

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA CIDADE DE MACEIÓ

Araceli Laranjeira Fazzio¹; Florilda Vieira da Silva²; Helen Vieira da Silva Xavier³; Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira⁴; Cleuda Custódio Freire⁵

RESUMO --- Este trabalho avaliou a qualidade das águas subterrâneas na cidade de Maceió - AL no período de janeiro a maio de 2009. Foram realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas em 15 poços distribuídos de acordo com as fontes poluidoras e espacialidade da região metropolitana. Os resultados obtidos dão indícios de contaminação que provavelmente tem origem em função das atividades antrópicas e das potenciais fontes poluidoras. O levantamento destas características da água subterrânea na cidade serve como subsídio para ações de controle sobre o uso ou acesso à água desses mananciais.

ABSTRACT --- This study evaluated the water quality within Maceió - AL for the period from January until May of 2009. There were carried out physical, chemical and microbiological tests in 15 wells distributed in accordance with the pollution sources and space in the metropolitan area. The results give evidence of contamination that probably has its origin in terms of human activities and potential sources of pollution. The lifting of these characteristics of groundwater in the city serves as a subsidy for actions to control over the use of or access to water fountains.

Palavras-chave: Águas Subterrâneas, contaminação, qualidade da água.

-
- 1) Estudante em Engenharia Ambiental, / CTEC/ UFAL – Campus A. C. Simões - Maceió-AL. 57072-970. Telefone: (82) 8853-2778. Email: araceli.lm@hotmail.com;
 - 2) Mestrando do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas. Email: florilda.vieira@yahoo.com.br;
 - 3) Estudante em Engenharia Ambiental. Email: helen.egra@hotmail.com;
 - 4) Professora Adjunta da Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia/ CTEC/UFAL. Email: ivetelopes@uol.com.br;
 - 5) Professora Adjunta da Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia / CTEC/ UFAL. Email: ccf@ctec.ufal.br.

INTRODUÇÃO

A água subterrânea geralmente é uma fonte de água mais segura e confiável que a água superficial. Possui um reservatório natural de regularização e permite a sua utilização e retirada de forma distribuída no espaço. No entanto, o crescente aumento da população urbana tem levado ao somatório de contaminantes lançados nas águas subterrâneas, oriundos das mais diversas fontes, relacionadas com o espaço urbano, como: fossas sépticas, cemitérios, vazamentos em postos de combustível, lixões, agrotóxicos, poços profundos mal instalados ou abandonados, lançamento de resíduos domésticos e industriais de forma geral, dentre outros. Todos esses problemas colocam em risco a disponibilidade deste recurso. Embora o impacto de cada fonte de poluição ou contaminação varie em função das características do solo e profundidade do aquífero, os principais poluentes são a agropecuária, com a poluição difusa do plantio e uso de pesticidas agregados à água que se infiltra no solo, da produção de animais e a industrialização de alimentos (Tucci e Cabral, 2003).

Apesar das vantagens do uso de águas subterrâneas em relação aos mananciais superficiais – redução do custo de adução, maior disponibilidade, melhor qualidade e menor vulnerabilidade à poluição – quando contaminada, têm um custo muito mais alto de recuperação, além de exigir um tempo muito longo nesse processo (Libânio, 2008).

A cidade de Maceió tem como principal fonte de abastecimento as águas subterrâneas. Esses recursos hídricos vêm sofrendo contínua degradação e diminuição de suas fontes devido à perfuração indiscriminada de poços tubulares. De acordo com dados da Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL, 2008), em Maceió as águas subterrâneas representam 60% da fonte de abastecimento. Esse percentual chega a 80% quando considerados os poços particulares. Em virtude disto, maior preocupação deve-se ter em preservar a qualidade desses mananciais hídricos subterrâneos, uma vez que a água pode veicular contaminantes tóxicos além de microrganismos causadores de doenças.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade das águas subterrâneas em pontos localizados na região metropolitana de Maceió, o que possibilitará a compreensão das alterações da qualidade da água em função das atividades antrópicas e dos potenciais poluidores citados anteriormente, que influenciam na qualidade de vida e na saúde da população que tem este recurso como principal fonte de abastecimento.

Em abril de 2008 entrou em vigor a Resolução nº 396 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Resolução CONAMA nº 396), que trata da classificação das águas subterrâneas e

estabelece as diretrizes para seu enquadramento. Com essa nova legislação, é possível monitorar os aquíferos e suas fontes de poluição, protegendo assim a qualidade das águas subterrâneas.

Os principais parâmetros a serem analisados e seus valores máximos permitidos (VPM), para os usos preponderantes, são descritos na resolução e o levantamento dessas características da água subterrânea nas cidades serve como subsídio para ações de controle sobre o uso ou acesso à água desses mananciais.

METODOLOGIA

A escolha dos poços para coleta de água está relacionada aos locais onde foram observadas as potenciais fontes de contaminação dos aquíferos da região metropolitana de Maceió (Tabela 1) como também por distribuição espacial. Vale salientar que os pontos P2 e P3 estão próximos aos cemitérios e o ponto P10 localiza-se próximo ao lixão de Maceió.

Tabela 1 – Poços de coleta e seus respectivos proprietários.

POÇO DE COLETA	PROPRIETÁRIO
P1	Cemitério
P2	Lava-jato
P3	Lava-jato
P4	Cemitério
P5	Cemitério
P6	Empresa - logística
P7	Condomínio
P8	Condomínio
P9	Condomínio
P10	Condomínio
P11	Empresa – água mineral
P12	Igreja
P13	Posto de Combustível
P14	Condomínio
P15	Órgão Público

Foram realizadas duas coletas em cada poço indicado na Tabela 1, entre os meses de janeiro e maio de 2009. A localização destes poços de coleta pode ser visualizada de acordo com a Figura 1.



Figura 1 – Poços de coleta: localização e distribuição em Maceió

De acordo com a resolução CONAMA n°396 (2008), foram definidos como parâmetros de monitoramento da qualidade da água indicadores físico-químicos (condutividade, sólidos dissolvidos totais, pH, nitrito, nitrato, sulfato, cloretos, cor aparente e turbidez) e indicadores microbiológicos (coliformes totais e *E. coli*).

Após a coleta as amostras eram mantidas devidamente refrigeradas e enviadas ao laboratório para serem processadas. Apenas o pH era medido no momento da coleta. Ressalta-se que as amostras para exames microbiológicos eram coletadas em frascos previamente esterilizados.

As análises para caracterização físico-química das águas subterrâneas foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) do Centro de Tecnologia da UFAL, conforme os

procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (ALPHA, 1998). Na Tabela 2 estão indicados os métodos analíticos e equipamentos utilizados.

Tabela 2 – Análises físico-químicas.

Parâmetros	Método analítico e equipamento utilizado
Cor aparente (uC)	Determinação direta. Colorímetro Aquacolor Marca Policontrol
Turbidez (uT)	Método turbidimétrico. Turbidímetro Modelo AP2000 Marca Policontrol
pH (unidades de pH)	Método Potenciométrico. Peagômetro com eletrodo combinado MV-TEMP-METER marca LT-Lutron, pH-206
SDT (mg/L)	Gravimétrico
Condutividade elétrica (mS/cm)	Condutivímetro marca Analion modelo C708
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	Método Argentométrico (Método de Mohr)
Nitrito (mg N-NO ₂ ⁻ /L)	Método Colorimétrico da Diazotização (Método Bendschneider & Robinson, 1952 - determinação segundo GOLTERMAN <i>et al.</i> , 1978). $\lambda = 543$ nm – Espectrofotômetro QUIMIS Q-108U2M
Nitrato (mg N-NO ₃ ⁻ /L)	Método Colorimétrico. Redução de cádmio (Determinação segundo MACKERETH <i>et al.</i> , 1978). $\lambda = 543$ nm – Espectrofotômetro QUIMIS Q-108U2M
Sulfato (mg SO ₄ ⁼ /L)	Método Turbidimétrico.

Os indicadores microbiológicos de contaminação avaliados foram os coliformes totais e *Escherichia coli*. Assim como as análises físico-químicas, os exames microbiológicos foram realizados no LSA da UFAL.

A quantificação de coliformes foi realizada por meio da técnica de filtração em membrana, utilizando como meio de cultura o Chomocult Coliformen ® Agar da Merck com substrato cromogênico. O meio permite a determinação simultânea de coliformes totais e *E. coli*.

O procedimento para quantificação dos microrganismos consistiu na filtração de 100 mL de amostra diluída através de membrana de 0,45 µm. Após a filtração, a membrana contendo bactérias era colocada em placa de Petri sobre o meio de cultura, e incubada a 36°C ± 1°C por 24 h ± 1h (Incubadora QUIMIS Q315M). Após o tempo de incubação, a contagem das unidades formadoras de colônias (UFC) era realizada baseada na seguinte coloração para identificação dos microrganismos: azul escuro a violeta para *E. coli* e vermelho a salmão para coliformes totais. Os resultados foram expressos em UFC/100 mL.

As técnicas de determinação de coliformes baseadas na fermentação da lactose são trabalhosas e demoradas, podendo chegar a 72 horas para obtenção dos resultados. Os métodos cromogênicos, baseados na hidrólise de substratos definidos por enzimas específicas dos coliformes totais e *E. coli* são mais sensíveis e específicos na detecção destas bactérias. Outra vantagem é o tempo de resposta (24 horas) (Ministério da Saúde, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade da água pode ser determinada através de diversos parâmetros, que informam sobre suas principais características físicas, químicas e biológicas. Os padrões de água são utilizados para regulamentar os níveis de qualidade a serem mantidos em um corpo de água, em função de um determinado uso previsto.

De acordo com a metodologia utilizada, na Tabela 3 estão indicados os valores mínimos, máximos e médios encontrados pós-análises dos parâmetros realizadas em laboratório.

Tabela 3 – Resultados das análises físico-químicas

Parâmetros	Mínimo	Máximo	Média
pH	3,68	7,72	4,91
Cor (uC)	1,1	160,2	4,9
Turbidez (NTU)	0,42	360	4,4
Condutividade (mS/cm)	0,13	0,98	0,42
Cloreto (mg/L)	12,44	159,84	45,95
Nitrito (mg/L)	0,001	0,71	0,01
Nitrato (mg/L)	0,05	53,62	12,12
Sulfato (mg/L)	0	30,91	1,54
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	18	8034	274

A Tabela 4 mostra os poços que apresentaram algum valor para os exames microbiológicos. De acordo com a resolução vigente, para os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, as amostras não podem apresentar nenhum microrganismo em 100 mL.

Tabela 4 – Resultados das análises microbiológicas

Análises microbiológicas				
Pontos de coleta	<i>E. coli</i> (UFC/100 mL)		Coliformes Totais (UFC/100 mL)	
	1º Coleta (Jan/Fev)	2º Coleta (Mar/Abr)	1º Coleta (Jan/Fev)	2º Coleta (Mar/Abr)
P1	Ausente	2,0	23 x 10 ²	2 x 10 ⁴
P2	Ausente	1 x 10 ¹	21 x 10 ²	76 x 10 ⁴
P3	Ausente	4,0	Ausente	24 x 10 ¹
P4	Ausente	1,0 x 10 ³	140 x 10 ²	2 x 10 ⁴
P5	Ausente	1,0 x 10 ⁴	215 x 10 ²	14 x 10 ⁴
P6	Ausente	25	Ausente	40
P7	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
P8	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
P9	Ausente	129	1,0	6
P10	Ausente	5 x 10 ¹	Ausente	8 x 10 ¹
P11	1,0	1	66,0	1 x 10 ¹
P12	Ausente	9	Ausente	12 x 10 ¹
P13	9,0	Ausente	63,0	Ausente
P14	Ausente	Ausente	4,0	7 x 10 ¹
P15	Ausente	Ausente	Ausente	80 x 10 ¹

Nos pontos estudados somente o P7 e o P8 apresentaram condições satisfatória segundo a portaria 518/2004 do MS e a resolução do CONAMA 396/2008.

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos. Esta pode ser resultante de processos naturais, como decomposição da matéria orgânica, ou da ação antrópica, através de resíduos e

esgotos domésticos. A cor também pode ser atribuída à presença de alguns íons metálicos como ferro e manganês, abundantes em diversos tipos de solos. Os despejos domésticos também são fontes de cor em corpos receptores (Piveli e Kato, 2005). Com relação ao abastecimento público, a cor é padrão de potabilidade (valor máximo permissível 5 uH¹ pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde). Nos meses estudados os valores da cor variaram de 1,1 a 160,2 uC, sendo que os pontos P2, P3, P4 e P5 apresentaram os maiores valores, conforme ilustrado na Figura 2.

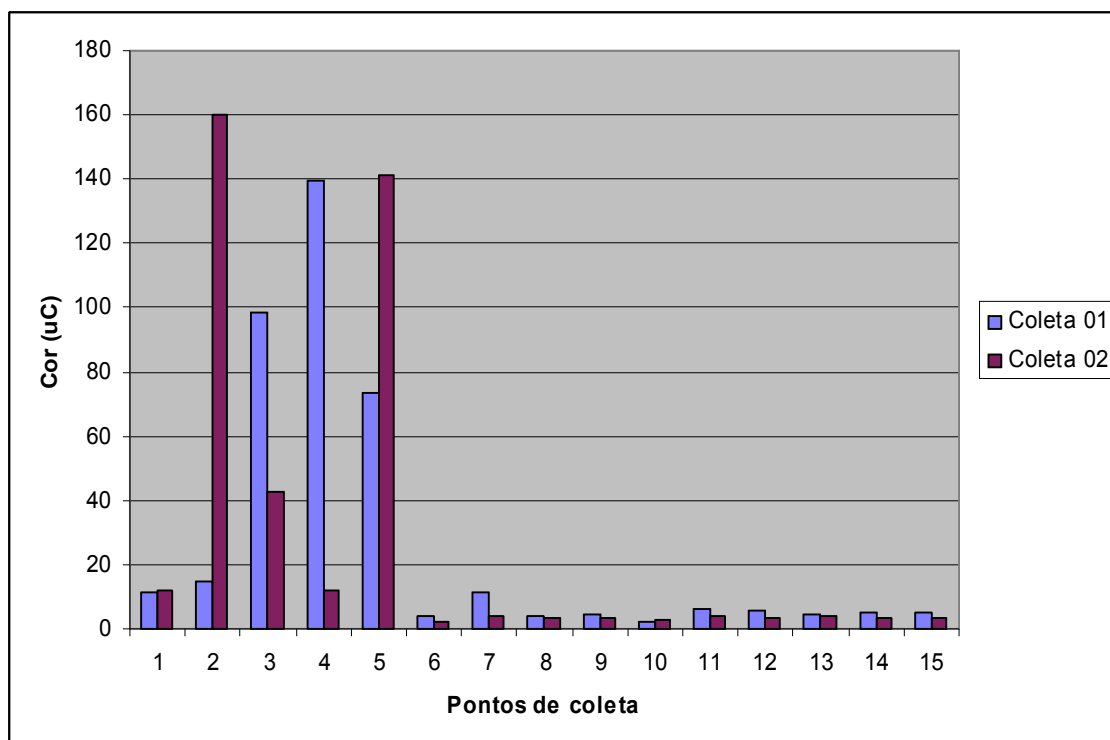


Figura 2 – Resultados obtidos do parâmetro Cor

A Turbidez representa o grau de interferência à passagem da luz através da água e a sua capacidade em dispersar a radiação. Nas águas subterrâneas, pode ocorrer por contaminação de esgotos sanitários e diversos efluentes industriais.

A turbidez também é um parâmetro que indica a qualidade estética das águas para abastecimento público. O padrão de potabilidade é de 1,0 UNT², de acordo com a Portaria 518/2004. De acordo com os dados levantados, o ponto P2 apresentou um valor discrepante na

¹ Unidades Hazen

² Unidades Nefelométricas de Turbidez

segunda coleta em relação aos demais pontos, provavelmente essa discrepância está relacionada com o início das precipitações e o aumento do nível freático (Figura 3).

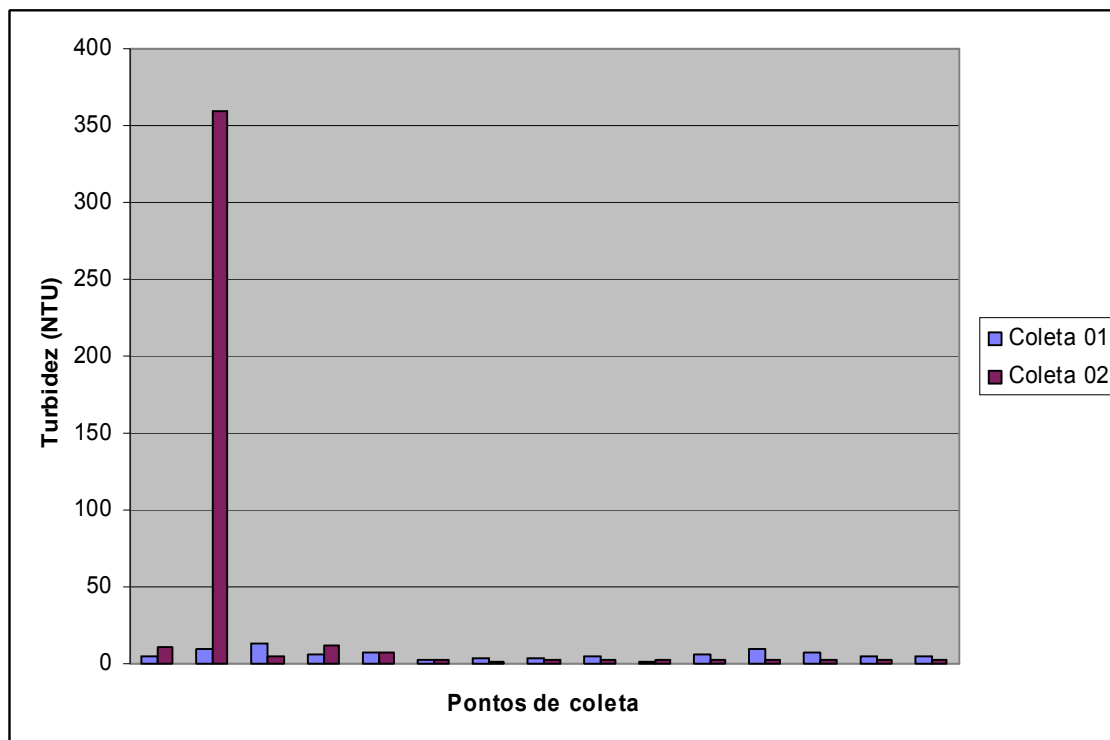


Figura 3 – Resultados obtidos do parâmetro Turbidez

O potencial hidrogeniônico é um indicador da capacidade de tamponamento de um ambiente. Um pH baixo tem potencial corrosivo, enquanto que um pH alto possibilita incrustações nas tubulações. A portaria 518/04 do Ministério da Saúde recomenda que, para o consumo humano, o pH esteja entre 6,0 e 9,5. Nos pontos estudados apenas o P1 e o P2 apresentam, nas duas coletas, valores de acordo com os padrões de potabilidade, conforme a Figura 4.

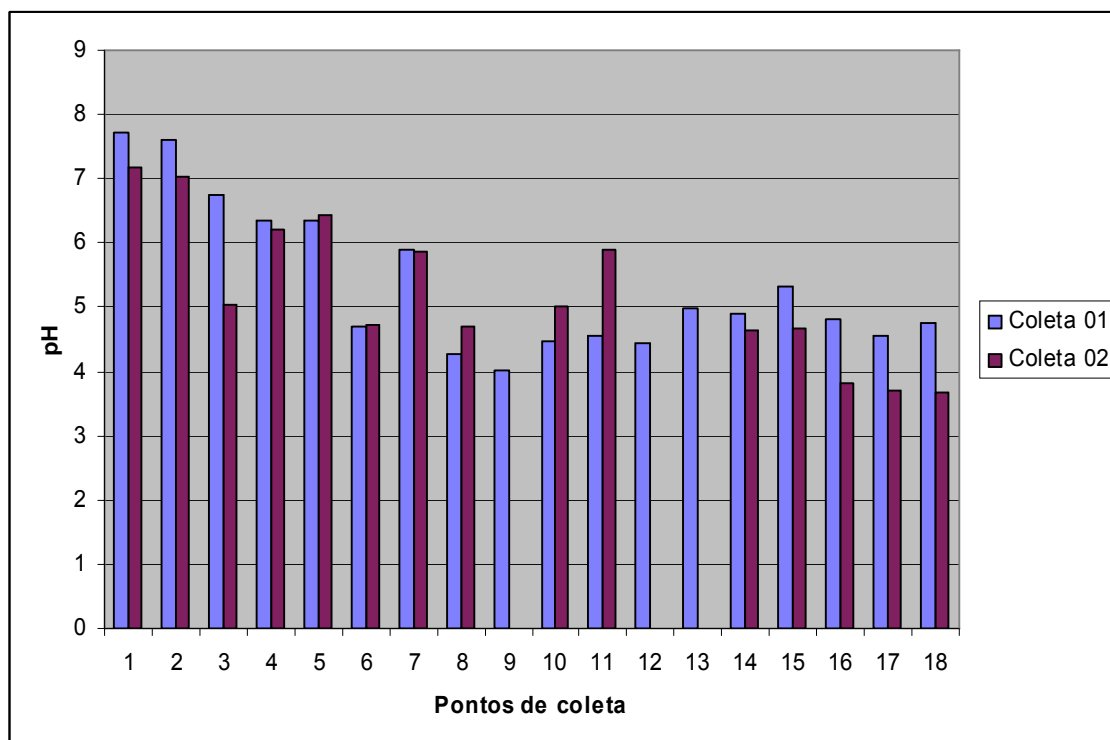


Figura 4 – Resultados obtidos do parâmetro pH

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Esse parâmetro depende da quantidade de sais dissolvidos na água e é proporcional à sua quantidade. A determinação da condutividade elétrica possibilita uma estimativa rápida do conteúdo de sólidos de uma amostra.

Nas amostras analisadas, a condutividade oscilou entre 0,13 a 0,98 mS/cm e apresentou média de 0,42 mS/cm. Na Figura 5 estão os valores obtidos.

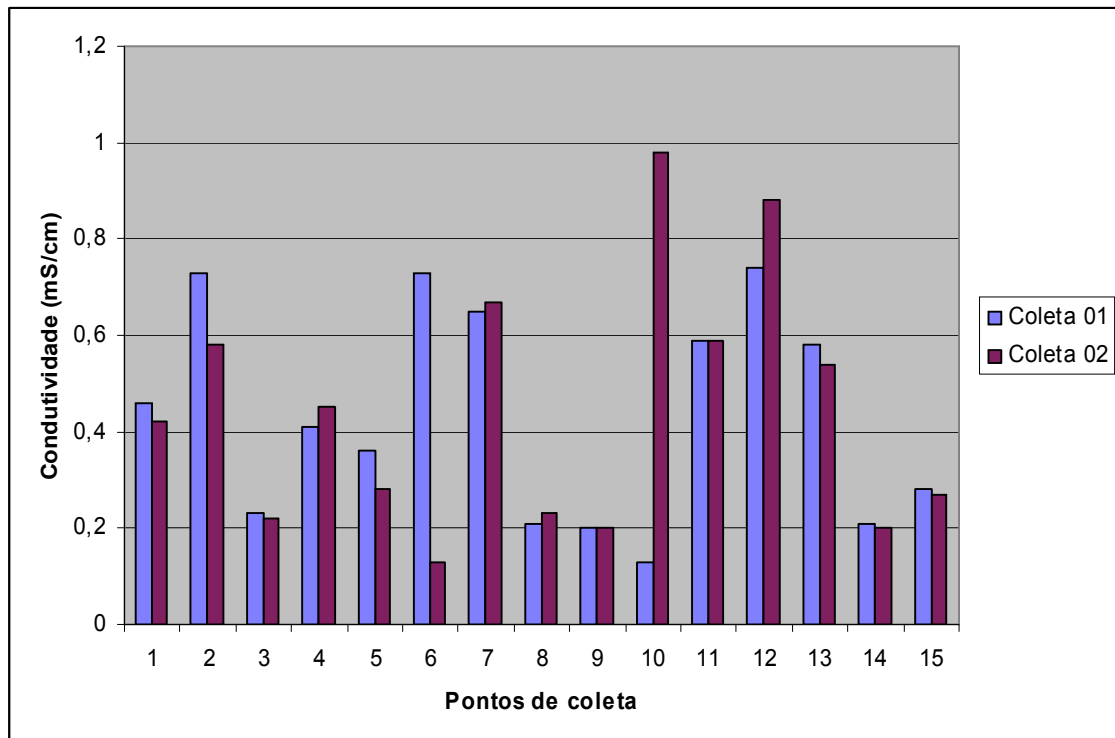


Figura 5 – Resultados obtidos do parâmetro Condutividade Elétrica

O cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas através da dissolução de solos e rochas (Von Sperling, 2005). Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto. Águas ricas em cloretos são suspeitas de receberem esgotos sanitários, uma vez que cada pessoa expele, diariamente, cerca de 6 gramas de cloreto através da urina. Nos esgotos sanitários sua concentração fica em torno de 15 mg/L (Piveli e Kato, 2005; Sawyer, McCarty, Parkin, 2003).

O padrão de potabilidade indicado pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde é de 250 mg/L. Na segunda coleta os valores de cloreto tiveram um aumento significativo, que coincide com o início das precipitações (Figura 6).

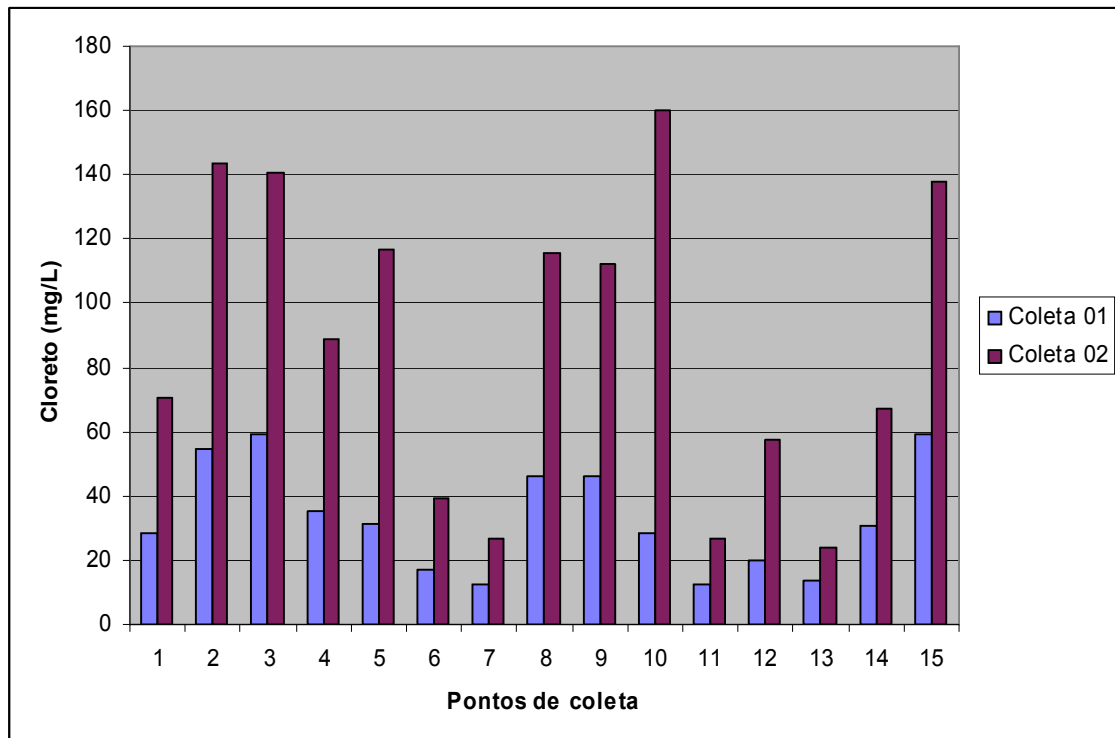


Figura 6 – Resultados obtidos do parâmetro Cloreto

Com relação ao nitrito, os resultados obtidos estão indicados na Figura 7. Este parâmetro tem valor sanitário significativo. Há estudos que indicam uma associação entre nitritos e câncer gástrico, pois o nitrito pode combinar-se com aminas e amidas, formando nitrosaminas e nitrosamidas que são mutagênicas e cancerígenas (Faquin, 2004). No Brasil, a legislação estabelece que o padrão de potabilidade da água é 1,0 mg/L. Não foi observado nenhum valor acima do que preconiza a legislação nos meses estudados.

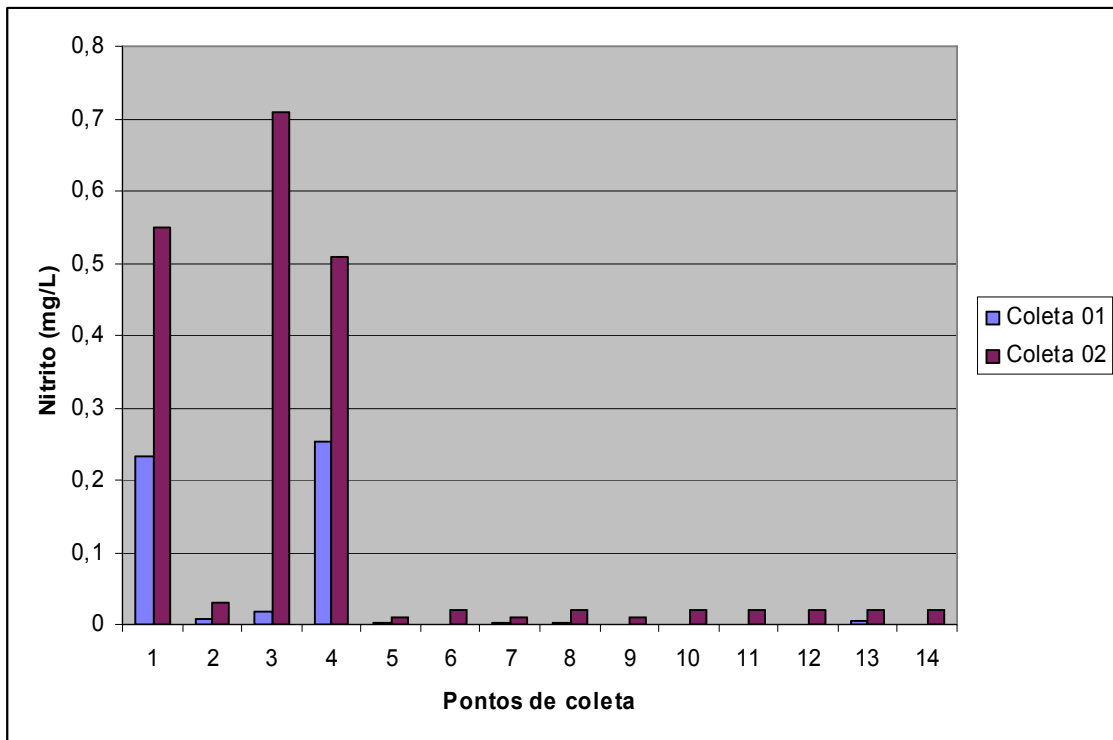


Figura 7 – Resultados obtidos do parâmetro Nitrito

Os nitratos são tóxicos, causando uma doença chamada metahemoglobinemia, que é letal para as crianças. Na verdade, a toxicidade do nitrato (NO_3^-) em seres humanos é baixa. No entanto, quando ingerido é convertido a nitrito (NO_2^-), que entra na corrente sanguínea, oxida o ferro da hemoglobina, produzindo a metahemoglobina, responsável pela doença denominada metahemoglobinemia ou síndrome do bebê azul. A legislação estabelece que o padrão de potabilidade da água deve ser 10,0 mg/L.

Foi observado a partir da Figura 8, que apenas os pontos P7, P11 e P12 apresentaram valores dentro dos padrões de potabilidade.

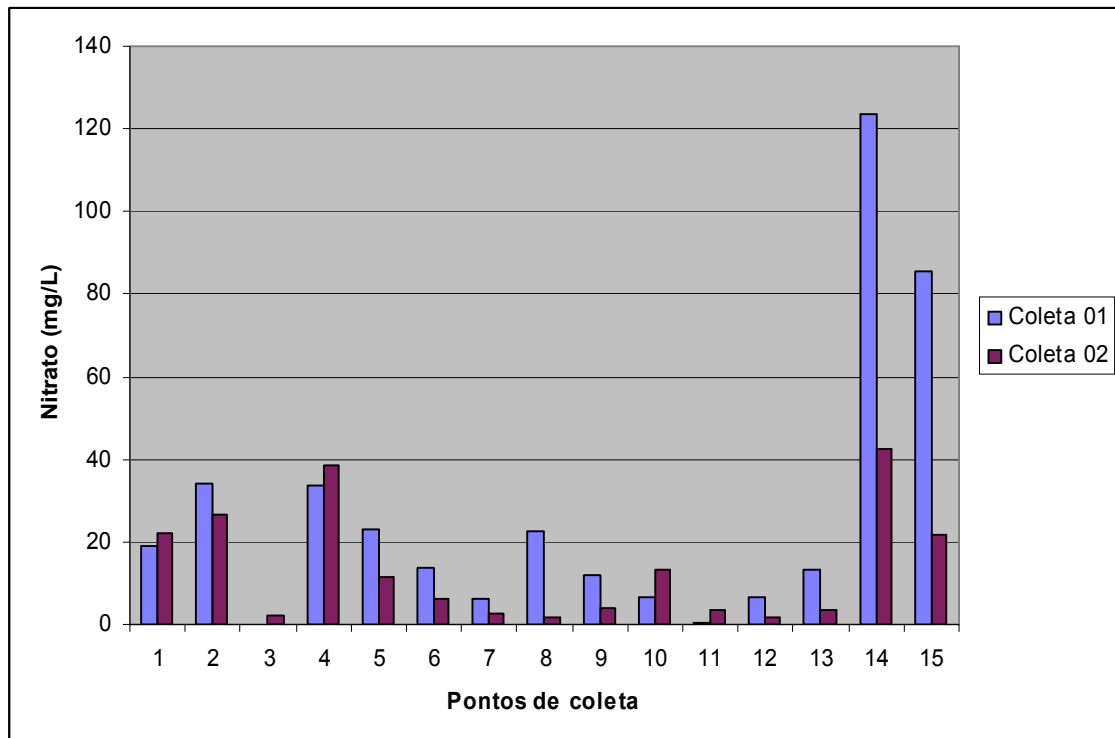


Figura 8 – Resultados obtidos do parâmetro Nitrato

O sulfato é um dos mais abundantes íons na natureza. Surge nas águas subterrâneas através da dissolução de solos e rochas, como o gesso (CaSO_4) e o sulfato de magnésio (MgSO_4) e pela oxidação de sulfatos.

Para o abastecimento público, o sulfato deve ser controlado porque provoca efeitos laxativos, sendo o padrão de potabilidade fixado em 250 mg/L pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Os resultados das análises mostraram que todos os pontos atenderam aos padrões de potabilidade da legislação vigente, com valores oscilando entre 0 mg/L e 30,91 mg/L, conforme indicado na Figura 9.

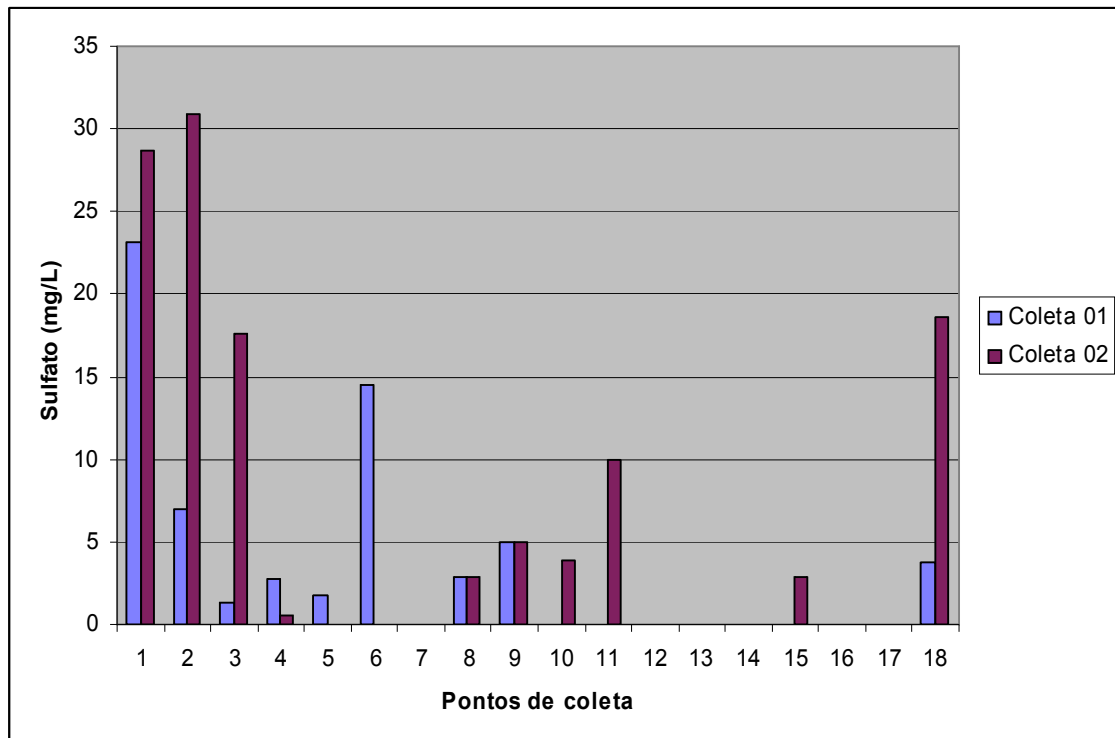


Figura 9 – Resultados obtidos do parâmetro Sulfato

Os sólidos dissolvidos totais, SDT, resultam, sobretudo, da dissolução das rochas e solos, mas também contêm matéria orgânica dissolvida. O excesso de sólidos pode representar a perda da qualidade da água. Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos (Piveli e Kato, 2005; Von Sperling, 2005).

Segundo os padrões da portaria 518/04 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido para consumo humano é de 1000 mg/L. Nos pontos analisados, foi observado o atendimento à esta exigência como mostra a Figura 10. No ponto P11, houve um aumento acentuado do teor de sólidos na segunda análise, o que pode estar associado ao início das chuvas, observando que este ponto está localizado ao lado de uma encosta e no período chuvoso há o carreamento do solo para o poço.

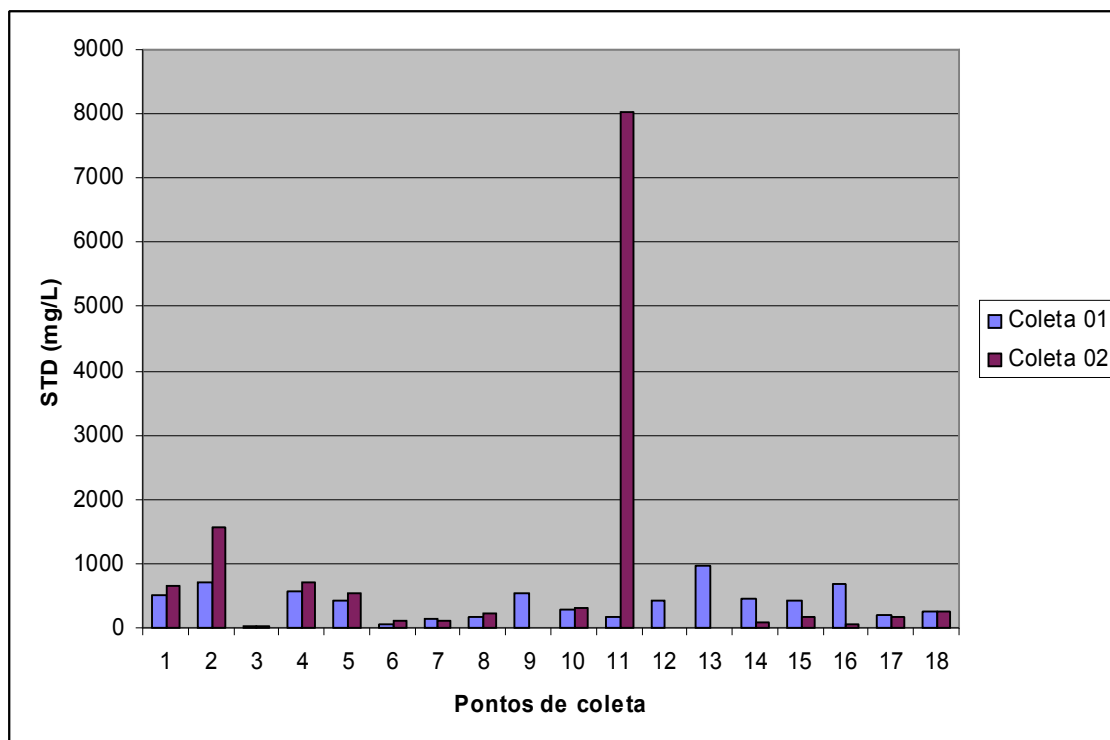


Figura 10 – Resultados obtidos do parâmetro STD (Sólidos Totais Dissolvidos)

CONCLUSÃO

Ressalta-se que os padrões de qualidade ambiental das águas buscam principalmente a proteção da saúde pública e o controle de substâncias potencialmente prejudiciais à saúde humana. Os pontos de coletas envolvidos, como dito anteriormente, foram distribuídos em Maceió de acordo com os potenciais focos de contaminação, como também distribuídos espacialmente. Alguns destes poços são de proprietários particulares, se localizam dentro de estabelecimentos comerciais ou em condomínios residenciais. Desta forma, a água, em sua maioria, é utilizada para abastecimento humano, onde é exigido um padrão elevado de qualidade desta.

No período estudado, observou-se que:

- Somente os pontos P7 e P8 nas duas coletas apresentaram ausência em 100 mL de coliformes totais e *E. coli*; os demais pontos não atenderam aos padrões de qualidade exigidos pela Resolução CONAMA 396/08 para o consumo humano e pela portaria 518/2004 do MS.
- As variáveis: cor, turbidez e nitrato apresentaram valores muito elevados em relação aos padrões estabelecidos pela portaria 514/2004 do M.S e a resolução CONAMA nº 396 /2008, para

consumo humano.

- Os valores de pH ficaram abaixo dos valores estabelecidos pela Portaria 514/2004 do M.S e a resolução CONAMA nº 396/2008, à exceção dos pontos P1 e P2.

- Os resultados apresentados dão indícios de contaminação das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Maceió, que provavelmente tem origem em função das atividades antrópicas e das potenciais fontes poluidoras.

- Ressalta-se a necessidade de inclusão de outros parâmetros (como por exemplo derivados de petróleo e metais pesados) para melhor avaliar a interferência das atividades antrópicas na qualidade dos aquíferos.

Com a continuidade das campanhas de coleta das amostras de água subterrânea para análise, por um maior período de tempo e abrangendo condições climáticas variadas, os resultados acerca dos possíveis agentes causadores de contaminação poderão ser mais conclusivos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho está sendo desenvolvido no âmbito do Projeto Águas Subterrâneas (ASUB), do qual participam, além da UFAL, a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com suporte financeiro da FINEP pela CHAMADA PÚBLICA MCT/FINEP/CT-HIDRO – IGRH 01/2007. Agradecemos a toda equipe ASUB – AL, que colaborou diretamente com a pesquisa, dando suporte principalmente nas campanhas de campo (coleta das amostras).

BIBLIOGRAFIA

ALPHA, AWWA, WPCF. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, 20th edition. Washington.

BRASIL (2004). Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25/03/2004. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências*. Diário Oficial da República Federativa do

Brasil, 25 março de 2004.

BRASIL (2008). Resolução CONAMA nº 396, de 07/04/2008. *Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 07 de abril de 2008.

CASAL (2008) - Companhia de Saneamento de Alagoas. *Áreas abastecidas*. Disponível em: <http://nova.casal.al.gov.br/areas.abastecidas-capital-agua>. Acessado em: 03 Mar.2009.

FAQUIN, V. (2004). *Nutrição Mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças*. Lavras: UFLA/FAEP. 88p. Disponível em: <www.dcs.ufla.br/hidroponia/acumulo%20de%20no3.PDF>. Acessado em: 03 mar. 2009.

LIBÂNIO, M. Poluição e contaminação de mananciais. In: *Fundamentos da qualidade e tratamento de água*. Cap.4. 2ª Edição. Campinas, SP: Editora Átomo. 2008.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Comentários sobre a Portaria MS n.º 518/2004: subsídios para implementação. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental, Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 92 p. 2005.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. (2005). *Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos*. São Paulo: ABES

SAWYER, C. N.; McCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*. 5 th Edition. McGraw-Hill, 752p.

TUCCI, C. E. M.; CABRAL, J. J. S. P. (2003). Qualidade da água subterrânea. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/arquivos/a3b_agua_sub.pdf>. Acessado em: 18 fev.2009.

VON SPERLING, M. (2005). *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. Vol. 1. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 452p.