

CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO AQUÍFERO JANDAÍRA EM SUBSÍDIO AO PROGRAMA ÁGUA DOCE NO RIO GRANDE DO NORTE (PAD/RN)

Alexandre Endres Marcon¹; Carlos Alberto Martins² & Paula Stein³.

RESUMO – A escassez de água no semiárido brasileiro, e a ocorrência de águas salinas e salobras na maioria dos poços, fizeram com que o Governo Federal (MMA) e o estadual (SEMARH/RN) formassem o Programa Água Doce (PAD/RN), visando distribuir água potável para o consumo humano através da utilização de tecnologias para dessalinização da água subterrânea no estado do RN. O monitoramento das águas e a caracterização hidrogeoquímica dos aquíferos são cruciais para fornecimento de água de qualidade e para manutenção da sustentabilidade ambiental. Teores elevados de contaminantes hídricos podem representar riscos à saúde humana, causar sérios impactos negativos e comprometer os ecossistemas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade hidrogeoquímica e caracterizar as águas dos poços do aquífero Jandaíra/RN. As coletas da água subterrânea foram realizadas em poços de diversos municípios na Bacia Potiguar/RN. Os resultados hidrogeoquímicos indicaram a predominância de águas subterrâneas cloretadas bicarbonatadas cálcicas nesses poços e a presença de parâmetros com teores acima do permitido pela legislação brasileira às águas potáveis de abastecimento humano.

ABSTRACT – The shortage of water in the Brazilian semiarid region, and the occurrence of saline and brackish waters in most wells, caused the Federal government (MMA) and the state (SEMARH/RN) to formulate the Programa Água Doce (PAD/RN), in order to deliver potable water for human consumption through the use of technologies for desalination of groundwater in the RN state. The water quality monitoring and hydrogeochemical characterization of aquifers are crucial to providing quality water and to maintain environmental sustainability. High levels of water contaminants may pose risks to human health, cause serious negative impacts on ecosystems and compromise them. The aim of this study was to evaluate and characterize the hydrogeochemical quality of water wells in the aquifer Jandaíra/RN. Sampling of the groundwater wells was held in several cities in the Potiguar Basin/RN. The hydrogeochemical results indicated the predominance of chlorinated calcic bicarbonate groundwater in these wells and the presence of parameters with levels above those permitted by Brazilian law for potable human supply water.

Palavras-chave: caracterização hidrogeológica; aquífero Jandaíra; PAD/RN.

¹ Programa Água Doce, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil, fone: (84) 3232-2435 e e-mail: endresbio@hotmail.com

² Programa Água Doce, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil, fone: (84) 3232-2435 e e-mail: cmartins@gmail.com

³ Programa Semiárido Potiguar, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil, fone: (84) 3232 2428 e e-mail: paulinha_st@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso imprescindível, sobretudo em regiões semiáridas afetadas por regime de chuva irregular, como é o caso da região Nordeste do Brasil, no qual está inserido o Rio Grande do Norte (RN). A reduzida disponibilidade natural aliada à má gestão dos recursos hídricos propicia a contaminação das águas, comprometendo ainda mais o abastecimento público e acarretando em sérios riscos à saúde das populações e aos ecossistemas, conforme Maffei *et al.* (2009).

A escassez de água, a ocorrência de águas subterrâneas salinas e salobras na maioria dos poços no semiárido brasileiro e a existência de tecnologias para dessalinização desses recursos hídricos, que promove a sua potabilização, fizeram com que o Governo Federal, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (MMA/SRHU), em conjunto com instituições federais, estaduais (Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH/RN) e organizações da sociedade civil, formulassem o Programa Água Doce (PAD), visando aumentar a oferta de água de qualidade para o consumo humano no semiárido potiguar.

Tendo em vista o grande potencial hídrico subterrâneo do RN, e conforme o MMA (2012), o PAD/RN tem por objetivo estabelecer uma política pública permanente de acesso à água de qualidade para o consumo humano por meio do aproveitamento sustentável dessas águas subterrâneas estaduais, incorporando cuidados ambientais e sociais na gestão de sistemas de dessalinização, buscando atender, prioritariamente, localidades rurais difusas do semiárido brasileiro. Além disso, o Programa se caracteriza como uma medida de adaptação às mudanças climáticas por reduzir as vulnerabilidades no que diz respeito ao abastecimento de água. Pois, estudos mostram que com elevação da temperatura, e por consequência das taxas de evaporação na região, as águas subterrâneas salobras e salinas passam a ser uma das poucas alternativas de acesso à hídrico para a população rural residente no semiárido brasileiro. A caracterização hidrogeoquímica dos aquíferos, o monitoramento da qualidade das águas e a disposição adequada do concentrado salino (rejeito, isto é, o efluente salino produzido após dessalinizar as águas subterrâneas salobras) são cruciais para fornecimento de água potável e para a manutenção da sustentabilidade ambiental desse tratamento hídrico por sistemas de dessalinização. Pois, contaminantes hídricos químicos e biológicos podem representar riscos à saúde humana, e os sais e esses poluentes quando descartados inadequadamente podem causar sérios impactos negativos e comprometer os ecossistemas.

O objeto deste trabalho são os poços do aquífero Jandaíra na Bacia Potiguar do estado do Rio Grande do Norte (RN) localizados em comunidades rurais pré-selecionadas pelo PAD/RN para instalação de sistemas de dessalinização.

O presente trabalho objetiva caracterizar as águas desses poços tubulares pré-selecionados no aquífero Jandaíra, em localidades rurais do estado do RN com carência hídrica, visando à instalação de sistemas de dessalinização nessas unidades. Os resultados obtidos auxiliarão no tratamento hídrico, no abastecimento público com água de qualidade para o consumo humano, além de ajudar na manutenção das características naturais e na conservação do meio ambiente através do apoio à gestão sustentável dos sistemas de dessalinização do PAD/RN.

1.1. Contextualização Hidrogeológica do Estado

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos - SEMARH (1998a), os recursos hídricos subterrâneos do RN, estão contidos em cinco aquíferos principais, descritos a seguir e visualizados na **Figura 1**:

- O maior deles é o **Cristalino** (fissural), que ocupa uma área de 51.809 km², equivalente a cerca de 60% da superfície total do Estado. Apresenta poços com profundidade média de 50 metros e vazão média da ordem de 1,5 m³ h⁻¹.

- O **aquífero Açú** atinge uma espessura de 400 m, constituído por arenitos médios a conglomeráticos na base, passando a arenitos médios na porção intermediária e arenitos mais finos no topo. Atinge uma área total de cerca de 22.000 km² e segundo SEMARH (1998b), esse aquífero ocorre na Bacia Potiguar capeado pelo calcário Jandaíra, onde se apresenta confinado. Os poços tubulares nesse aquífero poroso apresentam vazões que podem alcançar os 200 m³ h⁻¹ produzindo águas de boa qualidade e baixa concentração iônica. Nessa bacia, o aquífero Açú aflora, ao longo de uma faixa marginal ao sul com largura variando entre 5 km, no extremo leste, e 20 km, no extremo oeste, e de acordo com trabalho de Stein e Melo (2006), as melhores possibilidades hidrogeológicas e baixa concentração iônica da água subterrânea estão localizadas no setor norte da faixa.

- O **aquífero Jandaíra** ocorre numa superfície total de 17.756 km² e é constituído de calcários cinzas, cremes, margas, siltitos, argilitos e dolomitos cremes. Esta área de ocorrência inclui as zonas recobertas pela Formação Barreiras, aluviões e dunas, que totalizam cerca de 5.980 km². Estudos regionais indicam que a espessura da Formação Jandaíra pode chegar a 600 m na porção mais profunda da Bacia Potiguar, embora as espessuras mais importantes, do ponto de vista hidrogeológico, tenham sido registradas entre 50 e 150 m com vazões variando entre 10 a 50 m³ h⁻¹, conforme Mistreta (1984). Segundo SEMARH (1998b), as águas do Jandaíra apresentam dureza superior a 200 mg L⁻¹ como CaCO₃ e, sólidos totais dissolvidos entre 1.000 a 5.000 mg L⁻¹.

- O **aquífero Barreiras** que ocorre ao longo de todo o litoral do Rio Grande do Norte, cuja largura oscila entre 10 e 40 km, recobrindo calcários da Formação Jandaíra e as rochas cristalinas. É constituído por rochas argilo-arenosas ou areno-argilosas até conglomeráticas, com duas fácies

sedimentares principais: uma areno-argilosa e outra conglomerática, situadas respectivamente, na porção basal e no topo. As melhores vazões desenvolvidas ocorrem na faixa leste do RN, no trecho entre Touros e a fronteira com a Paraíba, podendo atingir até $200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ com águas de excelente qualidade. No entanto, de acordo com Melo *et al.* (1994), alguns bairros de Natal e região metropolitana apresentam águas com elevada concentração de nitrato (NO_3).

- Nos **depósitos aluviais**, é possível distinguir duas origens: (a) aluviões que ocorrem nos terrenos do embasamento cristalino; e, (b) aqueles que são gerados nas áreas sedimentares. Os primeiros exibem geralmente pequenas espessuras, oscilando entre 3 e 6 m com vazões médias entre $2 \text{ a } 5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, e normalmente suas águas são salobras. Os aluviões das regiões sedimentares apresentam maiores espessuras, chegando até a 30 m, as vazões variam normalmente entre 10 a $100 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e a salinidade normalmente entre 200 a 1.000 mg L^{-1} de resíduo seco.

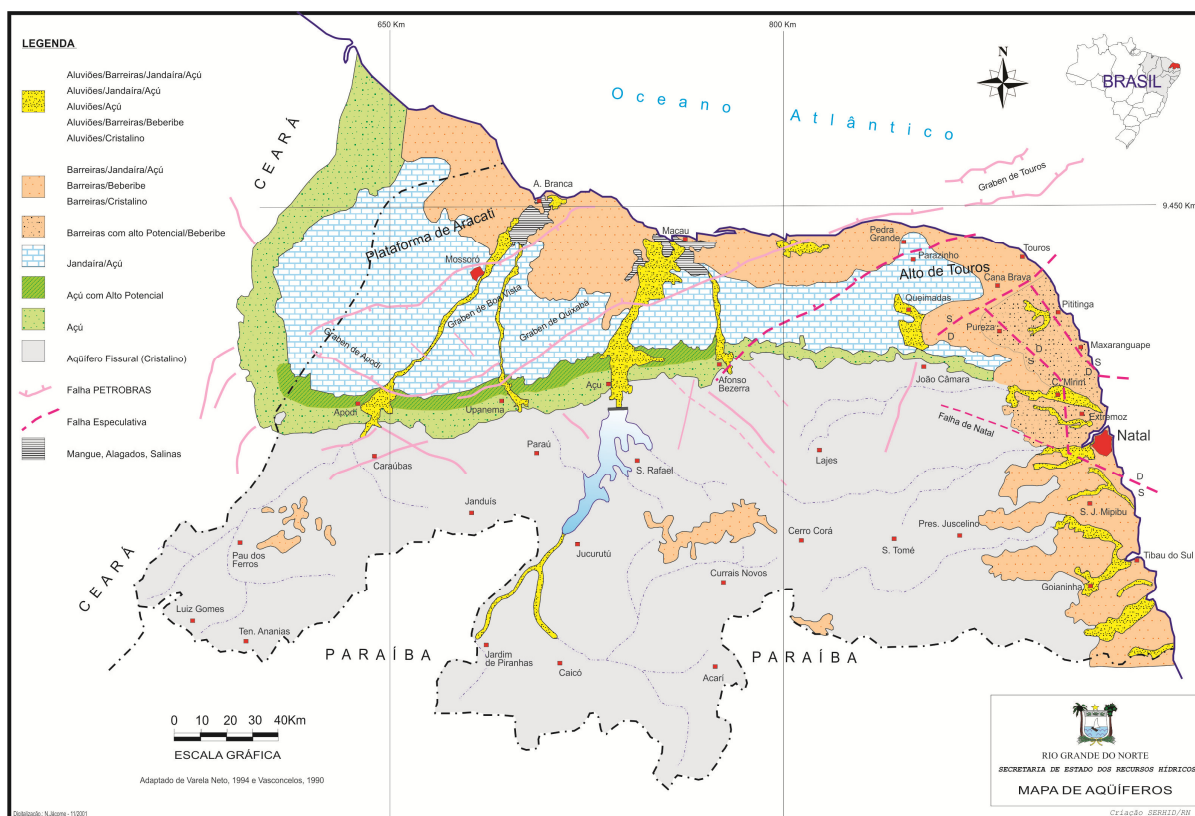


Figura 1 – Mapa de Aquíferos do Rio Grande do Norte – Brasil (SEMARH).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização da área de estudo

O alvo desse estudo foram as águas de poços tubulares no aquífero Jandaíra inserido na Bacia Sedimentar Potiguar (**Figura 1**) localizados em comunidades rurais do estado do Rio Grande do Norte e que foram pré-selecionados para instalação de Sistemas de dessalinização pelo PAD/RN.

2.1. Coleta da água subterrânea

Num total de 24 (vinte e quatro) amostras hídricas de poços tubulares foram coletadas entre 12/2013 e 05/2014 no aquífero Jandaíra/RN. Os métodos de coleta, armazenamento, transporte e as análises foram realizados segundo a *American Public Health Association – APHA* (2009).

2.2. Análise físico-química hídrica

As análises físico-químicas básicas de água subterrânea do aquífero Jandaíra no RN foram feitas pelo EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte), conforme as recomendações da APHA (2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. 2.2. Análise físico-química

Os dados de estatística descritiva da hidroquímica das águas do aquífero Jandaíra, com o máximo (Máx) e mínimo (Mín), média (X), mediana (Med) e o desvio padrão (DP) descritos em mg L⁻¹ e o percentual (%) do coeficiente de variação (CV) foram determinada através do *software Statistic 7* estão apresentados na **Tabela 1**.

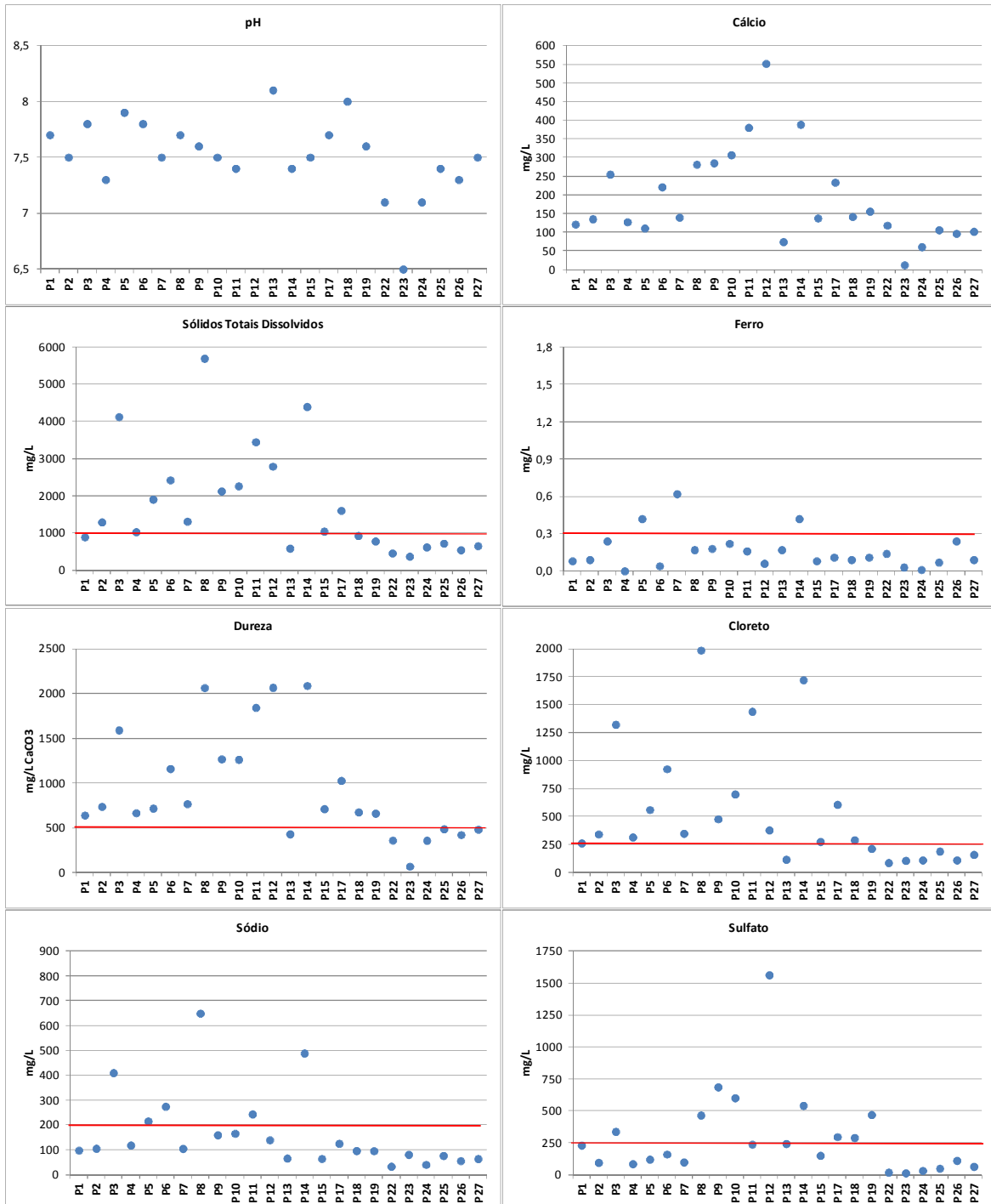
Tabela 1 - Estatística descritiva da hidroquímica das águas (mg L⁻¹) no aquífero Jandaíra.

	<i>pH</i>	<i>STD</i>	<i>Dureza</i>	<i>Na</i>	<i>K</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>Fe</i>	<i>Cl</i>	<i>SO₄</i>	<i>HCO₃</i>	<i>NO₃</i>
Mín	6,50	379,00	71,36	32,72	3,43	10,52	11,23	0,00	89,45	11,50	109,46	0,00
Máx	8,10	5695,00	2089,97	648,15	19,20	331,49	551,07	0,62	1987,85	1560,00	427,00	26,28
X	7,49	1756,25	942,00	164,85	10,10	114,44	188,52	0,16	545,95	288,12	338,93	6,12
Med	7,50	1176,00	717,02	104,46	8,93	94,10	137,77	0,11	331,31	193,67	340,39	4,69
DP	0,35	1424,35	597,74	152,48	4,50	79,84	125,48	0,15	542,25	332,75	70,00	6,55
CV	4,72	81,10	63,45	92,50	44,52	69,76	66,56	91,62	99,32	115,49	20,65	107,01

O pH médio dessas águas é 7,49, portanto classificadas como águas neutras a alcalinas. Os sólidos totais dissolvidos (STD) variam de 379 a 5.695 mg L⁻¹, refletindo uma média de 1.756,25

mg L⁻¹, verifica-se uma grande heterogeneidade dos resultados, variando de águas doces a moderadamente salobras. A variabilidade também é verificada quanto à dureza das águas, que varia de 71,36 a 2.089,97 mg L⁻¹ de CaCO₃, portanto abrangendo águas pouco duras a muito duras.

A representação dos resultados hidroquímicos das águas do aquífero Jandaíra para cada poço são apresentados na **Figura 2**, com a indicação do VMP para as águas de consumo humano, quando determinadas pela Portaria N^o. 2914 do MS (2011).



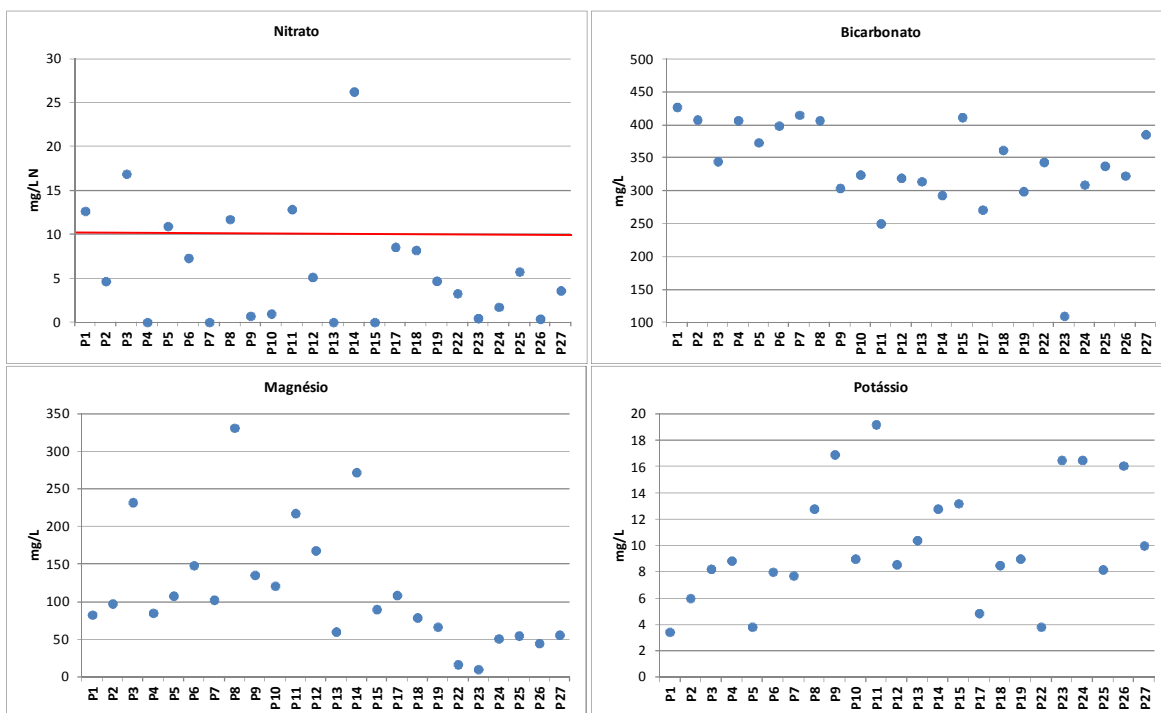


Figura 2 – Resultados analíticos individuais e a indicação do VMP, através da linha vermelha, para água de consumo humano, conforme estabelecido pela Portaria N^o. 2914 do MS (2011).

Conforme apresentado na **Figura 2**, parte das amostras apresenta resultados analíticos superiores ao VMP para a água potável de consumo humano. Esses dados atestam que muitas dessas águas não são apropriadas para o abastecimento público sem o adequado tratamento hídrico.

Convém ressaltar que, essas amostras hídricas de poços no aquífero Jandaíra/RN serão futuramente também analisadas para a determinação dos metais que representam risco a saúde pública, conforme a Portaria 2.914/2011 do Ministério de Saúde do Brasil.

3.2. Caracterização da água subterrânea

As amostras de água subterrânea dos poços dos aquíferos Jandaíra no RN foram caracterizadas através do diagrama de Piper e estão apresentadas na **Figura 3**.

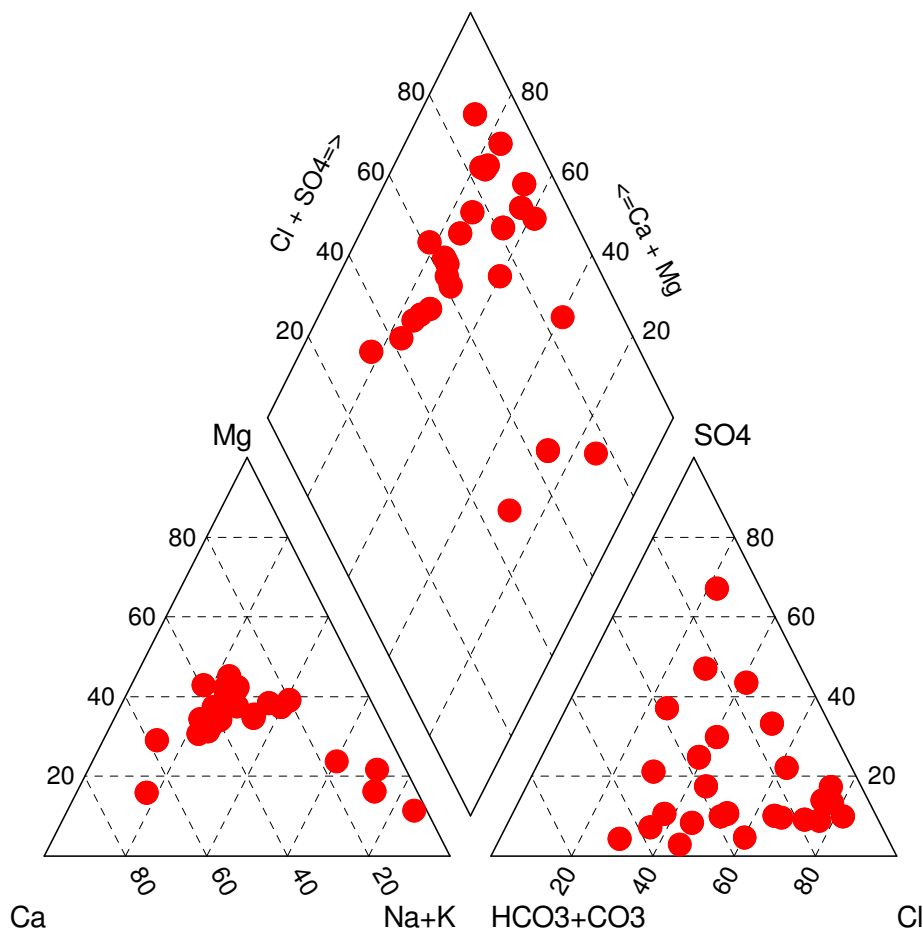


Figura 3 - Diagrama trilinear de Piper das águas no aquífero Jandaíra - RN.

Para a interpretação dos dados quanto aos tipos iônicos foi utilizado o diagrama hidroquímico de Piper (Piper, 1944; Hem, 1985), no qual foram plotadas as concentrações dos íons principais nas águas subterrâneas: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- e SO_4^- e expressos em miliequivalentes por litro (meq L^{-1}). Esse diagrama permite caracterizar as águas subterrâneas quanto aos íons dominantes.

Conforme os dados plotados no referido diagrama, para as águas de subterrâneas dos poços do aquífero Jandaíra predominam águas cloretadas bicarbonatadas cálcicas, seguidas de águas cloretadas cálcicas. Os teores de HCO_3^- e Ca^{2+} observadas nessas águas demonstram processos naturais de interação água-rocha em domínio carbonático. Os teores de Cl^- observados nessas águas demonstram influência climática no semiárido na região, de acordo com Hem (1985).

Diagramas hidroquímicos de Siff foram plotados sobre o mapa de unidades aquíferas do RN, conforme **Figura 4**. Observam-se águas com diferentes concentrações iônicas corroborando com a variabilidade verificada nos resultados de STD.

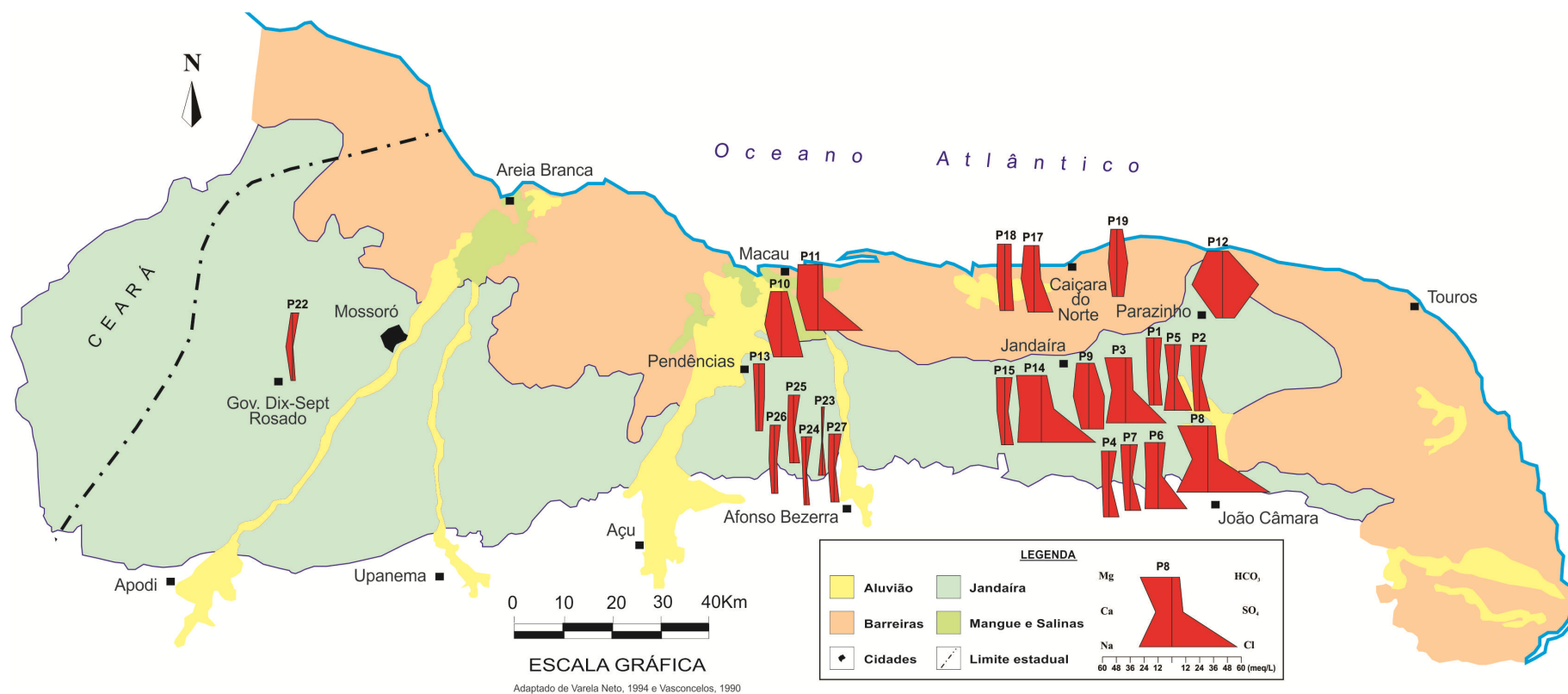


Figura 4 - Mapa da Bacia Potiguar com Diagramas hidroquímicos de Siff das águas analisadas nos poços tubulares do aquífero Jandaíra – RN (Modificado do Mapa de Aquíferos do RN - SEMARH).

4. CONCLUSÃO

Este estudo avaliou aspectos de qualidade das águas do aquífero Jandaíra no RN e indicou uma predominância de águas cloretadas bicarbonatadas cálcicas nos poços avaliados. Diversas amostras apresentaram parâmetros hidroquímicos com teores acima do VMP pela legislação brasileira para água de consumo humano (MS, 2011). Indicando que o consumo dessas águas sem tratamento adequado pode representar risco a saúde pública.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os colegas da SEMARH e do PAD/RN, principalmente das áreas: administrativa Derek Moraes e Jeni de Moraes; infraestrutura dos sistemas de dessalinização Matheus Fernandes e Teodorico; e mobilização social Dilma Lucas e Raffaella Arcila pelo auxílio aos trabalhos realizados em campo nos poços tubulares e pelos diagnósticos nas localidades rurais da Bacia Potiguar no RN. Agradecemos também a coordenação e aos técnicos do PAD nacional e ao MMA pela colaboração e o apoio na execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- APHA. (2009). Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th Edition. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Washington, DC. Disponível em <http://www.standard methods.org/> (acessado em Janeiro 2010).
- HEM, J.D. 1985. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. 5ª. Ed. University Press of the Pacific, Los Angeles, p. 384.
- MAFFEI, F.; CARBONE, F.; CANTELLI FORTI, G.; BUSCHINI, A.; POLI, P.; ROSSI, C.; MARABINI, L.; RADICE, S.; CHIESARA, E.; HRELIA, P. (2009). Drinking water quality: an *in vitro* approach for the assessment of cytotoxic and genotoxic load in water sampled along distribution system. Environment International 35, pp. 1053–1061.
- MISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. (2011). Portaria nº. 2.914 - Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em <http://www.saude.gov.br/> (acessado em Setembro 2009).
- MISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (2012). Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHU), Programa Água Doce (PAD) – Documento Base, pp. 321.
- MISTRETA, G.O. (1984). Aquífero Jandaíra da Bacia Potiguar. Dissertação de Mestrado em Geociências. USP, São Paulo.
- PIPER, A.M. (1944). A Graphic Procedure in the Transactions, Geochemical Interpretation of Water Analyses. American Geophysical Union 25, pp. 914–923.

SERHID. (1998a). Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos do Rio Grande do Norte, Natal.

SERHID. (1998b). Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Caracterização Hidroquímica dos Aquíferos do Rio Grande do Norte, Natal.

STEIN, P. e MELO, J.G. (2006). Potencial Hidrogeológico e Caracterização Hidrogeoquímica do Aquífero Açú na Borda Sul da Bacia Potiguar no Trecho Apodi-Upanema, RN. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 11, pp. 171-181.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. (2008). Guidelines for drinking-water quality incorporating 1st and 2nd addenda, vol. 1, Recommendations – 3rd ed. ISBN 978 92 4 154761 1. Geneva, Switzerland. Disponível em <http://www.who.int/> (acessado em Março 2009).