

QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA – CEARÁ

Maria Aparecida Belém Fernandes^{1a}; Maria Marlúcia Freitas Santiago^{1b};
José Ossian Gadelha de Lima^{1c} & Horst Frischkorn²

Resumo – Para estudar a qualidade das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza, foram coletadas 132 amostras em dez municípios da região. A salinidade está relacionada com o aquífero explorado; as águas no Complexo Gnáissico – Migmatítico são predominantemente do tipo cloretadas sódicas e apresentam uma boa correlação entre estes dois íons, as águas na Formação Barreiras são também prioritariamente do tipo cloretadas sódicas, mas não há uma boa correlação entre estes dois íons e as águas nas Dunas e Paleodunas são bicarbonatadas cálcicas e bicarbonatadas mistas. Utilizando as normas propostas pelo Ministério da Saúde, 95% dos poços apresentam águas adequadas ao consumo humano.

Abstract – For the assessment of groundwater quality in the Metropolitan Area of Fortaleza, 132 samples were taken in 10 townships. Salinity is related with the aquifer exploited: waters from the Gneiss-Migmatite Complex are predominant of the type Cl^-/Na^+ and exhibit good correlation between those ions; waters from the Barreiras aquifer are predominant of the same type, however with poor correlation from the ions; waters from dunes and paleodunes are of the HCO_3^-/Ca^{++} or $HCO_3^-/mixed$ types. According to the criteria established by the Ministry of Health, 95% of the water fit for human consumption.

Palavras -Chave – Qualidade da água; hidroquímica; Região Metropolitana de Fortaleza.

INTRODUÇÃO

O suprimento de água para a população não é um problema resolvido somente com quantidade, mas especialmente com água de boa qualidade. Como os armazenamentos de água podem ser pouco ou muito vulneráveis à contaminação, além da identificação da reserva explorada

¹ Departamento de Física da UFC, Caixa Postal 6030, Cep. 60455-760, Tel.: (0xx) 85 288.9913, Fax: (0xx) 85 288.9450; e-mail: (a) maria@fisica.ufc.br, (b) marlucia@fisica.ufc.br, (c) ossian@fisica.ufc.br.

² Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC, Tel.: (0xx) 85 288.9775, Fax: (0xx) 85 288 9627, e-mail: cariri@ufc.br.

é necessário monitorar a qualidade da água de abastecimento. Embora as reservas subterrâneas sejam, em princípio, menos vulneráveis à ação antrópica do que as superficiais, a experiência tem mostrado que o elevado crescimento populacional sem sistema adequado de esgotamento sanitário e o crescimento de atividades industriais têm tornado este recurso mais susceptível a deteriorização de sua qualidade.

ÁREA ESTUDADA

As amostras de água subterrânea da Região Metropolitana de Fortaleza (Figura 1), utilizadas para caracterização de sua qualidade, foram coletadas em áreas consideradas estratégicas indicadas na Tabela 1, que mostra os locais de coletas, o nº de amostras coletadas nos municípios estudados e o sistema aquífero amostrado.

Estas áreas estratégicas de cada município foram identificadas através do “Projeto de Monitoramento/Gestão de Água Subterrânea de Micro-Áreas Estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza” desenvolvido pelo Consórcio GOLDER-PIVOT.

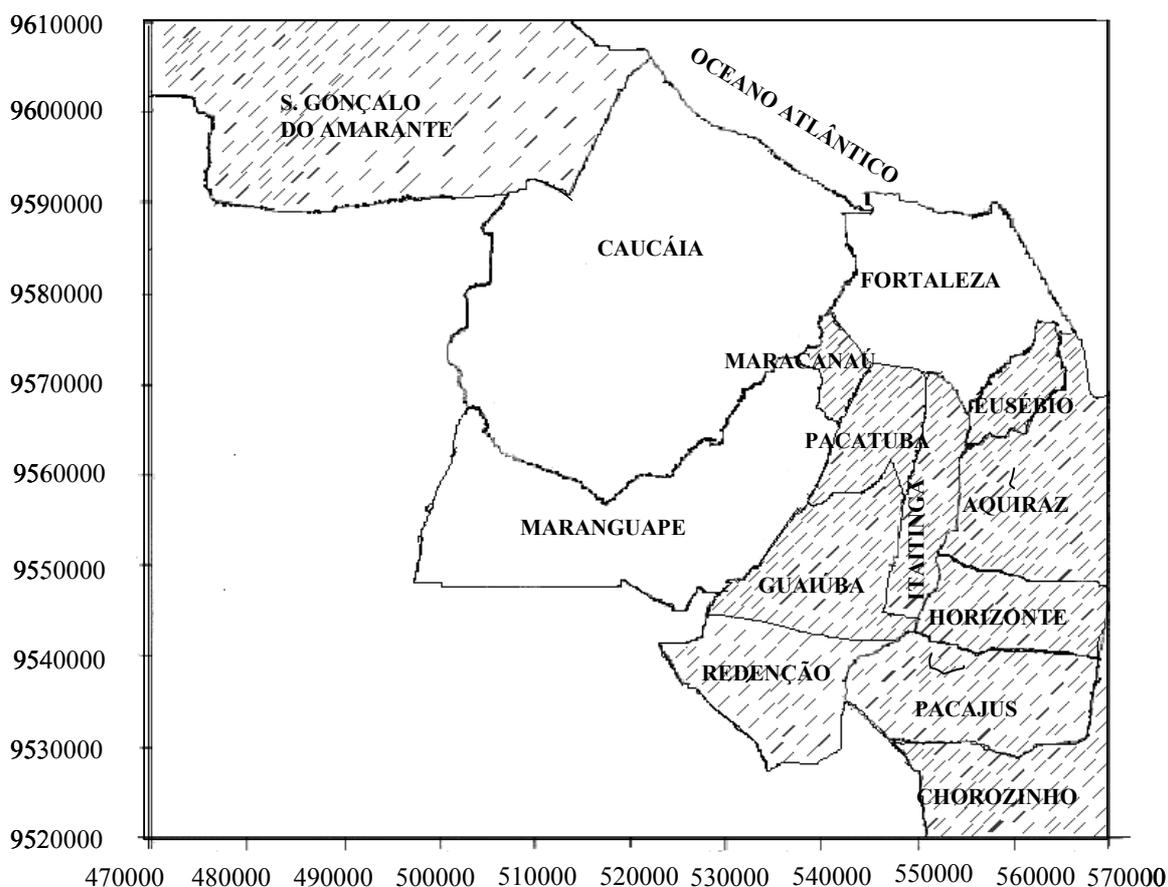


Figura 1 – Região Metropolitana de Fortaleza.

Tabela 1 – Locais de amostragem na Região Metropolitana de Fortaleza. Rch: Riacho.

Município	Nº de amostras	Localização	Sistema Aquífero
Aquiraz	30	NE do açude Pacoti	Formação Barreiras
		Lagoa do Meio	Formação Barreiras
		Beach Park	Dunas Móveis ou Recentes
		Lagoa Juçara	Formação Barreiras
Chorozinho	09	Rch. Curral Velho	Formação Barreiras
Eusébio	14	WNW a 3km da sede	Complexo Gnáissico-Migmatítico
Guaiúba	05	Distrito Água Verde	Complexo Gnáissico-Migmatítico
Horizonte	13	SW da sede	Formação Barreiras
Itaitinga	04	Sede	Complexo Gnáissico-Migmatítico
Maracanaú	19	NNW da sede	Complexo Gnáissico-Migmatítico
Pacajus	14	Lagoa Curimatá	Formação Barreiras
		Centro da sede	Formação Barreiras
Pacatuba	05	Leste da sede	Complexo Gnáissico-Migmatítico
São Gonçalo do Amarante	19	Litoral	Dunas Móveis ou Recentes/ Paleodunas
		Rch. Cedro	Complexo Gnáissico-Migmatítico
		Lagoa Grossa	Complexo Gnáissico-Migmatítico
Total	132		

Três sistemas aquíferos foram amostrados; o Complexo Gnáissico-Migmatítico, a Formação Barreiras, as Dunas Móveis ou Recentes e as Paleodunas.

O Complexo Gnáissico-Migmatítico corresponde a uma associação petrotectônica constituída de gnaisses aluminosos, em parte migmatizados, freqüentemente intercalados por níveis quartzíticos e calssilicáticos, em jazimento lenticulares de pequenas dimensões e conformáveis ao bandamento gnáissico.

A Formação Barreiras é uma seqüência constituída de sedimentos areno-argilosos, pouco ou não litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes com aspecto mosqueado, mal selecionado, de granulação variando de fina a média, mostrando horizontes conglomeráticos e níveis lateríticos.

As dunas são formadas a partir da acumulação de sedimentos removidos da fase de praia pela deflação eólica e distribuem-se como um cordão contínuo, disposto paralelamente à linha de costa, somente interrompido pela presença de planícies fluvio-marinhas, ou, ainda, pela penetração até o

mar de sedimentos da Formação Barreiras e promotórios formados por cangas lateríticas e quartzosas [1].

METODOLOGIA

As análises hidroquímicas das 132 amostras de água subterrânea foram feitas no Laboratório de Hidroquímica de Departamento de Física da UFC. As metodologias analíticas adotadas foram escolhidas segundo os procedimentos descritos no *Standard Methods* [2] e em CUSTODIO & LLAMAS [3].

Para a determinação dos cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} e para os ânions Cl^- , HCO_3^- foi usado o método titulométrico da acidimetria. Os cátions K^+ e Na^+ foram analisados por fotometria de chama. O cátion NH_4^+ e os ânions SO_4^{2-} , NO_3^- e NO_2^- foram determinados por espectrofotometria. Os parâmetros pH, condutividade elétrica e teor de oxigênio dissolvido foram obtidos usando pHmetro, condutivímetro e oxímetro, respectivamente. As curvas de calibração elaboradas para os diferentes tipos de determinações, tanto fotométricas como espectrofotométricas, mostram coeficientes de correlação da ordem de 0,99, enquanto as análises titulométricas foram realizadas sempre em duplicata, com diferenças de valores na faixa de 0-5%. Os resultados das análises, que têm erros da ordem de até 6,0%, estando, portanto, numa faixa bem abaixo daqueles admissíveis pela literatura (10%), indicam que as análises físico-químicas realizadas têm características de alta precisão, estando de acordo com o perfil de qualidade exigida pela OMS.

A adequação destas águas ao consumo humano foi julgada com base nas normas do Ministério da Saúde [4] que coloca limites nos valores de concentração e em parâmetros hidroquímicos. Estes limites estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores máximos permitidos (VMP) de acordo com Ministério da Saúde.

Parâmetro	VMP (mg/L)	Parâmetro	VMP (mg/L)
Sódio	200	Cloretos	250
Ferro	0,3	Sulfato	250
Alumínio	0,2	STD	1000

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises hidroquímicas estão apresentados nos diagramas de Piper das Figuras 2 a 5 com amostras dos municípios de Aquiraz, Chorozinho, Horizonte, Pacajus, Eusébio, Guiúba, Itaitinga, Maracanaú, Pacatuba e São Gonçalo, com a identificação do sistema aquífero amostrado.

Os diagramas mostram que no município de Aquiraz a salinidade depende da litologia; as amostras da Formação Barreiras são, prioritariamente, cloretadas sódicas e as das Dunas, bicarbonatadas mistas. A Figura 3 apresenta o diagrama de Piper com águas dos municípios de Chorozinho, Horizonte e Pacajus onde todos os poços estão localizados na Formação Barreiras; as águas são, na maioria, do tipo cloretadas mistas. As águas dos municípios de Eusébio, Guiúba, Itaitinga, Maracanaú e Pacatuba, como mostra o diagrama de Piper da Figura 4 são, predominantemente, do tipo cloretadas sódicas; todas as amostras foram coletadas em área do Complexo Gnáissico-Migmatítico. As águas do município de São Gonçalo são de três tipos distintos: as pertencentes ao Complexo Gnáissico-Migmatítico são cloretadas sódicas, as das Paleodunas são cloretadas sódicas e cloretadas mistas e as das Dunas são bicarbonatadas cálcicas e bicarbonatadas mistas.

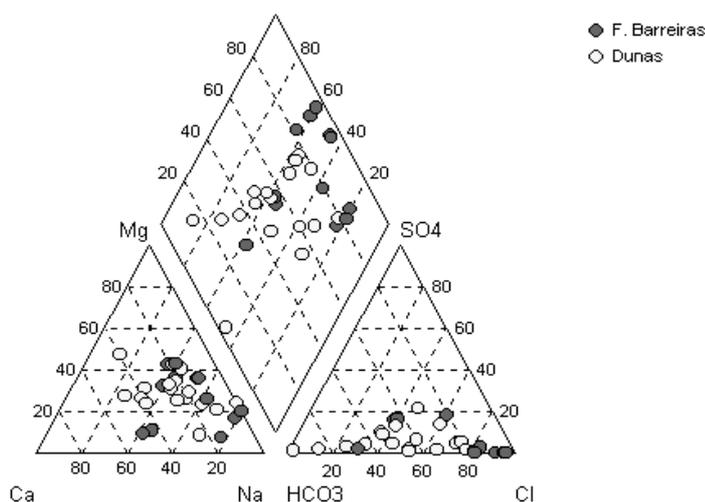


Figura 2 – Diagrama de Piper com amostras do município de Aquiraz.

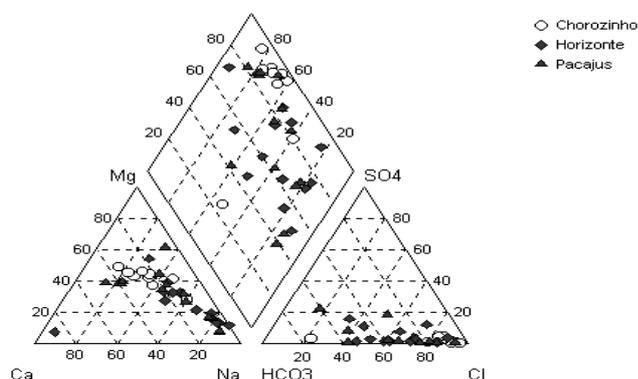


Figura 3 – Diagrama de Piper com amostras dos municípios de Chorozinho, Horizonte e Pacajus coletadas da Formação Barreiras.

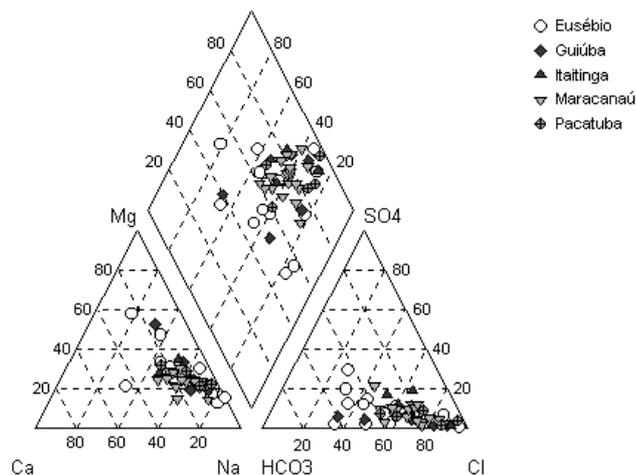


Figura 4 – Diagrama de Piper com amostras dos municípios de Eusébio, Guiúba, Itaitinga, Maracanaú e Pacatuba coletadas do Complexo Gnáissico - Migmatítico.

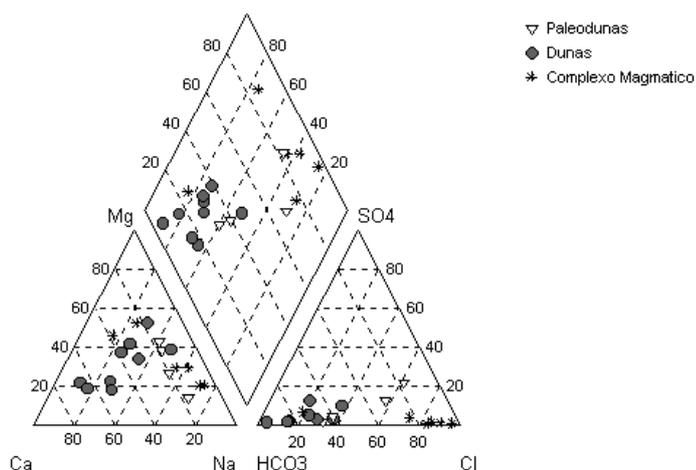


Figura 5 – Diagrama de Piper com amostras do município de São Gonçalo.

As Figuras 6 a 9 apresentam as relações Cl^- vs Na^+ , que permitem identificar os mecanismos predominantes da mineralização. Quando $Cl^- \approx Na^+$ (em meq/L), a origem é, provavelmente, marinha (maresia, aerossóis, intrusão marinha, etc). Desvios desta relação indicam a participação de dissolução e troca iônica no aquífero.

A Figura 6 mostra que há excesso de cloretos em relação ao sódio, indicando que além da dissolução de cristais de halita o cloreto pode também estar associado ao cálcio e ao magnésio.

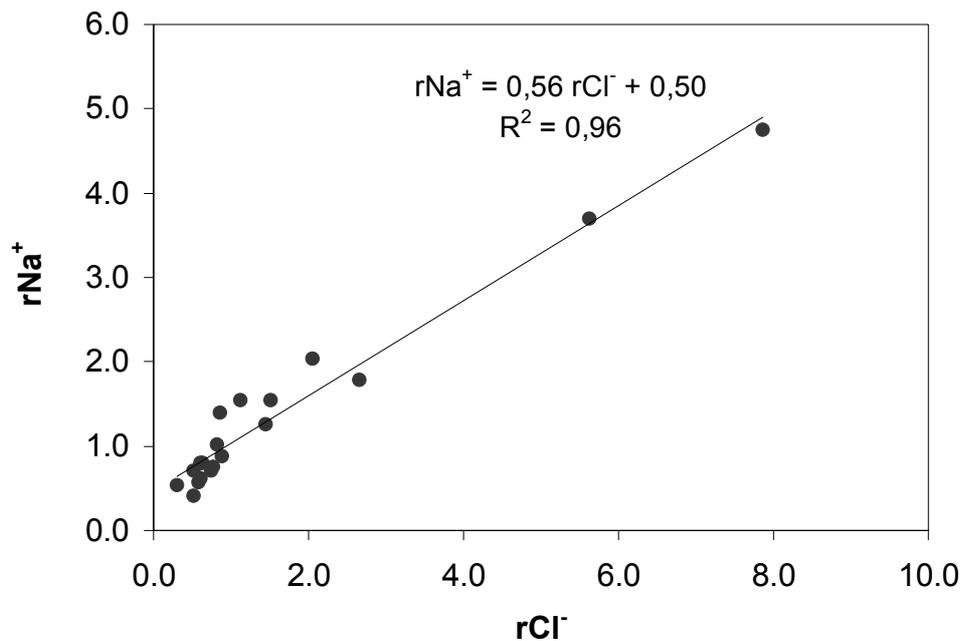


Figura 6 – rCl^- versus rNa^+ em amostras das dunas do município de Aquiraz.

Nas Figuras 7 e 8 estão amostras do Complexo Gnáissico-Migmatítico, onde os cloretos apresentam uma boa correlação com o sódio, o que é indício da presença de aerossóis de origem marinha nas águas de recarga.

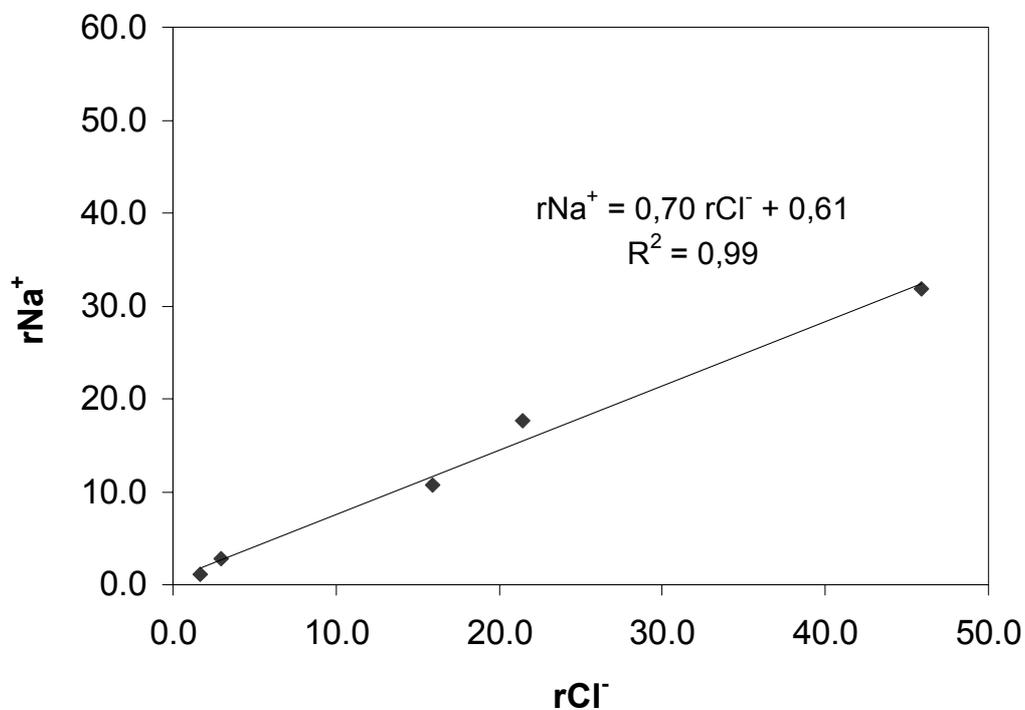


Figura 7 – rCl^- versus rNa^+ em amostras do Complexo Gnáissico-Migmatítico do município de São Gonçalo.

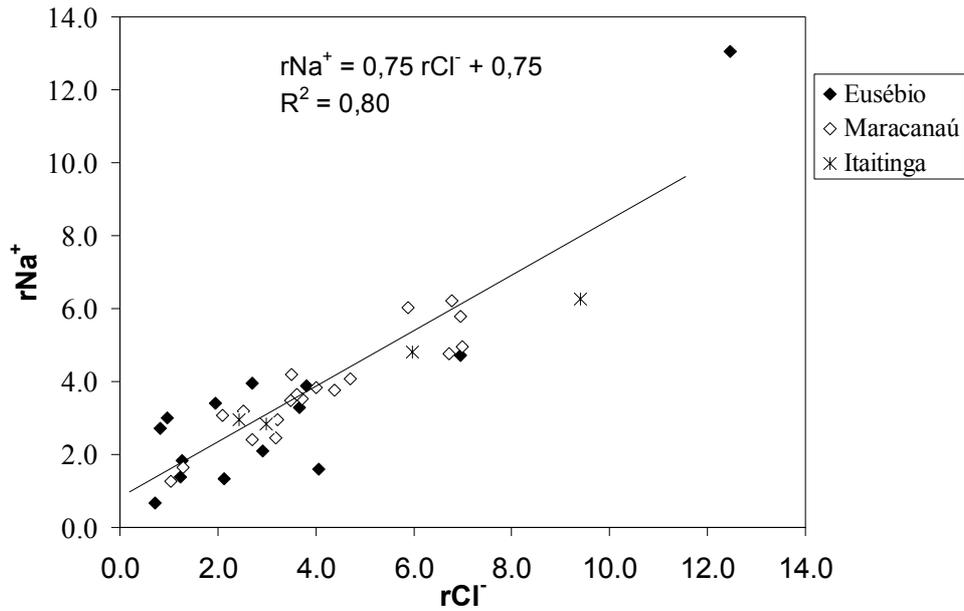


Figura 8 – rCl^- versus rNa^+ em amostras do Complexo Gnáissico-Migmatítico dos municípios de Eusébio, Maracanaú e Itaitinga.

A Figura 9 mostra que os cloretos não apresentam uma boa correlação com o sódio e apresentando um excesso de cloreto em relação ao sódio. Este resultado é decorrente da heterogeneidade da Formação Barreiras.

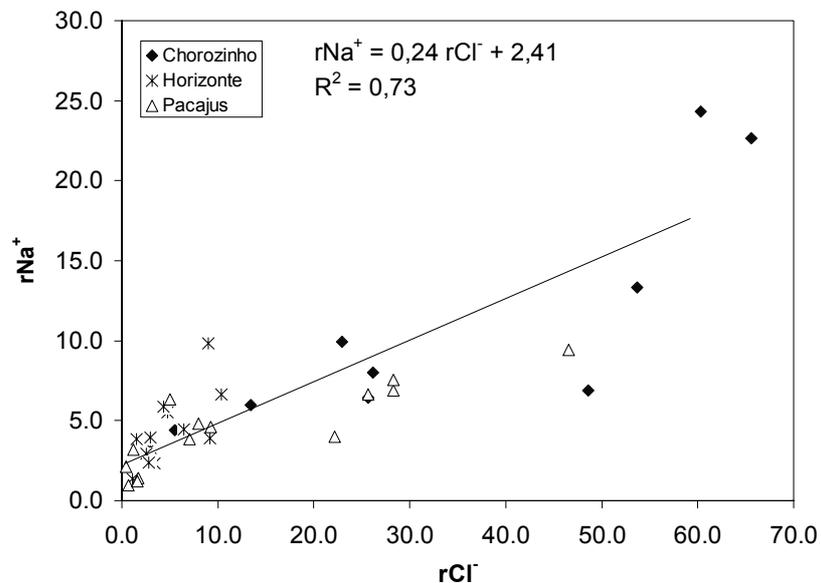


Figura 9 – rCl^- versus rNa^+ em amostras da Formação Barreiras nos municípios de Chorozinho e Horizonte e Pacajus.

A Figura 10 mostra que nos municípios de Guaiúba e Pacatuba onde o sistema aquífero amostrado foi o Complexo Gnáissico-Migmatítico, os cloretos estão bem associados ao sódio numa relação $rCl^- = 1,19 rNa^+$ próxima das amostras do oceano cuja relação é igual a 1,17.

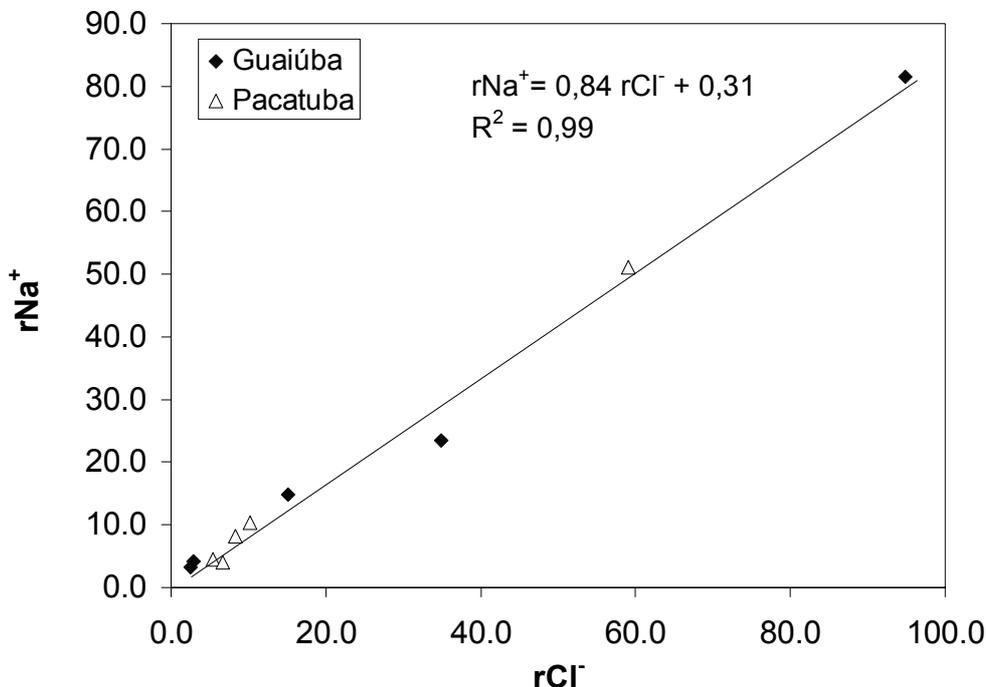


Figura 10 – rCl^- versus rNa^+ em amostras do Complexo Gnáissico-Migmatítico dos municípios de Guaiúba e Pacatuba.

Na Figura 11 estão histogramas das concentrações de sólidos totais dissolvidos das amostras dos três aquíferos estudados. Considerando o limite de potabilidade de 1000mg/L para os sólidos totais dissolvidos, de acordo com a Portaria Nº 1469, de 29/12/2000, do Ministério da Saúde, observa-se que 45 das 52 amostras do Complexo Gnáissico-Migmatítico (Figura 11a) são apropriadas para o consumo humano, o que ocorre também com 35 das 47 amostras da Formação Barreiras (Figura 11b) e com 21 das 27 amostras das Dunas (Figura 11c).

Estes locais de coleta foram escolhidos para estrategicamente servirem de abastecimento; eles cumprem este objetivo, pois em 95% dos poços amostrados não há necessidade de tratamento.

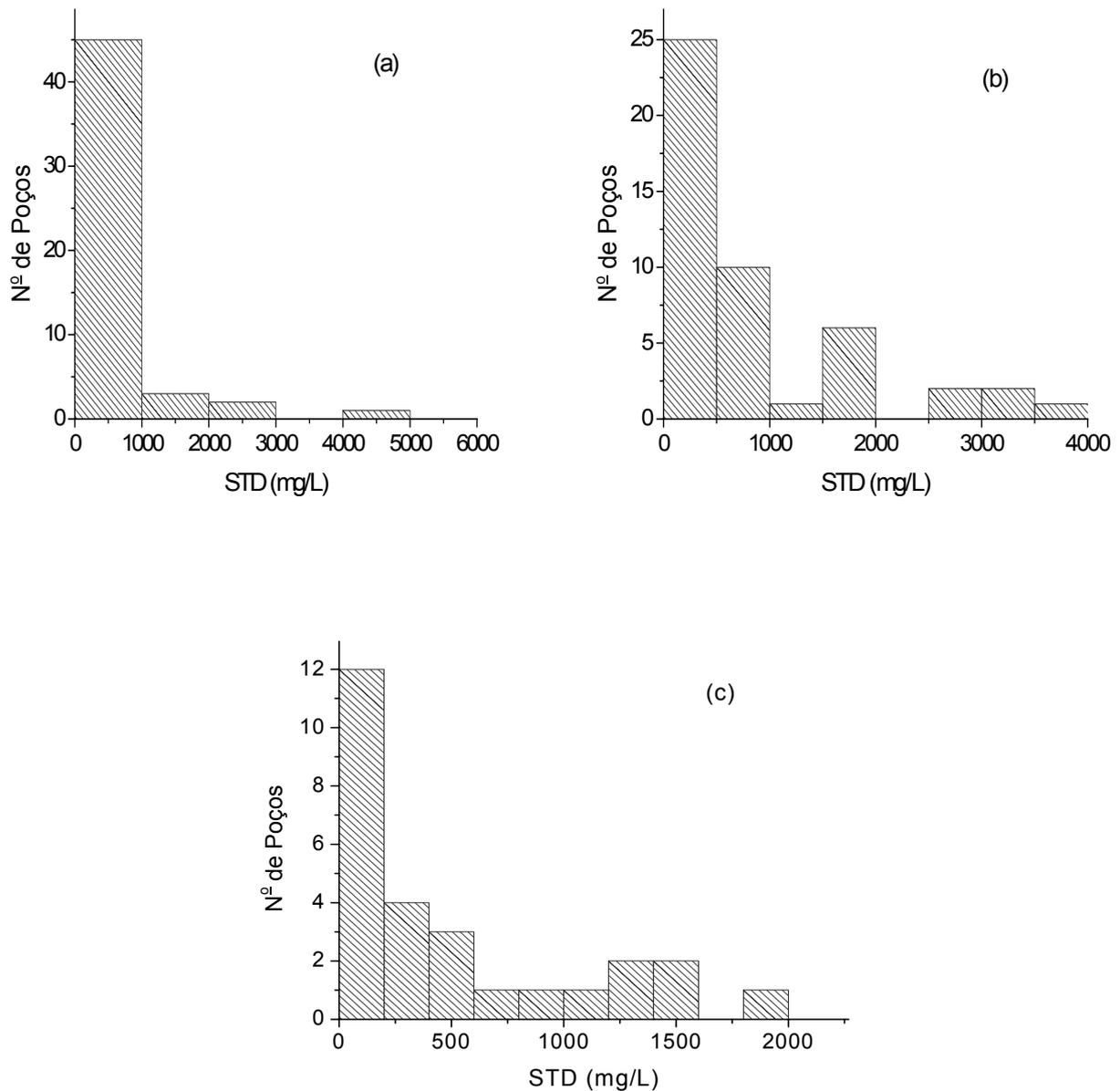


Figura 11 – Histogramas da concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) em amostras (a) do Complexo Gnáissico-Migmatítico (b) da Formação Barreiras (c) das Dunas.

Na Figura 12 estão representadas as concentrações dos íons ferro nas amostras dos três aquíferos. Observa-se que no Complexo Gnáissico-Migmatítico e nas dunas a maioria das amostras apresenta concentração de ferro $\geq 1\text{mg/L}$ consideradas, segundo a Tabela 2, impróprias para o consumo humano. As amostras da Formação Barreiras apresentam, na sua maioria, concentrações de ferro menores que $0,5\text{mg/L}$, podendo ser utilizada para o consumo humano.

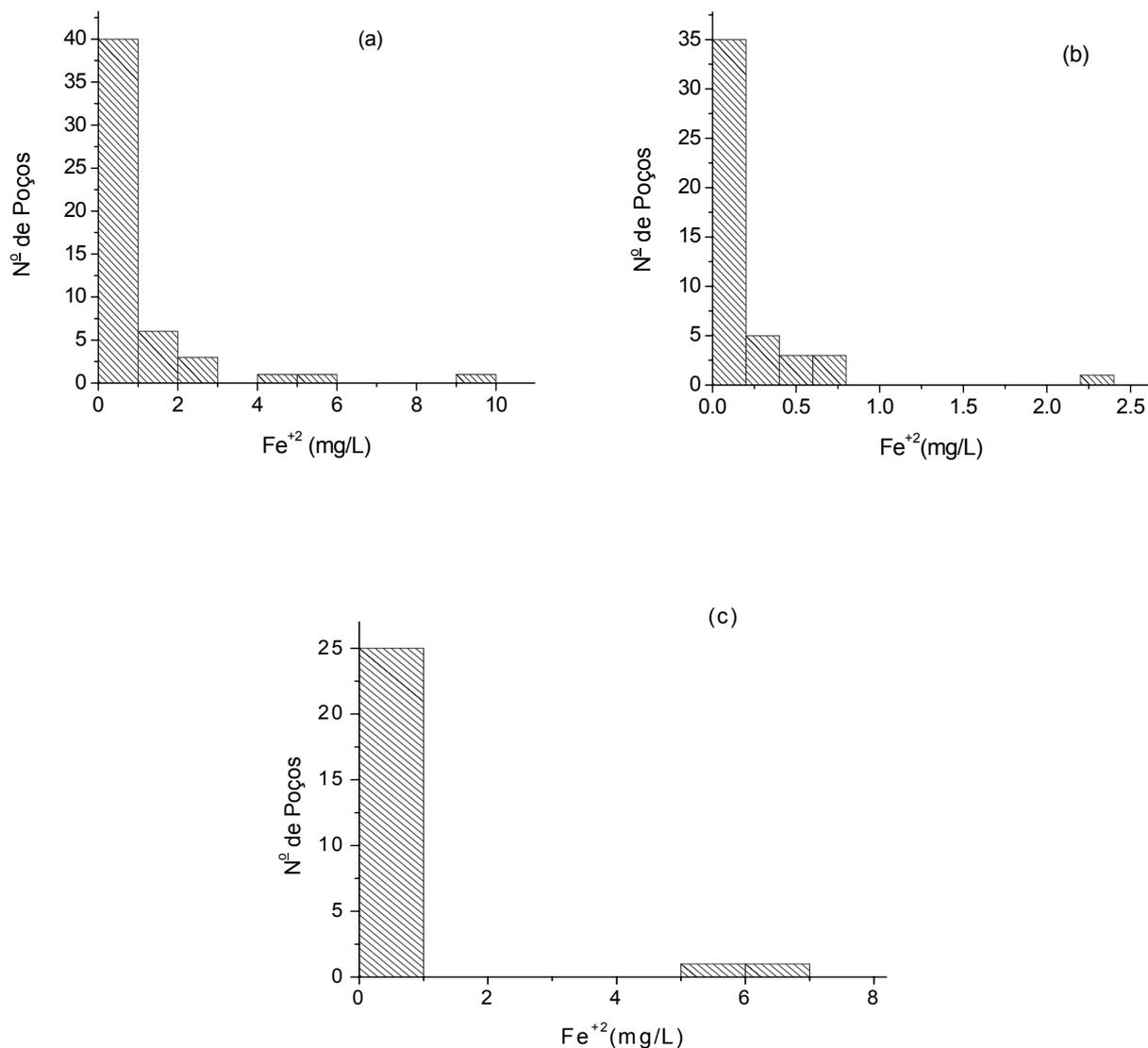


Figura 12 - Histogramas da concentração do íon ferro em amostras (a) do Complexo Gnáissico-Migmatítico (b) da Formação Barreiras (c) das Dunas.

Os histogramas da Figura 13 mostram que as concentrações de Al³⁺ são abaixo do limite de potabilidade permitido pelo Ministério da Saúde e em nenhuma amostra foi superior a 0,1mg/L.

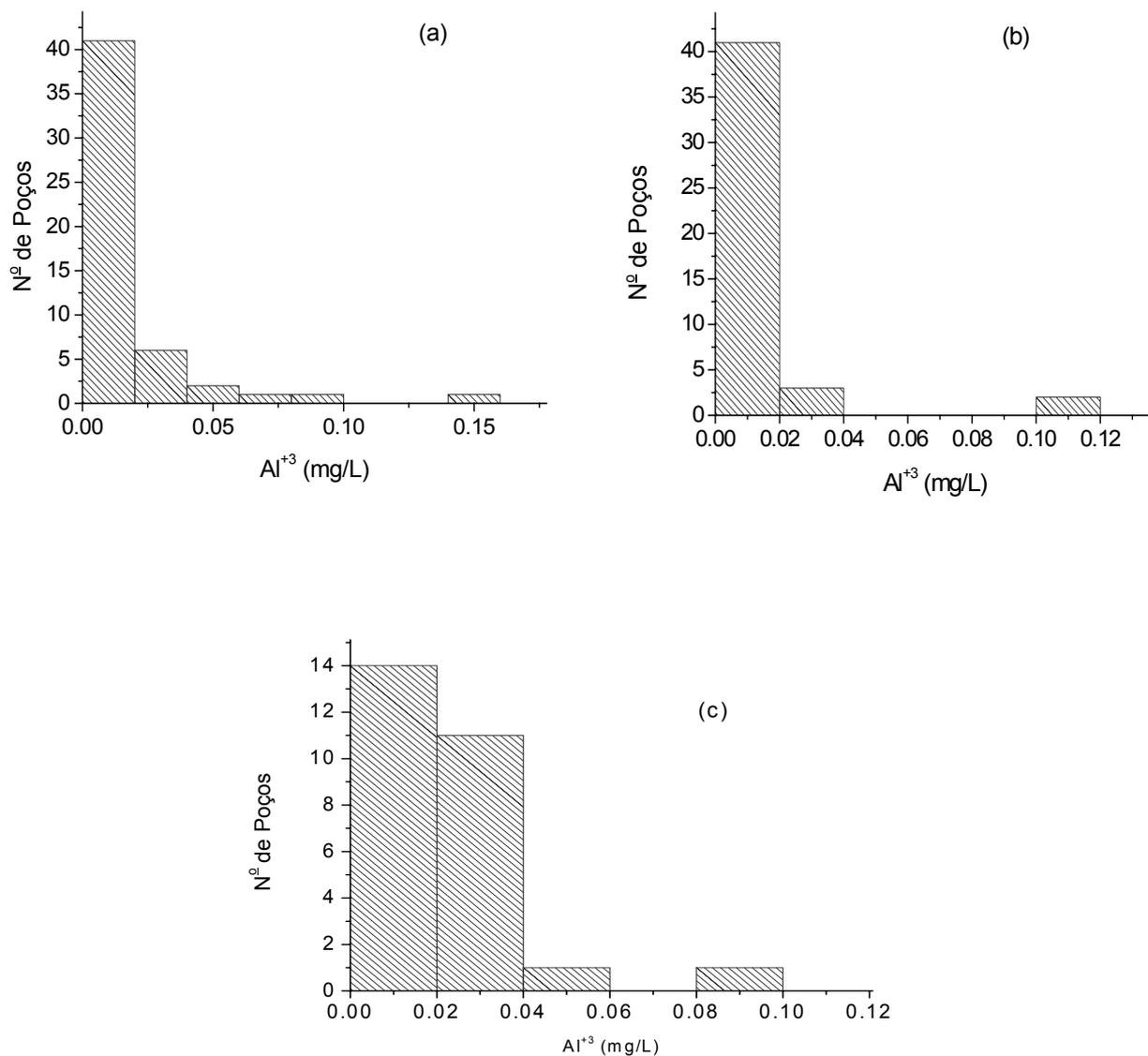


Figura 13 - Histograma da concentração do íon alumínio de amostras (a) do Complexo Gnáissico-Migmatítico (b) da Formação Barreiras (c) das Dunas.

CONCLUSÕES

Com os dados hidroquímicos da Região Metropolitana de Fortaleza pôde-se concluir que:

- As águas pertencentes ao Complexo Gnáissico-Migmatítico são predominantemente do tipo cloretadas sódicas e apresentam uma boa correlação entre estes dois íons, o que é indício de aerossóis de origem marinha. Estas águas são consideradas potáveis, pois 86% apresenta concentrações de sólidos totais dissolvidos menores que 1000mg/L.
- As águas pertencentes à Formação Barreiras são prioritariamente do tipo cloretadas sódicas e não há uma correlação entre estes dois íons o que é esperado de aquífero heterogêneo. As águas desta formação também são em 74% águas apropriadas ao consumo humano.

- iii. As águas pertencentes às dunas são bicarbonatadas cálcicas e bicarbonatadas mistas. As amostras apresentaram um excesso de cloretos em relação ao sódio indicando que o cloreto pode estar associado a outros íons. Quanto ao padrão de potabilidade, 78% das amostras são consideradas potáveis.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, à FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e ao Consórcio GOLDER-PIVOT pelas condições para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGUIAR, R. B. et al. 2000. A origem dos sais nas águas subterrâneas dos aquíferos costeiros no município de Caucaia - Ceará. Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. Fortaleza.
- [2] APHA.1992. **Standard Methods For the examination of water and wastewater**. 18 ed., AWWA – WPCP.
- [3] CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. R. 1983. **Hidrología subterránea**. Ediciones Omega, Barcelona, 2 ed. 1157 p.
- [4] FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). 2000. Portaria Nº 1.469 do Ministério de Saúde, Brasília.