis e persistentes, como sais de nitratos, por exemplo.

Assim sendo, para utilização das águas profundas no estado do Paraná, a SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), entidade vinculada a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos no Estado do Paraná, exige que seja realizada a solicitação de outorga, que é uma autorização de uso e exploração de água do lençol freático, mediante certificação de sua qualidade. Os principais parâmetros, utilizados nas análises físico-químicas e bacteriológicas desta água (Tabela 3 e 4), solicitadas para a obtenção da “Outorga da Água de Poço Tubular Profundo”, são:

Tabela 3 – Padrões Físico-Químicos para Água Potável.

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidades VMP</i>	<i>VMP (Valores máximos permitidos)</i>
Aspecto	Límpido	Límpido
Odor	Não objetável	Não objetável
Cor	UH	Até 15,00
Turbidez	NTU	Até 5,00
Ph		Entre 6 e 9,5
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	Até 1000
Alcalinidade De Hidróxidos	mg CaCO ₃ /L	0.0
Alcalinidade De Carbonatos	mg CaCO ₃ /L	Até 125
Alcalinidade De Bicarbonatos	mg CaCO ₃ /L	Até 250
Dureza De Carbonatos	mg CaCO ₃ /L	
Dureza De Não Carbonatos	mg CaCO ₃ /L	
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	Até 500
Oxigênio Consumido	mg O ₂ /L	Até 3.5
Nitrogênio Amoniacal	mg NH ₃ /L	Até 1.5
Nítrito	mg N/L	Até 1.0
Nitrato	mg N/L	Até 10.0
Ferro	mg Fe/L	Até 0.30
Cloretos	mg Cl/L	Até 250
Flúor	mg F/L	Até 1,5
Manganês	mg Mn/l	Até 0,1
Gás Carbônico	mg CO ₂ /L	
Cloro Residual Livre	mg /L	Até 2,5
Sílica	mg SiO ₂ /L	
Condutividade	μS/cm a 25°C	
Sulfato Mg	mg SO ₄ /L	Até 250

Fonte: BRASIL, 2004

Ressalta-se que, a água de poço artesiano, mesmo que cristalina e aparentemente própria para o consumo, pode estar contaminada. Vários fatores podem ser responsáveis pela contaminação da água de poços artesianos em nível de propriedade, tanto rural quanto urbana, como a falta de manutenção do reservatório; localização inadequada do poço; e falta de cuidado e higiene com a água antes do consumo. Sendo que, as fontes de contaminação antropogênica, em águas subterrâneas, são em geral diretamente associadas a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de lixo que contaminam os lençóis freáticos com microrganismos patogênicos (FREITAS e ALMEIDA, 1998).

Tabela 4 – Padrões Bacteriológicos para Água Potável.

<i>BACTÉRIA</i>	<i>Unidades</i>	<i>VMP (Valores máximos permitidos)</i>
Bactérias do grupo Coliforme	UFC / 100 ml	Ausência
Bactérias do grupo Coliforme – Termotolerante	UFC / 100 ml	Ausência
Bactérias Heterotróficas	UFC / ml	500

Fonte: BRASIL, 2004

A Agência Nacional de Águas (2005) ressalta que, as fontes de contaminantes da água subterrânea, derivadas da falta de saneamento, representam um risco iminente à saúde das populações. Pois através da infiltração do escoamento superficial das fossas negras no solo, e também pelo vazamento de redes de esgoto, a qualidade microbiológica das águas sofre grandes alterações, sendo tal situação especialmente crítica, nas cidades em que existe uma elevada densidade populacional e, portanto, alta taxa de produção de esgotos (ANA, 2005).

Mas a agricultura também representa uma importante fonte de contaminação de águas subterrâneas. A irrigação geralmente lança no solo uma quantidade de água maior do que a necessária para a evaporação e transpiração. Este excesso de água carrega materiais diversos do solo até os lençóis freáticos. Entre estes materiais estão os produtos utilizados na agricultura como fertilizantes e pesticidas (NETO, 1997). Há então, um conseqüente aumento da salinidade e contaminação do solo e da água. Sendo que os pesticidas também são fonte de contaminação, assim como os produtos químicos que são aplicados para controle de pragas, controle do crescimento e otimização das plantações.

O uso destes produtos químicos implica em risco de contaminação do ambiente e das águas subterrâneas através da migração. Mesmo produtos biodegradáveis produzem metabólitos tóxicos, que são encontrados em aquíferos freáticos. Além disto, a aplicação de fertilizantes que contém basicamente fósforo, potássio e nitrogênio em suas formulações, implicam em mais um risco. Embora se saiba que, fertilizantes à base de nitratos, sejam essenciais à agricultura, mas podem contaminar águas subterrâneas (NETO, 1997).

A agropecuária é também importante fonte de contaminação. Animais confinados podem causar contaminação devida à lixiviação do rejeito produzido. Muitos fazendeiros utilizam este rejeito para adubo, entretanto não são tomados os cuidados necessários para a estocagem e utilização, havendo o risco dos contaminadores atingirem o ambiente e conseqüentemente as águas subterrâneas (ALMASRI, 2007; CAMPONOVARA, 2004; NOBREGA, 2006; OLIVEIRA, 2005; ROCHA, 2006; ROSA FILHO, 2002).

O escoamento superficial urbano pode gerar contaminação, pois nos grandes centros urbanos o lixo, os esgotos e a água encanada, podem atingir aquíferos. Diversas atividades desenvolvidas nas cidades contaminam reservas de águas subterrâneas, tanto no Brasil quanto no resto do mundo (ALMASRI, 2007; CAMPONOVARA, 2004; NOBREGA, 2006; OLIVEIRA, 2005; ROCHA, 2006; ROSA FILHO, 2002).

Mas atualmente, as ações relativas a tal problemática já passaram a ser discutidas pelas políticas públicas, principalmente no que tange a gestão dos recursos hídricos, embora mais direcionadas a águas superficiais, assim como se destaca a publicação do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2007), no item "Subprograma VIII. 1 - Ampliação do Conhecimento Hidrogeológico", sobre a proteção das águas subterrâneas, no qual descreve que:

A ampliação do conhecimento hidrogeológico é a primeira etapa para subsidiar a implantação de um sistema de gestão realmente integrado entre as águas subterrâneas e as superficiais, já que atualmente a gestão é focada no componente das águas superficiais, pelo fato desta ter maior visibilidade e disponibilidade de dados e estudos.

4. O NITRATO NA ÁGUA

A presença de nutrientes na água faz parte dos ciclos normais da natureza, sendo que para a maioria dos nutrientes vegetais, não têm sido relatado problemas em relação a níveis excessivos. O problema de contaminação fica restrito a alguns micronutrientes e, principalmente, aos macronutrientes como nitrogênio e fósforo. Das diversas formas de

nitrogênio presentes no solo, à amônia (NH_3) e em especial o nitrato (NO_3^-), podem ser causas da perda de qualidade da água. Sendo que, a amônia quando presente na água é altamente letal aos peixes, pela toxicidade que representa para este grupo da fauna; quando originada no solo ou aplicada via fertilizantes essa molécula tende a ser convertida a amônio (NH_4^+) e este por sua vez é convertido a nitrato por meio de processos microbianos (FRANCA, 2006; BAIRD, 2002).

O nitrato é a forma mais oxidada do nitrogênio, e é formado durante os estágios finais da decomposição biológica, tanto em estações de tratamento de água, como em mananciais de água natural. Este íon geralmente ocorre em baixos teores nas águas superficiais, mas pode atingir altas concentrações em águas profundas (FRANCA, 2006; BAIRD, 2002; APHA, 2005).

Observa-se que a Resolução CONAMA nº. 396 (BRASIL, 2008), prevê que a máxima concentração permitida de nitrato, para consumo humano, em águas subterrâneas, é de 10mgN/L ou $45\text{mgNO}_3^-/\text{L}$.

Nas águas subterrâneas é originado principalmente da aplicação de fertilizantes nitrogenados, tanto inorgânicos, como proveniente de esterco animal; deposição atmosférica; esgoto doméstico, bem como lixiviação de áreas agrícolas e lixões (FRANCA, 2006). Não somente locais com alto aporte de nitrogênio, mas também solos bem drenados e áreas com pouca vegetação contribuem maior risco de contaminação por nitrato (BAIRD, 2002). Uma fonte comum de contaminação de aquíferos por nitrato é o uso de sistemas de saneamento *in situ*, do tipo fossas e valas negras.

A presença de NH_4^+ em alguns poços indica que a contaminação pode ser recente, não tendo transcorrido tempo suficiente para sua oxidação. A presença de compostos de nitrogênio nos seus diferentes estados de oxidação é indicativo de contaminação do aquífero e de possíveis condições higiênico-sanitárias insatisfatórias (BAIRD, 2002).

As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de nitrato no intervalo de $0,1$ a 10mg L^{-1} , porém em águas poluídas os teores podem chegar a 1.000mg L^{-1} (BAIRD, 2002). Níveis elevados de nitratos indicam ainda contaminação por disposição inadequada de dejetos humanos, industriais ou de indústrias alimentícias, além do uso de fertilizantes nitrogenados na agricultura. No entanto, um máximo de 10PPM de nitrato

(nitrogênio) é permissível em água potável, sendo que valores entre 3 e 10 PPM servem de alerta de início de contaminação.

5. SAÚDE AMBIENTAL E CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR NITRATO

A saúde ambiental é parte integrante da saúde pública, e trabalha os problemas derivados dos efeitos que o ambiente exerce, sobre o bem-estar físico e mental do ser humano. Neste contexto discute-se a questão da saúde ambiental relacionada à água e salienta-se que, o aumento da contaminação das águas por compostos nitrogenados vem merecendo atenção especial, uma vez que está se tornando um problema mundial, devido a sua ampla e diversificada procedência. No Brasil, as águas subterrâneas constituem uma fonte importante de abastecimento, e destaca-se que a legislação federal vigente (BRASIL, 1990), não estabelece limites para as concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrogênio albuminoide e nitrito, porém devido aos efeitos adversos à saúde, causados pelos compostos nitrogenados, considera-se importante à inclusão desses compostos.

No organismo humano, o nitrato se converte em nitrito e, quando presente na água de consumo humano, tem um efeito mais rápido e pronunciado do que o nitrato. Se o nitrito for ingerido diretamente, pode ocasionar metahemoglobinemia independente da faixa etária do consumidor. As nitrosaminas e nitrosamidas podem surgir como produtos de reação entre o nitrito ingerido ou formado pela redução bacteriana do nitrato, com as amins secundárias ou terciárias e amidas presentes nos alimentos. O pH ótimo para a reação de nitrosaminação é entre 2,5 a 3,5, faixa semelhante à encontrada no estômago humano após a ingestão de alimentos. Tanto as nitrosaminas como as nitrosamidas estão relacionadas com o aparecimento de tumores em animais de laboratório (SILVA e ARAUJO, 2003; BAIRD, 2002).

A contaminação por nitrato, na água de beber, pode trazer graves consequências à saúde. Seu consumo, por meio das águas de abastecimento, está associado a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metahemoglobinemia, especialmente em crianças (impedindo o transporte

de oxigênio no sangue), e a formação potencial de nitrosaminas carcinogênicas (BOUCHARD et al., 1992).

Em crianças esse fato é conhecido como a “Síndrome do Bebê Azul”, e afeta principalmente as crianças muito pequenas e também os idosos. Pode causar cianose intensa (devido à metahemoglobinemia), e levar à morte. As altas concentrações de nitrato podem acarretar graves consequências à saúde, entre elas ocorre um aumento no risco de aparecimento de linfomas em pessoas que ingerem, em longo prazo, água com até 4 PPM de nitrato (BOUCHARD et al., 1992).

Embora a legislação estabeleça que, a água destinada ao abastecimento humano não deva conter mais que 10 mg/L de nitrato, devido à capacidade do organismo em reverter o processo, produzindo nitrito por redução de nitrato, tem-se conhecimento que, acima de 4ppm, por meio de uso contínuo, o organismo humano sofre devido o efeito acumulativo (MIGLIORINI, 2002).

Segundo Bouchard et al. (1992), estudos realizados na Austrália e Canadá mostraram aumento significativo de malformação congênita associada à ingestão de alta concentração de nitrato. Como o nitrogênio amoniacal é um dos primeiros passos da decomposição da matéria orgânica, sua presença indica contaminação recente e pode estar relacionada à construção precária dos poços e falta de proteção do aquífero (ALABURDA e NISHIHARA, 1998).

O desenvolvimento da metahemoglobinemia a partir do nitrato nas águas potáveis depende da conversão bacteriana deste para nitrito durante a digestão, o que pode ocorrer na saliva e no trato gastrointestinal (AWWA, 1990; MATO, 1996).

As crianças pequenas, principalmente as menores de três meses de idade, são bastante suscetíveis ao desenvolvimento desta doença por causa das condições mais alcalinas do seu sistema gastrointestinal (OLIVEIRA et al., 1987), fato também observado em pessoas adultas que apresentam gastroenterites, anemia, porções do estômago cirurgicamente removidas e mulheres grávidas (BOUCHARD et al., 1992).

A literatura referente aos estudos sobre a avaliação de compostos de nitrogênio em águas de poços no Brasil é muito precária, bem como a divulgação de estudos epidemiológicos com respeito à

metahemoglobinemia e a ocorrência do desenvolvimento de alguns tipos de câncer, devido à ingestão de teores elevados de nitrato, são praticamente inexistentes. Fernícola (1989, p.43) considera “que dada a pouca informação sobre casos de metahemoglobinemia nas Américas, cabe indagar se isto é devido à baixa incidência da doença ou à falta de notificação”.

Apesar do aumento de evidências acerca dos efeitos nocivos à saúde provenientes do uso de água fora dos padrões adequados de potabilidade, os danos à saúde, decorrentes do consumo de água contaminada, são difíceis de serem avaliados e mensurados adequadamente. Os aspectos envolvidos nessa relação são múltiplos e nem sempre se baseiam em associações diretas. Fatores como o estado nutricional, o acesso aos serviços de saúde e à informação, podem interferir nessa associação. Além disso, fatores individuais também podem estabelecer diferentes respostas ao contato com água contaminada (BOUCHARD et al., 1992).

6. METODOLOGIA

Realizou-se uma pesquisa quantitativa exploratória, com o intuito de avaliar a incidência de valores alterados de Nitrato, em águas subterrâneas na Região Sudoeste do Paraná, dentro de um intervalo de confiança de 95%.

Foram avaliadas 34 análises laboratoriais de poços artesanais, sendo 23 de Francisco Beltrão e 11 de outros municípios da região, realizadas em laboratório particular, no mês de setembro de 2010, destacando-se que, as amostras foram analisadas com intuito de Outorga de poços profundos na SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), que seria o direito ao uso e exploração deste bem, que pertence a União, mediante atestado de potabilidade da mesma.

A variável de resposta foi o nível de nitrato encontrado nas amostras de água, de forma a especificar a concentração média encontrada no período; determinar o desvio padrão e a variância das concentrações nas amostras, averiguando qual o erro máximo de estimativa. Discutindo-se assim, as taxas de nitrato encontradas e sua correlação com a saúde ambiental.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da análise de nitrato em água de poços artesianos, do Sudoeste do Estado do Paraná, no mês de setembro de 2010, indicam que 32,35% das amostras analisadas, apresentaram valores maiores que o permitido pela legislação específica. Estes resultados mostram a importância do monitoramento dessas águas por um determinado período, visando à tomada de ações preventivas. Nas águas tratadas e cloradas, utilizadas para consumo, praticamente só é esperado encontrar teores de nitrato devido às condições oxidantes desse meio.

As análises estatísticas dos resultados, dentro de um intervalo de confiança de 95%, obtiveram Erro máximo de estimativa de 3,35%, estando dentro do esperado.

A média de valores de nitrato ficou em $7,66 \pm 9,97\%$, dentro da normalidade (10mg/L Nitrato), mas com um desvio, para menos ou para mais, de quase 10% nos dados obtidos. Reforçando-se que sua Variância, que é uma medida de dispersão dos dados em torno da média, ficou em 99,59, demonstrando heterogeneidade dos resultados, ou seja, alguns normais, alguns acima e outros baixos.

A análise de probabilidade de ocorrência de índices acima de 10mg/L foi de 40,9%, demonstrando o risco potencial à saúde da população envolvida.

Um dos aspectos mais preocupantes, nas amostras analisadas neste estudo, foi o elevado percentual de amostras com nitrato acima de 10mg $\text{NO}_3\text{-N/L}$ (VMP), sendo que ele é o produto final da estabilização aeróbia do nitrogênio orgânico, indicando contaminação antiga (Tabela 6).

Porém, cabe observar que, no caso das pequenas e médias populações urbanas e comunidades rurais, as águas subterrâneas, empregadas como fontes alternativas de abastecimento, são utilizadas diretamente, sem nenhum tratamento prévio. Nesses casos, torna-se importante detectar e diferenciar as quatro espécies nitrogenadas, para se avaliar corretamente a qualidade da água, principalmente porque o nitrito, o nitrogênio amoniacal e o nitrogênio albuminoide, são indicadores de contaminação do aquífero e de possíveis condições higiênico-sanitárias insatisfatórias (ALMASRI, 2007; APHA, 2005).

A presença de concentrações de nitrogênio amoniacal e de nitrogênio albuminoide pode estar relacionada com as construções precárias dos poços e a falta de proteção do aquífero, sendo que o conhecimento dos seus teores permite adotar atitudes corretivas rápidas, evitando-se que a contaminação se transforme num problema crônico e irreversível, necessitando uma avaliação *in loco* (ALABURDA e NISHIHARA, 1998).

Tabela 6 – Concentração de nitrato nas amostras analisadas

<i>Amostra</i>	<i>Nitrato (mg/L)</i>	<i>Classificação*</i>
1	0,01	
2	2,51	
3	3,90	
4	10,01	Não conforme
5	10,95	Não conforme
6	10,88	Não conforme
7	5,33	
8	0,01	
9	19,90	Não conforme
10	5,13	
11	5,33	
12	19,9	Não conforme
13	0,14	
14	0,01	
15	0,01	
16	0,01	
17	10,98	Não conforme
18	1,19	
19	0,51	
20	0,01	
21	4,51	
22	9,60	
23	6,36	
24	2,05	
25	30,8	Não conforme
26	3,69	
27	10,5	Não conforme
28	1,02	
29	8,40	
30	4,10	
31	16,6	Não conforme
32	5,33	
33	40,2	Não conforme
34	10,6	Não conforme
Média	7,66	

Fonte: a autora

*De acordo com a legislação específica, o valor máximo permitido para nitrato é de 10 mg/L

Finalizando-se, cabe destacar que dos demais compostos de nitrogênio avaliados nas águas destes poços, constatou-se a presença de nitrogênio amoniacal, nitrogênio albuminoide e nitrito acima dos limites permissíveis. A diferença entre os valores encontrados ocorre porque nem sempre os quatro compostos de nitrogênio analisados estão presentes simultaneamente numa mesma amostra, devido à origem da água e da fonte de contaminação. Portanto, a ausência de nitrato não significa que amônio e nitrito estejam ausentes.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nitrato é a forma mais completamente oxidada do nitrogênio e é formado durante os estágios finais da decomposição biológica, tanto em estações de tratamento de água, como em mananciais de água natural. Sua presença não é estranha, principalmente em águas armazenadas em cisternas em comunidades rurais. Nitratos inorgânicos, assim como o nitrato de amônia, são largamente utilizados como fertilizantes. Salientando-se que baixas concentrações de nitrato podem estar presentes em águas naturais (ALMASRI, 2007).

No estudo em questão, os valores médios encontrados de concentrações de nitrato ficaram em torno de $7,66 \pm 9,98\%$, e demonstram que, apesar de atender aos limites estabelecidos para potabilidade, são indicativos de contaminação no aquífero, que por sua distribuição, com pouca variabilidade na área de estudo, confirma a migração continua de contaminantes para as águas subterrâneas. Tal migração se dá certamente pela presença dos poços absorventes ou sumidouros, que por sua profundidade em relação ao topo do aquífero, acabam por se tornar caminhos facilitadores de percolação de efluentes contaminados para o mesmo.

Em relação à saúde ambiental, destaca-se Siqueira (2002), que cita que mais de 2.000 casos de metahemoglobinemia, com casos fatais em torno de 8%, foram descritos na literatura até 1970, e retrata a existência de diversos estudos, relacionando níveis elevados de nitrato em água de poços,

com incidência de câncer gástrico, sendo assim, não ser possível descartar uma investigação sobre a ocorrência de doenças causadas pela ingestão de nitratos, mesmo em concentrações moderadas.

Salienta-se que nas amostras de alguns destes poços, também foram detectados nitrito e amônio. Destacando-se que a presença de NH_4^+ pode indicar contaminação recente, não tendo transcorrido tempo suficiente para sua oxidação.

As águas subterrâneas cumprem função importante e, em inúmeros casos, é vital para o fornecimento de água potável. Por isso, recomenda-se a sua proteção, com eliminação das causas de possíveis contaminações, bem como o uso de filtração, antes da desinfecção, para reduzir, a um nível significativo, o risco de transmissão de qualquer contaminante pela água (ABRAMOVICH et al., 1998).

Os resultados obtidos neste estudo demonstram falhas nas práticas de uso da água e ressalta a importância da conscientização dos consumidores, relativo aos riscos com a saúde ambiental, bem como a necessidade de promoção de políticas públicas que garantam acesso generalizado à água adequada ao consumo humano, conforme relatado por Silva e Araújo (2003), ao dizerem que, o risco aumenta quando o subsolo é mais permeável ou muito fissurado, e na maioria dos casos, os efeitos da poluição do subsolo processam-se de uma forma lenta, mas contínua. Concluindo-se que, se o risco não for eliminado, com certa antecedência, poderá haver a perda completa do manancial e, conforme o caso, dos mananciais vizinhos também. Assim, salienta-se a importância e a necessidade de um monitoramento contínuo bacteriológico e físico-químico, das fontes de água subterrânea no sudoeste do Paraná.

9. REFERENCIAS

ABRAMOVICH, B.; CARRERA, E.; LURÁ, M.C.; HAYE, M.A. Cryptosporidium y agua: estudio de una asociación riesgosa. **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, n.36. 1998.p.30-34.

ALABURDA, J.E.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**, n.32,v.2. 1998. p.160-165.

ALLEN, H.E.; PERDUE, E.M.; BROWN, D.S. **Metals ingroudwater**. Lewis: Chelsea, 1993.

ALMASRI, M. N. Nitrate contamination of groundwater: A conceptual management framework. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, 2007. p. 220-242.

AMERICAN PUBLIC ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21st edition. Washington, 2005.

ASSIS DA SILVA, R.C. **Abrindo mão do direito ao consumo da água tratada**: Feira de Santana/BA. Bahia: UEFS, 1999.96p. (Monografia do curso de especialização em Direito Sanitário).

AWWA (American Water Works Association). **Water Quality and Treatment. Handbook of Community Water Supplies**. New York: Mcgraw Hill. 1990.

AYACH, L. R.; PINTO, A. L.; CAPPI, N. Concentrações de nitrato nas águas freáticas da cidade de Anastácio (MS) e suas implicações ambientais. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. Vol.2 - n.2. Rio Claro: julho/dezembro/2007, p. 4.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2005. 123 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 36/90**: Padrão de Potabilidade da Água Destinada ao Consumo Humano. Brasília, 1990.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n. 1.469, de 29 de dezembro de 2000**: Norma de Qualidade da Água pra Consumo Humano. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura e qualidade das águas: contaminação pelo nitrato**. EMBRAPA. Planaltina, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004: Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: **Diário Oficial da União**, 26 de março 2004.

BRASIL. Portaria nº 2914/MS de 11 de dezembro de 2011. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 14 de dezembro de 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido.** Brasília, 2007

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008:** Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Brasília, 2008.

BAIRD, C. **Química Ambiental.** 2ª edição. Porto Alegre: Bockman, 2002

BOUCHARD, D.C.; WILLIAM, S.M.K. Nitrate contamination of groundwater; sources and potential health effects. **Journal of the American Water Works Association.** 1992.

BNDS. **Informe infra-estrutura-** Área de projetos de infra-estrutura, nº 28. Brasil, novembro/98.

CAMPONOGARA, I. Mapeamento da Vulnerabilidade Natural à Contaminação de Aquíferos e Risco de Poluição dos Recursos Hídricos Subterrâneos no Município de Soledade / RS. In: **Anais....COBRAC 2004: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário.** UFSC. Florianópolis, 2004.

CAPOBIANCO, J. P. R.. **Importância da água: Ética no uso da água.** São Paulo: Banas ambiental, 2007.

CAPUCCI, E.; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M. **Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas.** Rio de Janeiro: DRMRJ- Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro, 2001.

FETTER, C. W. **Contaminant hydrogeology.** New York: Macmillan, 1992. p.458.

FERNÍCOLA, N.G.J. Metaemoglobinemia infantil causada por nitratos. **Bol. Sanit. Panamericana,** 1989. p.32-40.

FOSTER, S. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas:** um estudo baseado em dados existentes. Instituto Geológico. São Paulo, 1993.

FRANCA, R.M.; FRISCHKORN, H.. SANTOS, M.R.P.; MENDONÇA, L.A.R.; BESERRA, M.C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte/CE. **Engenharia Sanitária Ambiental,** 2006

FREITAS, M.B.; ALMEIDA, L.M. Qualidade da água subterrânea e sazonalidade de organismos coliformes em áreas densamente povoadas com saneamento básico precário. In: **Anais...Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas.** São Paulo, 1998.

GEOGOIAS. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Agência Ambiental de Goiás, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

KUCHLER, I. L.; MIEKELEY, N.; FORSBERGB, B. R. A contribution to the chemical characterization of rivers in the Rio Negro Basin, Brazil. **J. Braz. Chem. Soc.** May/June. v.11. n.3.. 2000. p.286-292

MIGLIORINI, R.B. **Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos**: Estudo do Cemitério Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo. São Paulo: USP, 1994. 74 p. (Dissertação -Mestrado em Hidrogeologia).

MIGLIORINI, R.B. Cemitérios contaminam o meio ambiente: Um estudo de caso. **Universitária**. Cuiabá. 2002.

MATO, A. P. **Determinação de nitratos, nitritos e prováveis fontes de contaminação em águas de poços e sua influência na metemoglobinemia infantil**. São Paulo: Universidade Mackenzie, 1996. 105p.(Dissertação de Mestrado).

NETO, R. B. Bactérias do inferno. In: **Folha de São Paulo**. São Paulo, 1997.p.5-16.

NÓBREGA M. M. S.; SANTOS, J. P.; ARAÚJO, A. L. C.. Qualidade das águas subterrâneas na grande Natal: o alcance da contaminação por nitrato nas águas minerais. In: **Anais... I Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**. Natal, 2006.

OLIVEIRA, J.J.V.; VALILI, M.I.; PEDRO, N.A.R.; ZENEBON, O. Estudo comparativo de métodos para determinação de nitrato em águas naturais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, n.47. São Paulo, 1987. p.25-30.

OLIVEIRA, L.A. Vulnerabilidade do aquífero livre no perímetro urbano de Rio Verde/GO: Análise preliminar utilizando-se dados de espessura da zona vadosa. **Caminhos de Geografia**. V.5, n.14. 2005

ONU – Organizações da Nações Unidas. **Relatório “The Invisible and Endangered Resource”**. New York, 2001.

QUEIROZ, E.T. Diagnóstico de águas minerais e potáveis de mesa do Brasil. In: **Anais...Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, 13.**, Cuiabá, 2004. Cuiabá: ABAS, 2004.

REBOUÇAS, A. . C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G.. **Águas Doces do Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação**. Ed. Escrituras. São Paulo, 2003.

ROCHA, L.C.R. Contaminação provocada por um depósito de lixo no aquífero Alter do Chão em Manaus/AM. **Acta Amazônia**. V.36, n.3. 2006

ROMERO, L.; MORENO, L.; NERETNIEKS, I. **A compartment model for solute transport in the near field of a repository for radioactive waste**. Stockholm:

Department of Chemical Engineering, 1991.

ROSA FILHO, E.F.; HINDI, E.C. GIUSTI, D.A.; NADAL, C.A. Utilização das águas subterrâneas no abastecimento público das cidades paranaenses. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 46, 1998. p. 13-23.

ROSA FILHO, E. F.; HINDI, E.C. GIUSTI, D.A.; NADAL, C.A. Áreas de vulnerabilidade à contaminação de aquífero cárstico causada pela exploração de poços tubulares (Estudo de caso de Almirante Tamandaré/PR). **Revista Latino-Americana de Hidrogeologia**, n.2. 2002.

RESENDE, A.V. **Agricultura e qualidade da água**: contaminação da água por nitrato. Embrapa Cerrados. Planaltina, 2002. 29p.

SABINO, C.V.S. **Sorção de núclídeos no solo**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1998. 216p. (Tese de Doutorado).

SILVA, RCA; ARAUJO, TM. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciênc. Saúde Coletiva**, vol.8 no.4. São Paulo, 2003.

SOARES, J.F.. **Brasil: riqueza em água e em Leis de Recursos Hídricos**. **Revista ECO 21**, ed. 93. Rio de Janeiro, 2004.

SIQUEIRA, W.S.; ANJOS, G.C.; SOUZA, E.L. Avaliação preliminar dos riscos potenciais de contaminação das águas subterrâneas por postos de combustíveis. In: **Anais...** Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, 12., Florianópolis, 2002. Florianópolis: ABAS, 2002.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI**: Enfrentando a Escassez. São Carlos, 2003.

ZOBY, J.L.G. MATOS, B. Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos. In: **Anais...** Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, 12., Florianópolis, 2002. Florianópolis: ABAS, 2002.