

# AVALIAÇÃO DA DUREZA E DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ZONA URBANA E RURAL DO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO-MA.

**Kênia Victória Pereira Abdalla<sup>1</sup>; Paulo Roberto Saraiva Cavalcante<sup>2</sup>; José Policarpo Costa Neto<sup>2</sup>; Ricardo Barbieri<sup>2</sup> e Marcos Carlos de Mesquita Neto<sup>3</sup>**

**Resumo** - A determinação dos níveis de dureza e concentrações dos íons cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) das águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário-MA foi efetuada a fim de verificar sua potabilidade e possíveis restrições de uso humano, industrial e/ou agrônômico. Os resultados das análises em 30 amostras de 16 poços artesianos revelaram que as águas subterrâneas locais são majoritariamente de dureza branda a pouco dura, muito embora alguns poços tenham apresentado águas classificadas como pouco duras a duras, dependendo do período sazonal. Sob o ponto de vista da potabilidade, as águas subterrâneas locais não apresentaram restrições para consumo humano, havendo alguma reserva quanto a uso industrial mais específico como em caldeiras.

**Abstract** - Determination of hardness levels and concentration of calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) and magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) ions in groundwater from urban and rural area of Rosário-MA was made in order to verify its potability and possible restrictions for human, industrial and/or agricultural use. The results of the analyses in 30 samples from 16 artesian wells revealed that local groundwaters are primarily of gentle to little hardness, however some wells have showed water classified as little hard water to hard water, depending on the seasonal period. From the point of view of potability, local groundwaters have restrictions for human consumption, and there is reserve on its specific industrial use in boilers.

**Palavras – chave:** Água subterrânea. Dureza. Rosário.

1

---

<sup>1</sup> Engenheira Química, [kenia-0012@hotmail.com](mailto:kenia-0012@hotmail.com); <sup>2</sup> Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, s/n, 65085-970-São Luis-MA, fone: 3301-8564, [prcavalcante@yahoo.com.br](mailto:prcavalcante@yahoo.com.br), [policarpolab@yahoo.com.br](mailto:policarpolab@yahoo.com.br), [liimnobarbi@yahoo.com.br](mailto:liimnobarbi@yahoo.com.br); <sup>3</sup> Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Maranhão, fone: 88066944, [mesquita\\_ca@yahoo.com.br](mailto:mesquita_ca@yahoo.com.br).

## 1 - INTRODUÇÃO

Diante do cenário de escassez previsto para este século, as águas subterrâneas se apresentam como notável fonte de abastecimento devido à menor vulnerabilidade aos agentes poluidores, reduzidos custos de captação, adução e, geralmente, prescinde de tratamento devido à potabilidade da água estar em concordância com padrões recomendáveis ao consumo humano; além de menor potencial de impacto ambiental sobre os mananciais. Assim, a água subterrânea está sendo reconhecida como alternativa viável aos usuários e tem apresentado uso crescente nos últimos anos como demonstra o quantitativo do uso dos mananciais subterrâneos em relação àquele dos rios e lagos. Além do mais, o maior interesse pelo uso da água subterrânea decorre do desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias que promoveram uma melhoria na produtividade dos poços e aumento da vida útil de exploração desses recursos (Brasil, 2007).

Cerca de 61% da população brasileira são abastecidas para fins domésticos por águas subterrâneas, sendo 6% por poços rasos, 12% por fontes e 43% por poços profundos. Em torno de 15,6% dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea (ANA, 2005). Em vários Estados, muitas cidades são abastecidas total ou parcialmente por água do subsolo como ocorre em 80% das cidades do Piauí, 70% no Maranhão e Rio Grande do Norte, com destaque para Natal e Mossoró, além de Recife, Manaus, Belém e Fortaleza. Em São Paulo, cerca de 71,6% dos municípios são total ou parcialmente abastecidos por água subterrânea, onde se destacam Ribeirão Preto, Pradópolis e São José do Rio Preto. Nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul, essa cifra ultrapassa 70%. Outros exemplos também ocorrem em Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Santa Catarina, Espírito Santo e Distrito Federal. Para o abastecimento de comunidades de pequeno porte ou de áreas situadas no Polígono das Secas, as águas subterrâneas, mesmo algumas vezes salobras, são parte importante da solução (ANA, op. cit.).

Além das demandas de água para abastecimento doméstico, há também na indústria nacional um forte incremento do uso da água de subsolo. A indústria de bebidas, com destaque para a de água mineral e de cerveja, é uma forte usuária desse bem natural. Por exemplo, 95% das indústrias em São Paulo são abastecidas por água de poço. Na agricultura, como em Mossoró (RN), Vale do Gurgéia (PI), Janaúba e Araguari (MG), há grandes projetos de irrigação com o emprego exclusivo de água subterrânea. Deve-se ressaltar que, além de ser necessário atender as demandas atuais e futuras de água como insumo na indústria de transformação, abastecimento humano e agricultura, uma atenção especial deve ser dada à qualidade desta água para seus diferentes usos.

Neste contexto, o presente trabalho é uma contribuição para a avaliação da qualidade química de águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário - MA, sob os aspectos da dureza e concentrações dos metais cálcio e magnésio.

## 1.1 - Dureza da Água

Refere-se à concentração total de íons alcalino-terrosos na água, particularmente de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), cujas concentrações são muito superiores às dos demais íons alcalino-terrosos encontrados em águas naturais. A dureza é normalmente expressa como número de equivalente de miligramas por litro ( $\text{mg L}^{-1}$ ) de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Tal característica imprime à água a dificuldade em dissolver (fazer espuma) sabão pelo efeito do cálcio, magnésio e outros elementos como ferro, manganês, cobre, bário, etc.

Pode ser classificada em: 1) Temporária: chamada de dureza de carbonatos é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio, esta resiste aos sabões e provoca incrustações. A designação temporária é porque os bicarbonatos, pela ação do calor, se decompõem em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis, os quais precipitam; 2) Permanente: chamada de dureza de não carbonatos é devida à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio. Esta também resiste à ação dos sabões, mas não produz incrustações por serem seus sais muito solúveis na água, não se decompondo sob ação do calor.

Assim, dureza total é a soma da dureza temporária e permanente, sendo expressa em miligrama por litro ( $\text{mg L}^{-1}$ ) ou miliequivalente por litro ( $\text{meq L}^{-1}$ ) de  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de cálcio). Na tabela 1 são apresentados os limites padrões da dureza na água.

Tabela 1. Padrões da Dureza da água.

<b>DUREZA</b>	<b>CONCENTRAÇÃO DE <math>\text{CaCO}_3</math> (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>
Branda	até 50
Pouco dura	entre 50 e 100
Dura	entre 100 e 200
Muito dura	acima de 200

Fonte: CUSTÓDIA & LLAMAS, 1983.

Segundo a Portaria 518, de 25 de março de 2004 – ANVISA/MS, o limite máximo de dureza total em água potável é de 500 mg/L. Atribui-se um efeito laxativo e sabor desagradável à água de elevada dureza (Von Sperling, 1996).

Por sua vez, quando enquadrada na classe de água dura, esta apresenta restrições de uso industrial (abastecimento de geradores de vapor, por exemplo), sendo então necessário o seu tratamento para a retirada de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , técnica esta conhecida por abrandamento, o qual pode

ser realizado de duas maneiras: Abrandamento por Precipitação Química e Abrandamento por Troca Iônica (Silva & Carvalho, 2007).

## 2. ÁREA DE ESTUDO

O município de Rosário-MA está localizado na mesoregião norte maranhense, possui atualmente 39.627 habitantes, distribuídos em uma área de 685,027 km<sup>2</sup> e densidade demográfica 51,4 habitantes/km<sup>2</sup> (IBGE, 2009). Limita-se ao norte com o Oceano Atlântico, ao sul com o município de Santa Rita, a leste com o município de Presidente Juscelino e a oeste com o município de Bacabeira (figura 1).

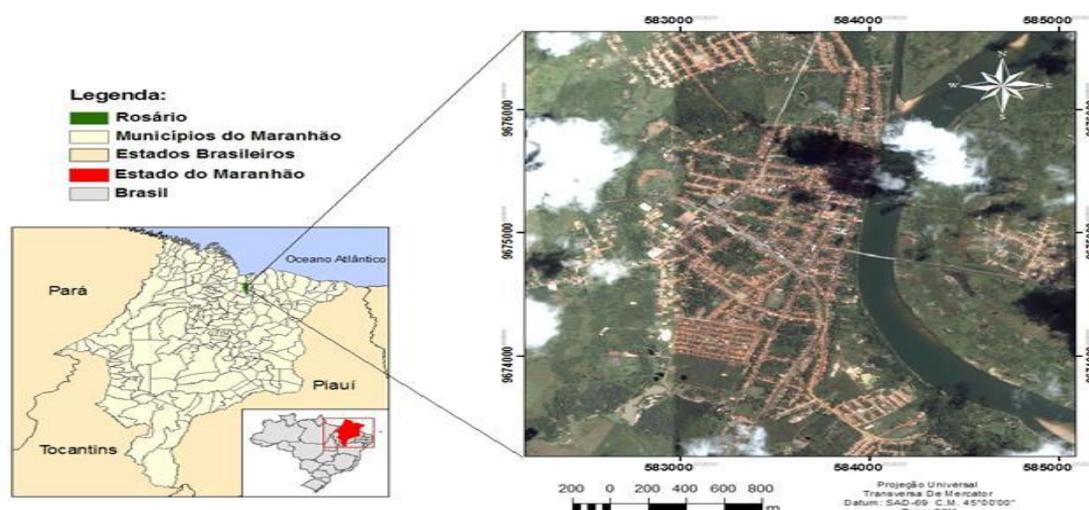


Figura 1. Localização do município de Rosário – MA (Fonte: Wikipédia, Rosário-MA; Google Earth, 2009).

A sede municipal encontra-se entre as coordenadas 02°56'23" de latitude S e 44° 15'58" de longitude W e situa-se 14 metros acima do nível do mar. Dista 70 km de SãoLuís – Maranhão (capital do Estado), é uma gerência regional que abrange oito cidades, sendo elas: Rosário(nome da gerência regional), Bacabeira, Santa Rita, Icatu, Presidente Juscelino, Cachoeira Grande, Axixá e Morros (Atlas do Maranhão, 2002). O clima é do tipo tropical úmido, com temperatura média anual de 26,1 °C e pequena variação térmica ao longo das estações, inferior a 1,5°C. A precipitação anual situa-se em torno de 1800 mm/ano, distribuídos por cerca de 150 dias chuvosos entre janeiro e julho (Tarifa, 1980; UFMA/FSADU, 2009).

O município de Rosário-MA encontra-se no Golfão Maranhense, área resultante do intenso trabalho de erosão fluvial do Quaternário antigo, posteriormente colmatada, originando uma

paisagem de planícies aluviais, ilhas, lagoas e rios divagantes. O Golfão constitui o coletor do principal sistema hidrográfico do Maranhão (Atlas do Maranhão, op. cit.).

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

As coletas de amostras de água foram feitas diretamente nas saídas das bombas ou mergulhando os frascos plásticos nos poços superficiais. O método utilizado para a análise de dureza foi o da APHA (1995). O método de cálcio e magnésio foi o titulométrico com EDTA-Na, usando calcon e preto de eriocromo T como indicadores, respectivamente.

Determinação de Dureza Total (Método Titulométrico do EDTA-Na)

$$\text{mg/L CaCO}_3 = \frac{(\text{ml EDTA amostra} - \text{ml EDTA branco}) \times 1000 \times Fc}{\text{ml de amostra}}, \text{ onde } Fc \text{ é fator de correção}$$

Determinação de Cálcio (Método Titulométrico do EDTA-Na 0,01N)

$$\text{mg/L Ca} = \frac{\text{ml EDTA} \times 400,8}{\text{ml de amostra}}$$

Determinação de Magnésio (Método Titulométrico do EDTA-Na 0,01N)

$$\text{mg/L Mg} = \frac{[\text{Dureza}(\text{mg CaCO}_3/\text{L}) - 2,497 (\text{Ca mg/L})]}{\text{ml de amostra}}$$

A partir dos dados resultantes das análises químicas das águas, foram calculadas médias aritméticas e realizada regressão linear simples entre os valores de dureza e as concentrações iônicas de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), respectivamente.

### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises de cálcio e magnésio da água subterrânea dos poços usados para o abastecimento público no Município de Rosário-MA, nos períodos chuvoso e seco, respectivamente. As concentrações mais altas de cálcio foram observadas, em sua maioria (64,3%), no período seco, enquanto para magnésio as concentrações variaram entre os períodos.

No período chuvoso, os teores dos íons cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) variaram entre um mínimo de 4,81  $\text{mg.L}^{-1}$  nos poços Cohab I e São Simão Conjunto, a 30,06  $\text{mg.L}^{-1}$  no poço da Cidade Nova I, enquanto que para o magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) as concentrações oscilaram entre 0,06  $\text{mg.L}^{-1}$  em São Simão Conjunto e 12,53  $\text{mg.L}^{-1}$  em São Simão I. A correlação positiva registrada entre a dureza e os íons de cálcio e de magnésio (R: 0,8) sugere que dureza das águas locais no período chuvoso guarda,

provavelmente, uma relação direta com a composição dos litotipos da Formação Itapecuru, notadamente com os leitos de calcário da sua seção superior (Membro Alcântara).

Tabela 2. Concentração de cálcio e magnésio (em mg L<sup>-1</sup>) da água subterrânea no município de Rosário – MA, no período chuvoso (22 e 23/05/2009) e no período seco (29/09/2009).

Amostras	período chuvoso		período seco	
	Cálcio	Magnésio	Cálcio	Magnésio
Ivar Saldanha	8,02	5,05	12,42	0,89
Ivar Saldanha (Rua Santa Luzia)	7,22	3,55	10,02	3,21
SAAE	4,81	2,04	6,8	3,06
Cohab I	8,02	5,04	9,6	4,09
Cohab II	10,02	6,31	7,62	5,29
Hospital Municipal	9,62	3,08	11,2	3,86
Praça do Coqueiro	14,03	1,40	9,6	7,55
Vila Pereira	6,41	2,55	7,62	2,31
Habitacional Brasil	8,02	3,81	5,81	4,40
Cidade Nova I	10,02	3,83	14,43	10,32
Cidade Nova II	30,06	10,26	5,61	3,29
São Simão I	20,04	2,71	8,42	3,81
São Simão II (casa 105)	4,81	0,06	14,03	5,61
São João do Rosário	12,02	12,53	32,46	8,80

Os resultados para o período chuvoso mostram claramente a existência de diferenças na dureza das águas estudadas, tendo a maioria das águas (69%) se mostrado brandas, seguindo-se pouco duras (25%) e apenas uma amostra (6%) foi classificada como dura (Cidade Nova I). A dureza média no período chuvoso foi de 45,92 mg L<sup>-1</sup>, com valor máximo de 117,6 mg L<sup>-1</sup> no poço da Cidade Nova I e mínimo de 12,24 mg L<sup>-1</sup> em São Simão (Figura 2).

Durante o período seco a dureza variou entre 27,54 mg.L<sup>-1</sup> a 117,3 mg.L<sup>-1</sup>, com concentração média de 47,32 mg.L<sup>-1</sup>, sendo 71% das amostras classificadas como brandas, 21% como pouco duras e uma amostra dura (São João do Rosário).

Quanto à qualidade das águas investigadas para fins de consumo humano, não existe, até o presente, evidências de que a dureza produza transtorno de ordem sanitária, ao contrário, alguns estudos sinalizam para uma menor incidência de doenças cardíacas em áreas onde as águas apresentam maior dureza (Von Sperling, 1996). No entanto, segundo a Portaria 518, de 25 de março de 2004 – ANVISA – MS e Resolução 396/2008 do CONAMA, o limite máximo de dureza total em água potável é de 500 mg L<sup>-1</sup>, indicando portanto, que neste requisito, as águas subterrâneas locais estão de acordo com as normas citadas.

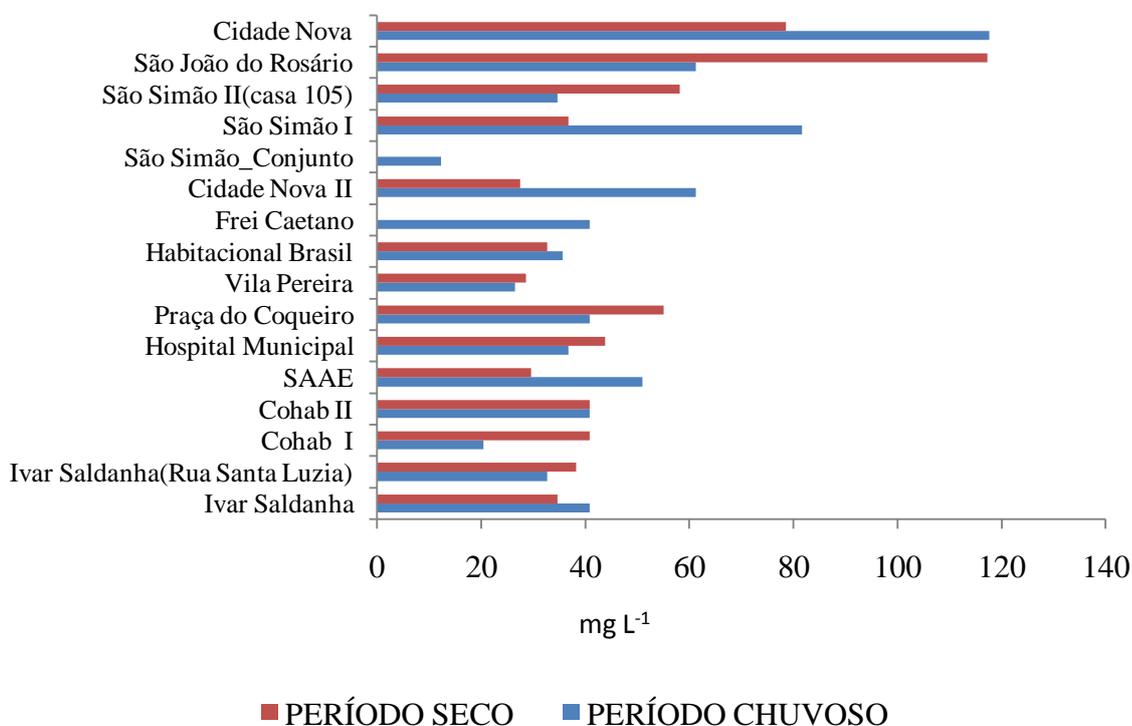


Figura 2. Valores de dureza em amostras de águas subterrâneas coletadas nos períodos chuvoso (22 e 23/05/2009) e seco (29/09/2009), na área urbana e rural da cidade de Rosário-MA.

Por sua vez, não existem restrições imediatas quanto à concentração dos íons cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>), uma vez que estes possuem, inclusive, propriedades benéficas para a saúde humana (Figura 3). Nas águas subterrâneas as principais fontes de Ca<sup>2+</sup> são a calcita (carbonato de cálcio) e dolomita (carbonato de cálcio e magnésio). Para o Mg<sup>2+</sup>, além da dolomita destacam-se a

biotita, anfibólios e piroxênios, os quais são mais estáveis ao intemperismo químico quando comparado às fontes do cálcio (Guia Meio Ambiente\_ Química da Água Subterrânea).

De forma análoga ao período chuvoso, observou-se uma forte correlação entre a dureza, o cálcio e o magnésio no período seco (Figura 4), reforçando a idéia da associação preferencial entre a dureza das águas locais e os litotipos do Membro Alcântara da Formação Itapecuru.

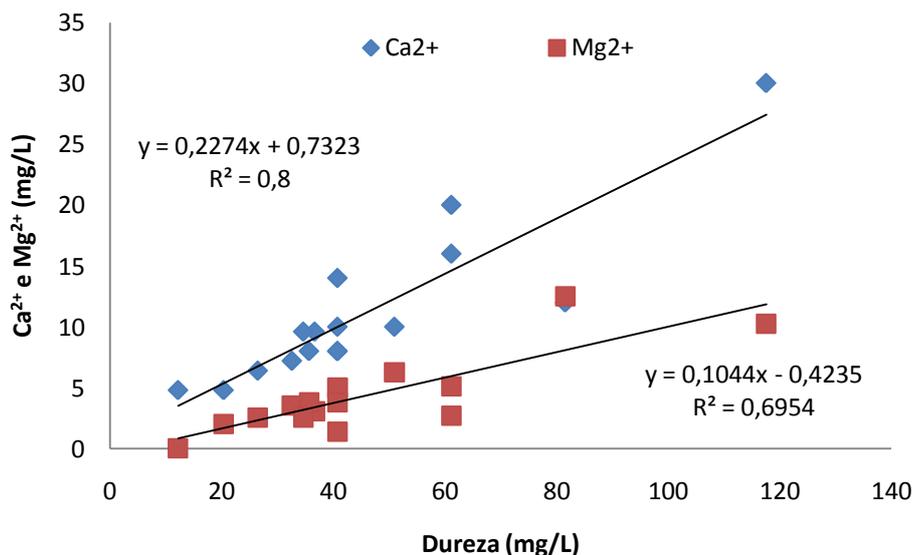


Figura 3. Correlação entre dureza e as concentrações de cálcio e magnésio em amostras de águas subterrâneas coletadas no período chuvoso (22 e 23/05/2009) na área urbana e rural da cidade de Rosário–MA.

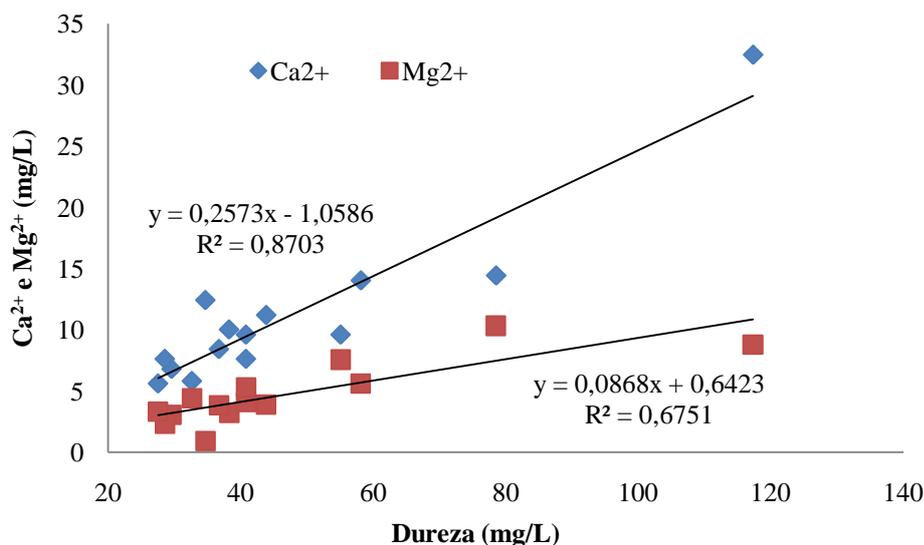


Figura 4. Correlação entre a dureza e as concentrações de cálcio e magnésio em amostras de águas subterrâneas coletadas no período seco (29/09/2009), área urbana e rural da cidade de Rosário-MA.

Apesar da maioria das águas dos poços investigados ter apresentado dureza branda, aproximadamente 23% dos poços mostraram características pouco duras e 7% duras, fato este que ocasionalmente poderia gerar alguma restrição de qualidade para uso industrial mais específico como em caldeiras, devido à possibilidade de precipitação e desenvolvimento de incrustações em tubulações, assim como para certos fins agrônômicos, notadamente para uso na irrigação praticada com uso de condutos pressurizados. Portanto, para uso industrial, as águas dos poços que se enquadram no padrão de água dura necessitam de tratamento, como abrandamento por precipitação química ou abrandamento por troca iônica, este último é mais aconselhável por possuir uma maior eficiência, apesar de ter um custo mais elevado (Silva & Carvalho, 2007).

Relatos de usuários das águas subterrâneas da área urbana e rural da cidade Rosário-MA, destacam as restrições à utilização da água da maioria dos poços locais devido à natureza “pesada” e o sabor salgado ao paladar. Segundo Esteves (1998), diversos íons contribuem para a salinidade da água como: cálcio, magnésio, sódio, potássio, bicarbonato, cloreto e sulfato. Portanto, o sabor “salobro” da água subterrânea do município de Rosário-MA poderia ser causado além dos carbonatos de cálcio e magnésio, por outros compostos como os sulfatos e cloretos, havendo necessidade de estudos mais detalhados de caracterização hidroquímica das águas locais.

Deve-se destacar também que, devido à proximidade de Rosário com a faixa costeira, haveria possibilidade de os aquíferos locais serem afetados pela intrusão salina, ocasionando o sabor

salobro. No entanto, comparando-se as concentrações de dureza nos dois períodos amostrais, constata-se que esta variável foi geralmente mais elevada na estação chuvosa, reforçando a hipótese de que esta variação é uma resposta à solubilização das rochas das formações geológicas locais.

## 5 - CONCLUSÕES

As águas subterrâneas do município de Rosário são classificadas, em geral como de dureza branda a pouco dura. As águas dos poços correspondentes às áreas de São João do Rosário e Cidade Nova I, se alternam entre as classes de pouco duras a duras, dependendo do período sazonal.

À luz dos parâmetros investigados, as águas subterrâneas locais não apresentaram restrições para consumo humano. Para uso industrial mais específico (caldeiras), seria aconselhável a utilização de tratamento específico para fins de abrandamento da dureza da água.

Finalmente, os resultados apontam a necessidade de estudos mais aprofundados a fim de melhor caracterizar as possíveis fontes responsáveis pela natureza salobra das águas subterrâneas locais.

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAS, Educação op. cit., 2004. Disponível em: <<http://www.abas.org.br/educacao.php>> Acesso em: 03 nov. 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2005. Disponível em: <[revistadasaguas.pgr.mpf.gov.br/.../as-aguas-subterraneas-ou-as-aguas-que-brotam-das-pedras](http://revistadasaguas.pgr.mpf.gov.br/.../as-aguas-subterraneas-ou-as-aguas-que-brotam-das-pedras)> Acesso em 03 nov. 2009.

Água Subterrânea, Enciclopédia livre; Wikipédia. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81gua\\_subterr%C3%A2nea](http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81gua_subterr%C3%A2nea)> Acesso em: 03 nov. 2009.

AMBIENTE BRASIL, Água Subterrânea. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/urbana/index.html&conteudo=./agua/urbana/artigos/aguasubterranea.html#agua>> Acesso em: 03 nov. 2009.

APHA Standard Methods, 1995. 19th ed., pp. 2-36, Método 2340 C, USEPA Métodos para a Análise Química de Água e Efluentes, método 130.1 (1983).

Atlas do Maranhão. GEPLAN – Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico, LABGEO, 2002. Laboratório de Geoprocessamento/ UEMA. São Luís,.

BRASIL. Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido. Brasília/DF, Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano/Departamento de Recursos Hídricos, 2007. 40 p.

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n. 396 de 04 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. MMA.

CUSTÓDIA E LLAMAS, 1983. Disponível em: <[http://www.btdt.ufpe.br/tedeSimplificado//tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1071](http://www.btdt.ufpe.br/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1071)> Acesso em: 07 jan. 2010.

ESTEVES, F.A., 1998. Fundamentos de Limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 602 p.

FETTER, C.W., 1994. Applied hydrogeology, 3 ed. London, Prentice-Hall International Ltda. 691 p

INSTITUTO BRASILEIRO GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/censo/> Acesso em: 03 nov. 2009.

MEYBECK, M., 1996. River water quality: global changes, time and space variabilities, proposal for some redefinitions. Stuttgart, Verh. Internat. Verein. Limnol. p.: 81 – 96.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006. MMA: Secretaria de Recursos Hídricos, C122. Caderno setorial de recursos hídricos: saneamento, Brasília.

REBOUÇAS, 1988. citado em MMA, 2003. Disponível em: <<http://www.sacrahome.com.br/centerpocos/aguas-subterraneas>> Acesso em: 03 nov. 2009.

SILVA, D.O.; Carvalho, A. O R. P. Soluções em Engenharia de Tratamento de Água. Disponível em: [http://www.kurita.com.br/adm/download/Tratamento\\_de\\_agua\\_de\\_Resfriamento.pdf](http://www.kurita.com.br/adm/download/Tratamento_de_agua_de_Resfriamento.pdf)>

TARIFA, J.R., 2009. Clima: Relatório 1 para o estudo: Efeitos da implantação de fábricas da Alcoa em São Luís, 1980. 15 p. UFMA/FSADU. Estudo de Impacto Ambiental: Relatório de Impacto Ambiental para implantação da Refinaria Premium I em Bacabeira–MA. Volume II: Diagnóstico Ambiental/Meio Físico. Universidade Federal do Maranhão–UFMA/Fundação Sousândrade de Apoio ao Desenvolvimento da UFMA, 422 p.

VON SPERLING, M., 1996. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Un. Federal de Minas Gerais, 243 p