

# ESTUDO FÍSICO-QUÍMICO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DO BAIRRO ZERÃO, MACAPÁ (AP)

José Reinaldo Cardoso Nery<sup>1</sup>; Helyelson Paredes Moura<sup>1</sup>; André Lucas de Luna Santos<sup>2</sup> &  
André Augusto Barros dos Reis<sup>3</sup>

**Resumo** – Neste trabalho são apresentados os resultados de uma pesquisa desenvolvida em um bairro periférico da cidade de Macapá, no estado do Amapá, com o objetivo de determinar as características geoquímicas do aquífero que abastece boa parte das residências daquela região e possibilitar avaliações quanto à utilização das águas subterrâneas pela população. Apresenta-se um levantamento através da determinação dos parâmetros físico-químicos medidos em campo, nos poços previamente cadastrados para o desenvolvimento da pesquisa. Foi utilizada uma sonda multiparâmetros para medir os parâmetros em questão, cujos resultados foram obtidos para 18 poços dentre 40 cadastrados inicialmente. Foram medidos os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, potencial redox, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, salinidade e temperatura. Alguns resultados indicam ligeiras anomalias em certos parâmetros, quando comparados com os valores estabelecidos em legislação específica.

**Abstract** – This paper presents results of a survey carried out in a suburb of the city of Macapa in Amapa, in order to determine the geochemical characteristics of the aquifer that supplies much of the residences of the region and enable evaluations on the use of groundwater by the population. It presents a survey by determining the physico-chemical parameters measured in the field, the wells previously registered for the development of research. A multiparameter probe was used to measure the parameters in question, whose results were obtained for 18 wells out of 40 originally registered. The following parameters were measured: PH, conductivity, redox potential, dissolved oxygen, total dissolved solids, salinity and temperature. Some results indicate slight anomalies in certain parameters, when compared with the values set out in specific legislation.

**Palavras-chave** – Águas subterrâneas. Análise físico-química. Qualidade da água.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Amapá - Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas - Rodovia JK, km 02, Cep 68902-182, Macapá (AP) - Fone: (96) 8111-6373- Email: jrnery@unifap.br / helyelson@unifap.br.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Amapá – Aluno do Curso de Engenharia Elétrica - Email: andrelunasantos@hotmail.com.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Amapá – Aluno do Curso de Medicina - Email: andre-orochi@hotmail.com.

## **1 – INTRODUÇÃO**

O papel desempenhado pelas águas subterrâneas é fundamental no que diz respeito ao suprimento de água potável para a população, sobretudo em regiões urbanas desprovidas de um sistema público eficiente de fornecimento de água. Nessas circunstâncias, em função da relativa facilidade de exploração e de se acreditar na sua boa qualidade, as águas subterrâneas são utilizadas, muitas vezes, como a única fonte de água para suprir as necessidades da população. Esse fator, frequentemente, leva ao uso descontrolado dessas águas, sem critérios de qualidade, em regiões urbanas onde coexistem inúmeras fontes de poluição que poderão contaminar os lençóis subterrâneos.

A Amazônia possui grande potencialidade de recursos hídricos, porém é a região brasileira com o menor índice de domicílios abastecidos de água por rede geral, contradição esta que fica mais evidente nas cidades interioranas e nos bairros periféricos das capitais.

Nas regiões periféricas da cidade de Macapá, a crescente urbanização resgata o valor das águas subterrâneas como uma possibilidade viável de abastecimento. O estudo de aquíferos nessas regiões revela-se de suma importância para o entendimento do comportamento hidrodinâmico das águas subterrâneas e para a caracterização hidroquímica na perspectiva de cada uma das diversas possibilidades de uso da água subterrânea e na prevenção de problemas de saúde pública.

Nesse sentido, este trabalho representa o resultado de uma investigação nos bairros Zerão/Universidade, na periferia da cidade de Macapá, com o objetivo de estabelecer a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas utilizadas para consumo humano. Foram realizadas medida dos parâmetros físico-químicos de campo em 18 poços de monitoramento distribuídos em parte da região que abriga os bairros anteriormente mencionados.

Com os resultados desta investigação, pretende-se subsidiar estudos futuros nas áreas de saúde pública e de hidrogeologia, os quais visem proporcionar garantias para a manutenção da qualidade do manancial hídrico e, por consequência, assegurar a saúde da população. Além disso, pretende-se, também, que os resultados se constituam em uma orientação básica para o direcionamento do uso racional das águas subterrâneas.

## **2 – ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo (figura 1) compreende parte dos bairros Zerão/Universidade, localizados geograficamente na região sul da cidade de Macapá, estado do Amapá, às proximidades do *Campus* Universitário Marco Zero da Universidade Federal do Amapá (Unifap). Está localizada entre as

coordenadas de latitude  $0^{\circ}0'09''\text{N}$  e  $0^{\circ}0'42''\text{S}$  e longitude  $51^{\circ}05'16''\text{L}$  e  $51^{\circ}06'10''\text{W}$ , correspondendo a uma área de, aproximadamente,  $2,64\text{ km}^2$ .

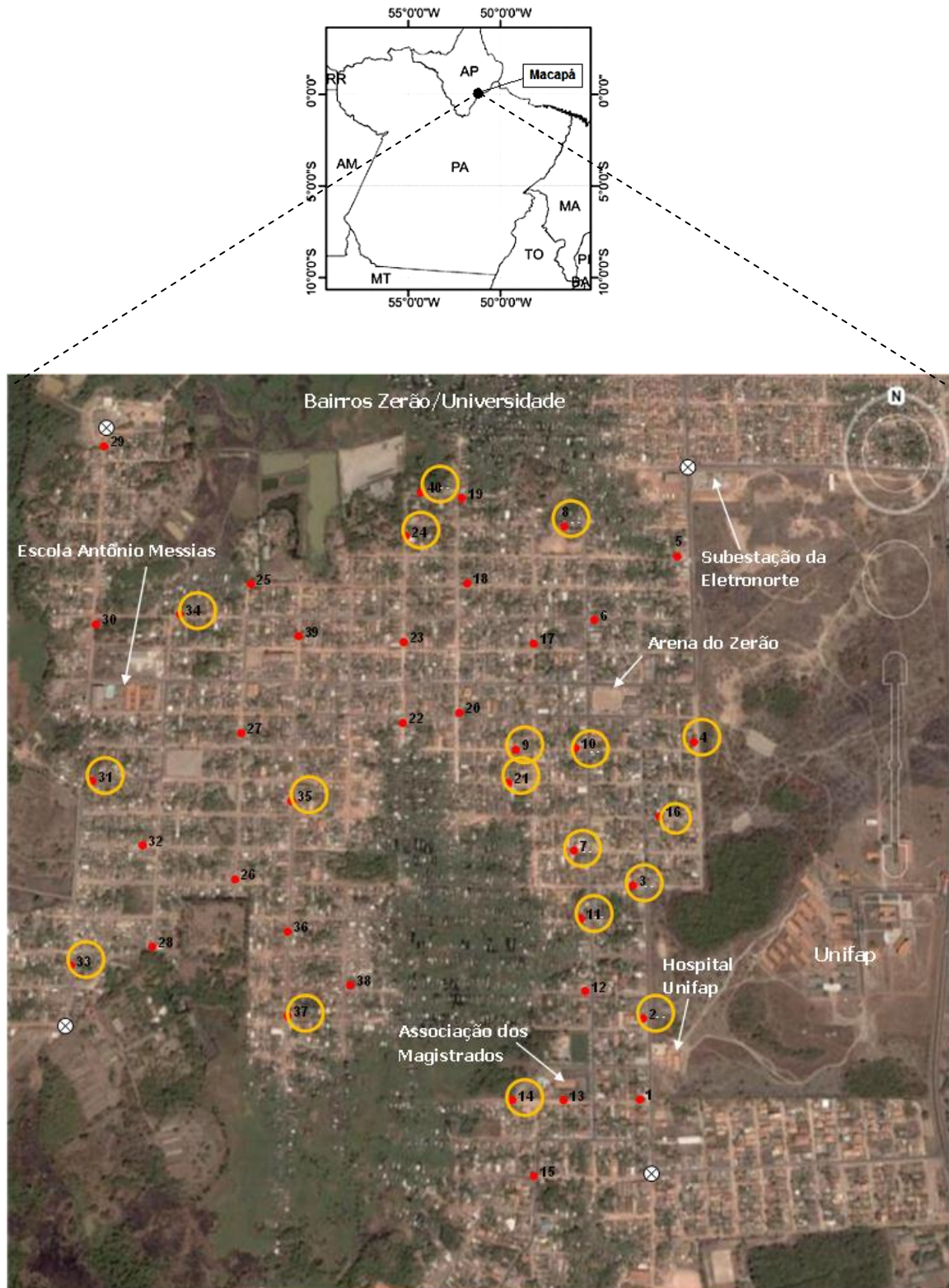


Figura 1. Localização dos poços investigados.

Fonte: Adaptado de Google Earth (<http://www.earth.google.com>) e Bahia et al. (2011).

### 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

Foram cadastrados 40 poços, localizados em residências distribuídas na área de estudo e que são - ou já foram - utilizados pela população para suprir as necessidades de abastecimento de água. Esses poços foram georreferenciados e numerados sequencialmente de 1 a 40. As medidas dos parâmetros físico-químicos de campo foram efetuadas em 18 poços de monitoramento.

Para medição dos parâmetros investigados foi utilizada uma sonda multiparâmetros que possui três sensores/eletrodos diferentes, OD/Temperatura, eletrocondutividade (EC) e pH/ORP. Através de medição direta é possível determinar cinco parâmetros, os quais são utilizados pela sonda para calcular mais oito parâmetros através de modelos matemáticos programados.

Para o planejamento das atividades de campo foi realizada a confecção de um mapa com o georeferenciamento de cada poço previamente cadastrado. Na coleta, utilizou-se um balde de tamanho médio para captar a água do poço e posterior análise com a sonda multiparâmetros no próprio local. Neste momento também foi feita a medição do nível freático com um medidor elétrico de nível d'água juntamente com a aplicação de um questionário visando avaliar a percepção higiênico-sanitária dos moradores, exclusivamente nas residências onde se localizam os poços. A figura 2 ilustra o procedimento de medição dos dados nas atividades de campo.



Figura 2. Procedimento de medida nas atividades de campo.

Em cada poço foram medidos os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, potencial redox, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, salinidade e temperatura, além do nível freático, utilizando um medidor elétrico de nível d'água.

## **4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dados obtidos foram analisados em comparação com o estabelecido pela legislação brasileira (Brasil, 2004; 2008). A Figura 3 apresenta gráficos com os parâmetros medidos em 18 poços, identificados numericamente.

### **4.1 – Potencial Redox, Resistividade, Condutividade, Sólidos Totais Dissolvidos e Salinidade**

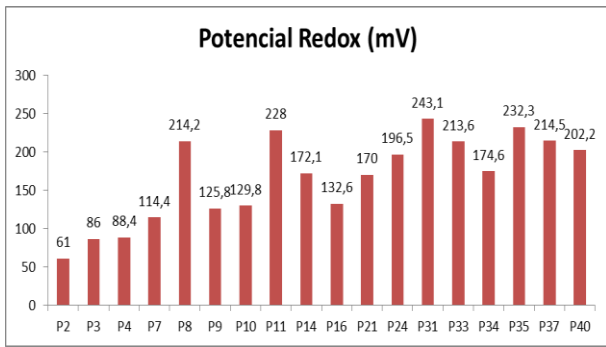
Os dados obtidos com relação ao potencial redox (figura 3a) estão dentro do permitido pela OMS, porém, alguns valores estão muito próximos, ou ainda na própria faixa dos valores obtidos para água pura, o que pode indicar uma possível baixa concentração dos solutos água, principalmente com relação aos elementos químicos produtores de eletrólitos como os sais, fato este confirmado pela análise da salinidade obtida também pela sonda (figura 3d), que mostrou valores baixíssimos, próximos de zero, confirmando que se trata de uma água doce. Entretanto valores de condutividade apresentaram-se elevados vários poços (figura 13), o que indica a possibilidade de impactação nas águas desses poços, especialmente no poço P10.

Os sólidos totais dissolvidos (figura 3c) apresentaram baixos valores, quase todos dentro do limite permitido pela legislação. Exceção feita ao poço P10, cujos valores estão elevados, mostrando uma correlação positiva com os valores elevados de condutividade, verificados nesse poço.

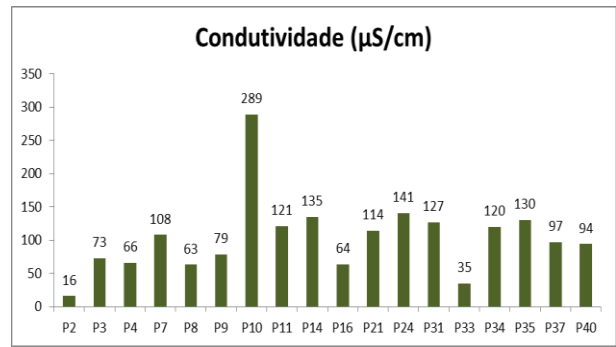
### **4.2 – Potencial Hidrogeniônico (pH)**

A legislação é clara com relação ao pH das águas para consumo humano, determinando que o ideal seria de 6 a 9, afirmando que valores acima ou abaixo disso podem ser prejudiciais à saúde e, no caso de acidez, pode ocorrer corrosão da tubulação.

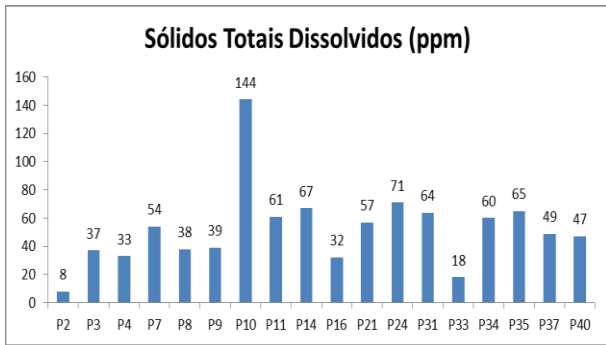
Dos poços analisados todos apresentaram pH abaixo da faixa recomendada, indicando relativa acidez das águas, o que é preocupante visto a importância do pH como um fator determinante de qualidade e potabilidade da água. Embora valores de pH ácido favoreçam o aumento da ação bactericida do cloro residual, por formar uma porcentagem importante de HOCl, o qual é extremamente eficaz contra microrganismos, a corrosão que a acidez provoca nos materiais das tubulações pode gerar contaminação da água (Freitas et al., 2001).



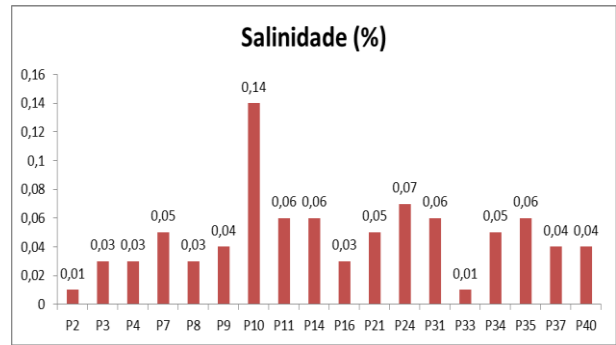
(a)



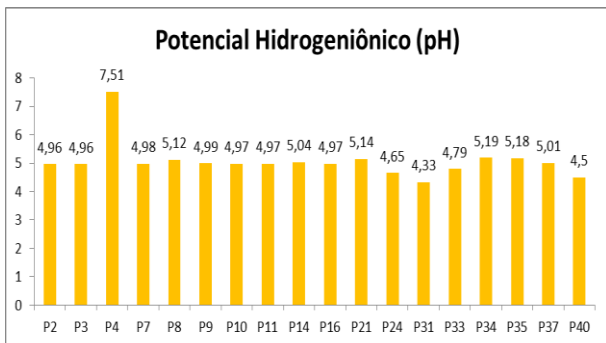
(b)



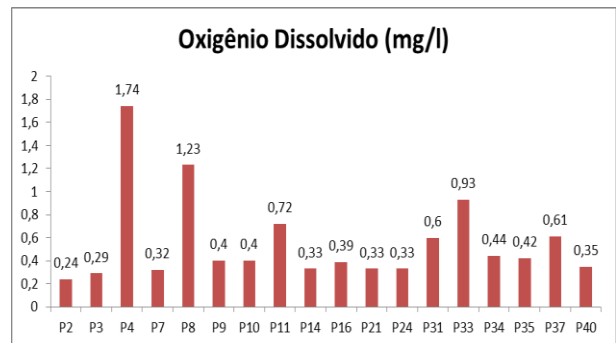
(c)



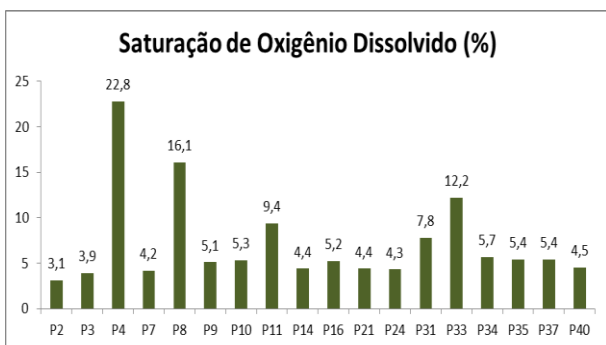
(d)



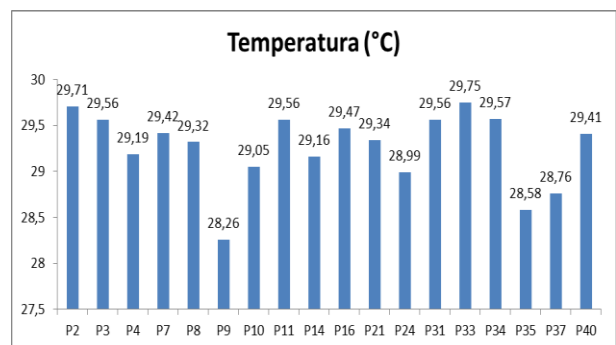
(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 3. Resultados dos parâmetros medidos nos poços de monitoramento: (a) potencial redox; (b) condutividade; (c) sólidos totais dissolvidos; (d) salinidade; (e) pH; (f) oxigênio dissolvido; (g) saturação de oxigênio dissolvido; (h) temperatura.

### **4.3 – Oxigênio Dissolvido e Temperatura da Água**

Na análise do oxigênio dissolvido (figura 3f) percebeu-se que os valores de todas as amostras estavam bem abaixo dos níveis estabelecidos pela regulamentação brasileira. A baixa concentração de oxigênio desfavorece a vida aquática normal e proporciona ambiente ideal para seres anaeróbios nocivos à saúde. Será necessária uma análise mais cautelosa com relação a esse parâmetro, pois a ausência total de oxigênio caracteriza um processo de eutrofização em curso, fator que gera um grande impacto ambiental, principalmente por ser em aquíferos de água doce, importante para o consumo e realização de atividades diárias.

Altas temperaturas promovem redução da solubilidade do oxigênio na água, mas não foi este o caso, uma vez que a temperatura da água em todos os poços investigados encontra-se equivalente às médias de Macapá; então algo está promovendo a redução da quantidade de oxigênio dissolvido nessas águas. Possibilidades de contaminação por substâncias que reduzem a solubilidade do oxigênio não podem ser descartadas, bem como um alto consumo de O<sub>2</sub>, que pode ser em função da proliferação de microrganismos causada pela contaminação por substâncias orgânicas (nitrogenadas e carbonadas).

A eutrofização é um problema ambiental grave e para caracterizá-la é necessária análise por mais de um parâmetro. Portanto não se pode afirmar que é isto que está ocorrendo com esses lençóis freáticos, mas sim levantar questionamentos que sirvam para entidades responsáveis tomarem medidas cabíveis para promover uma análise mais sistemática e completa sobre o assunto.

Deve-se observar que modificações significativas nos indicadores de qualidade das águas podem significar a presença de alguma substância poluente que poderá ameaçar a saúde, o bem-estar e trazer prejuízo para a vida aquática (Manuel Filho, 1997).

## **5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Embora os resultados aqui apresentados sejam provenientes de um estudo inicial e relativamente incipiente, algumas considerações devem ser levantadas.

Quanto aos aspectos físicos da água observa-se que a condutividade elétrica, em alguns poços, apresenta valores elevados, indicando uma possível contaminação do aquífero, necessitando ser observadas, também, as características do solo local para verificar a origem dessa anomalia; o oxigênio dissolvido apresentou baixos índices, fator preocupante, pois a baixa concentração de oxigênio desfavorece a vida aquática e possibilita a existência de seres anaeróbios nocivos à saúde;

o pH também apresentou um fator sério a ser analisado, pois todos os poços apresentaram valores abaixo daqueles considerados padrão.

Embora, de maneira geral, os parâmetros analisados não evidenciem aspecto de contaminação, atenção especial deve ser dedicada ao poço P10, uma região que se mostrou de relevante importância, pois seus valores contrastam em demasia com os demais e deve ser analisado de forma minuciosa, assim como requer um monitoramento ao longo do tempo.

Recomenda-se que, em trabalhos futuros, outros parâmetros sejam acrescentados àqueles investigados neste trabalho, principalmente associados à identificação de contaminação pela ausência de esgoto e, também, os que permitem a utilização do diagrama de Piper para classificar as águas estudadas. Recomenda-se, ainda, a utilização das águas subterrâneas com cautela pelos moradores, utilizando a cloração das mesmas, antes do consumo, para evitar microrganismos patogênicos, bem como melhorar a estrutura técnica dos poços para dificultar a entrada de contaminantes.

## 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHIA, V. E. et al. Caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas na área de abrangência do reservatório de abastecimento público do Utinga - Belém (PA). **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 43-56, 2011.

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, e dá outras providências. 2004.  
<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 396 de 03 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. [http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua\\_sub/arquivos/res39608.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua_sub/arquivos/res39608.pdf)

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 651-660, 2001.  
<http://www.scielo.br/pdf/csp/v17n3/4647.pdf>

MANUEL FILHO, J. Contaminação das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM; LABHID/UFPE, 1997. Cap. 6, p. 109-132.