



## Monitoramento da qualidade físico-química das águas subterrâneas provenientes de poços localizados próximos ao riacho dos macacos em Juazeiro do Norte-Ceará

Charleston de Oliveira Bezerra<sup>1</sup>, Ícaro Levi Tavares Anízio de Souza<sup>1</sup>, João Roberto Façanha de Almeida<sup>2</sup>

Graduandos em Engenharia Ambiental – IFCE – *Campus* Juazeiro. e-mail: charleston92@hotmail.com; Icaro\_levi@hotmail.com  
Doutorando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pela UFC e Prof<sup>o</sup> do IFCE – *Campus* Juazeiro. e-mail: jrberto@ifce.edu.br

**Resumo:** Grande parte da população da cidade de Juazeiro do Norte-Ceará possui como principal fonte de abastecimento águas subterrâneas proveniente de uma bateria de 18 poços tubulares que estão localizados próximos ao Riacho dos Macacos, riacho este, que vem tendo sua drenagem natural totalmente substituída por efluentes de residências domésticas, de fábricas e indústrias. Devido à essas disposições de efluente neste curso hídrico, isso vem acarretando alterações físico, químicas e microbiológicas que comprometem a qualidade das águas subterrâneas que abastecem o município. Diante essa problemática, o presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a qualidade das águas subterrâneas em duas épocas diferentes do ano, sendo a primeira coleta realizada no período chuvoso (maio) e a segunda coleta realizada em novembro (período seco), os valores encontrados foram comparados com trabalhos existentes na literatura e também com os parâmetros padronizados pela portaria nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e padrão de potabilidade de águas destinadas ao abastecimento humano. Os valores de pH, temperatura e condutividade elétrica, encontrados não apresentaram grandes variações podendo esse fato ser resultante por o baixo nível de chuvas. Sólidos dissolvidos totais, cálcio, magnésio e sódio não se mostraram com quantidades significativas. Com relação às concentrações de cloretos encontradas, apenas um poço, apresentou valor significativo alto, quando comparado com os demais, contudo encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. Dentre todos os parâmetros analisados o que mais se mostrou preocupante foi os íons de nitrato, visto que um dos poços (PT07) apresentou uma concentração acima da concentração máxima permitida para consumo humano, podendo ser o início de poluição por contaminantes externos provenientes de esgoto doméstico (fossas), lixo, fertilizantes agrícolas, agrotóxicos e efluentes ou resíduos industriais.

**Palavras-chave:** Águas Subterrâneas, Poços, Poluição, Potabilidade, Qualidade.

### 1. INTRODUÇÃO

O Município de Juazeiro do Norte com uma área de 248,55 km<sup>2</sup> está localizado na região do Cariri cearense sob as coordenadas 7°12'47'' de latitude sul e 39°18'55'' de longitude oeste, possui uma população de 249.939 habitantes e está inserido na bacia hidrográfica do salgado (IBGE, 2012). O município possui ainda, um clima tropical quente semiárido e tropical quente semiárido branco, com pluviosidade média anual de 925,1mm e período chuvoso distribuído entre os meses de janeiro à maio (IPECE, 2011).

A bacia hidrográfica do Salgado apresenta o maior uso de água subterrânea para fins de consumo. Os municípios de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha possuem como fonte hídrica direta ou indireta o manancial subterrâneo, o que se caracteriza sua única fonte de abastecimento d'água (FRANCA, *et al.* 2006).

A utilização das águas subterrâneas no Brasil, não depende apenas do potencial de exploração dos aquíferos, mas também de diversos fatores como às condições climáticas, dos aspectos de uso e ocupação dos solos, do nível de atendimento das populações e também do saneamento básico. Em geral os volumes extraídos dos mananciais subterrâneos têm crescido em um ritmo acentuado, principalmente em áreas com maior densidade demográfica ou de notável vocação agrícola e com elevado potencial hidrogeológico (MOURÃO, 2009).

Com a perfuração indiscriminada de poços juntamente com a falta de saneamento básico (40,32% de cobertura no cenário local de Juazeiro do Norte, IPECE, 2011), com atividades agrícolas



que se utilizam de diversos produtos químicos para otimizar a produção e combate de insetos nas plantações, com o crescimento industrial acelerado dos mais variados setores de produção, como têxtil, couro e galvanoplastia, vem comprometendo às principais drenagens da cidade (riacho dos macacos e rio salgado) e consequentemente comprometendo também a qualidade das águas subterrâneas que abastecem não só o município de Juazeiro do Norte mas também as cidades vizinhas.

A água é um bem dotado de valor econômico, social, biológico e ambiental, necessário para a existência e manutenção de todos os seres vivos e em especial as águas subterrâneas representam um dos mais importantes recursos naturais de uma nação visto que apresentam, uma excelente fonte de abastecimento para o atendimento atual e futuro de diversas demandas de uso, como o abastecimento público. A garantia da existência de água de qualidade para os múltiplos usos da população é assegurada pela resolução nº 357/22005 do CONAMA e também pela Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011, que classificam e estabelecem parâmetros para utilização das águas.

Diante essa problemática, o presente trabalho tem como objetivo principal, avaliar a qualidade físico-química das águas subterrâneas de poços que estão localizados próximo ao Riacho dos Macacos na cidade de Juazeiro do Norte-Ceará em diferentes épocas do ano.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Caracterização dos pontos de coleta

A cidade de Juazeiro do Norte possui grande parte da área urbana abastecida por águas subterrâneas proveniente de uma bateria de 18 poços (MENDONÇA *et al.* 2005), dos quais alguns desses poços estão implantados às margens do Riacho dos Macacos (Figura 1), a região do cariri apresenta boa disponibilidade hídrica subterrânea, enquanto outros municípios do Ceará sofrem por escassez de recursos hídricos.

Esses poços tem profundidades que variam de 32 à 240 metros, podendo captar um volume de até 300 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> e devido essa intensa exploração, faz com que em períodos de seca, a drenagem natural do riacho, seja totalmente substituída por águas residuárias provenientes de residências domésticas, fábricas e indústrias (SANTIAGO, 1997).

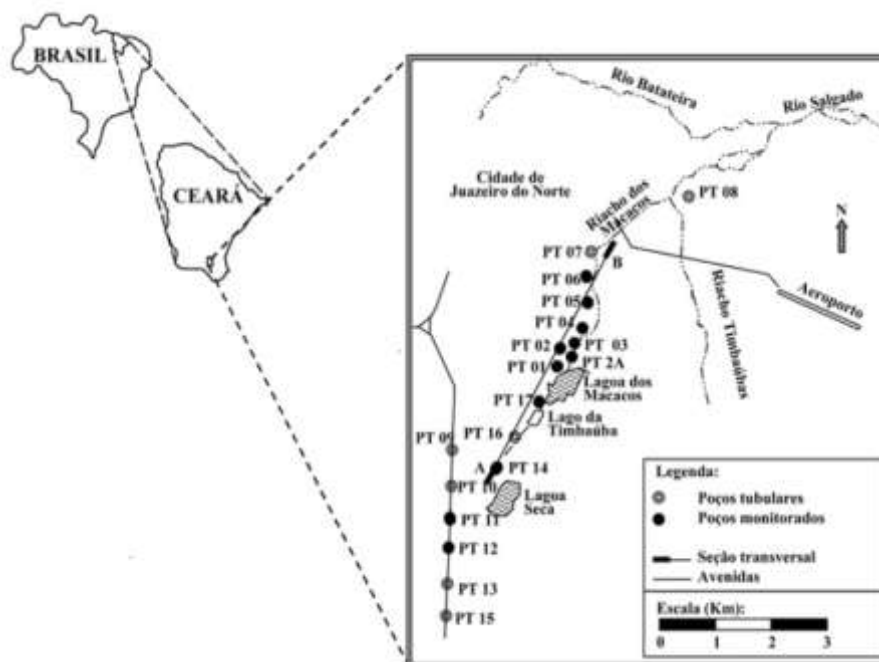


Figura 1 – Bateria de poços da cidade de Juazeiro do Norte-CE. *Fonte: Adaptado de MENDONÇA, et al.2005*



## 2.2 Amostragem e Métodos de Análises

Foram coletadas amostras de dois litros de águas (em garrafas limpas e secas), provenientes dos poços escolhidos aleatoriamente localizados próximo ao Riacho dos Macacos, os poços escolhidos estão inseridos em áreas críticas e vulneráveis a altos níveis de poluição, são eles: PT07, PT09, PT10, PT11, PT12, PT13, PT14, PT15 e PT 17. As coletas aconteceram em dois períodos distintos, sendo a primeira realizada no dia 14 de maio de 2011 (período chuvoso do município) e a segunda no dia 22 de novembro de 2011 (período seco do município), as amostras foram condicionadas em isopôds com gelo e em seguida foram encaminhadas para laboratório de Hidroquímica do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará onde foram analisados os parâmetros listados na tabela abaixo.

Tabela 1 - Parâmetros analisados e metodologia utilizada na quantificação dos íons dissolvidos nas águas coletadas

VARIÁVEIS	MÉTODOS	REFERÊNCIA
	<b>VÁRIAVEIS FÍSICAS</b>	
Temperatura (°C)	Sensor de Temperatura	AWWA/APHA/WEF, 1998
pH	Potenciométrico	
Condutividade elétrica (µS/cm)	Condutívimetro	
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Gravimétrico - Filtração a vácuo com membrana de fibra de vidro 0,45 µm de porosidade – Secagem a 103°C – 105°C	
	<b>VÁRIAVEIS QUÍMICAS</b>	
Alcalinidade Parcial	Titulométrico - Ácido sulfúrico 0,02N	RODIER, 1975.
Cálcio (mg/L)	Titulométrico - EDTA	
Magnésio	Titulométrico - EDTA	
Cloretos	Titulométrico – argentométrico	
Sódio	Fotometria de chama	
Nitrato (mgN/L)	Espectrofotométrico – Salicilato de Sódio	

## 3. RESULTADOS E DISCURSÕES

A resolução CONAMA Nº 357 de 15 de março de 2005 que enquadra as águas de acordo com as condições dos diferentes usos para manter o equilíbrio ecológico dos corpos d'água, juntamente com a Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914 de 12 de Dezembro 2011, estabelecem valores máximos permitidos das variáveis físicas, químicas e biológicas, sendo esses essenciais padrões de potabilidade para o consumo humano. Os resultados apresentados nas tabelas abaixo mostram a presença dos componentes físicos e químicos das águas provenientes dos poços estudados.

Tabela 2 – Resultados Laboratoriais das Análises físico-químicas das amostras coletas no período chuvoso (14/05/2011)

AMOSTRA	T °C	µS/cm			mg/L					
		PH	Cond.	STD	Ca	Mg	Na	Cl	N-NO3	HCO3
PT 07	29,4	6,48	372,0	260,0	25,12140	14,2958	25,7795	35,98915	0,007187	96,576
PT 09	30,9	6,44	146,0	102,1	9,06019	8,3803	4,9775	11,5164	0,102299	54,827
PT 10	30,0	6,39	133,3	93,4	5,76550	7,8873	3,4174	13,91565	0,265138	30,683
PT 11	30,1	6,34	133,8	93,5	10,29565	7,64105	1,8572	10,5567	0,102833	49,294
PT 12	29,7	6,61	214,0	150,0	21,00315	9,8592	4,9775	9,5970	0,120466	97,582
PT 13	29,5	6,41	169,8	118,7	12,35480	6,16195	2,8973	10,5567	0,194205	60,36
PT 14	29,8	6,45	226,0	158,0	23,06230	9,6357	8,6179	11,5164	0,144111	92,552
PT 15	28,9	6,38	134,0	93,9	9,06019	8,38025	2,6373	11,99625	0,052338	58,348
PT 17	28,7	6,07	113,8	80,5	7,41280	6,9014	0,2971	14,3955	0,105639	35,210



Tabela 3 – Resultados Laboratoriais das Análises físico-químicas das amostras coletas no período seco (22/11/2011)

AMOSTRA	T °C	μS/cm			mg/L					
		PH	Cond.	STD	Ca	Mg	Na	Cl	N-NO3	HCO3
PT 07	30,7	6,45	369,0	258,0	30,4	14,58	18,63	38,50	10,23	100,28
PT 09	35,7	6,34	137,7	96,6	6,4	6,80	9,80	13,48	0,91	60,17
PT 10	33,2	6,72	126,7	87,2	8,0	5,83	11,25	13,48	3,15	80,23
PT 11	30,7	6,50	130,2	90,9	14,4	3,89	8,37	11,55	1,10	70,20
PT 12	30,5	6,50	198,3	138,7	22,4	7,78	9,80	11,55	0,99	80,23
PT 13	29,3	6,20	168,2	117,3	16,0	6,80	9,80	13,48	2,07	70,20
PT 14	29,1	6,44	238,0	165,0	24,0	10,69	14,17	11,55	1,79	90,26
PT 15	30,8	6,52	130,0	91,2	11,2	5,83	8,37	7,70	0,42	65,18
PT 17	29,0	6,65	108,0	75,3	12,8	2,92	9,80	13,48	0,67	50,14

Os valores de temperatura encontrados não apresentaram grandes variações, o que segundo Krieger (2000) pode ser explicado pelo fato de que as águas subterrâneas respondem a média anual das temperaturas atmosféricas do local, e que pode aumentar de acordo com a profundidade (1°C a cada 33m em média).

Os valores apresentados na tabela 2 e 3 mostram que a média do pH entre o período seco e chuvoso é de 6,44, valor este que está dentro dos padrões estabelecidos, visto que a nova legislação vigente recomenda que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 à 9,5 para águas destinadas ao consumo humano.

Em águas naturais a dissociação de íons H<sup>+</sup> provenientes de ácidos carbônicos podem reduzir o valor do pH das águas assim como os carbonatos e os bicarbonatos podem elevar os valores de pH para a faixa alcalina (ESTEVES, 1988). As disposições inadequadas de efluentes domésticos e industriais, ou ainda, pelo intemperismo de rochas e da erosão de áreas agrícolas com uso de corretivos e fertilizantes, também podem ser agravantes da Alcalinidade das nas águas. (Conte *et al.* 2001 *Apud* FRANCA *et al.* 2006).

Segundo Esteves (1998) Devido à grande quantidade de fatores que podem influenciar a mudança do potencial hidrogeniônico (pH), essa variável torna-se difícil de ser interpretada, mas mesmo assim, pode ser considerada uma das variáveis mais importantes na determinação da qualidade das águas.

Com relação à condutividade elétrica podemos observar que entre o período chuvoso e seco não houve grandes variações dessa variável em nenhuma amostra coletada, porém o PT07 destacou-se com maior condutividade nos dois períodos com os valores 372 e 369 μS/cm (respectivamente chuvoso e seco) e o PT17 com os menores valores: 113,8 e 108 μS/cm (respectivamente chuvoso e seco). Essa baixa variação apresentada nas tabelas 2 e 3 entre os períodos, provavelmente está relacionado com a baixa intensidade das chuvas, pois segundo a FUNCEME (2012) o município teve uma pluviosidade de 107 mm no mês de maio/2011 com chuvas apenas nos dias 3,4,5 e 18 e no mês de novembro/2011 uma pluviosidade de 45 mm com chuvas nos dias 3,4 e 29.

A Condutividade elétrica é diretamente proporcional a quantidades de íons e sólidos dissolvidos presentes na água e também com a temperatura na ordem de 2%/°C (KRIEGER, 2000).

A portaria n° 2.914 estabelece que o valor máximo de sólidos dissolvidos totais permitidos em águas para o consumo humano não ultrapasse 1000 mg/L, então temos que os resultados apresentados para sólidos estão de acordo com a legislação.

Com relação às quantidades de cálcio e magnésio, os resultados não se mostraram com quantidades significativas, sendo o PT07 com as maiores concentrações tanto no período seco (30,4 mg/L de cálcio e 14,58mg/L de magnésio) quanto chuvoso (25,12mg/L de cálcio e 14,30mg/L de magnésio).



Apesar da legislação não estabelecer valores máximos permitidos de íons de cálcio e magnésio para potabilidade, ela estabelece valores para dureza total (500mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ), Segundo Krieger (2000) isso deve pelo fato de que os íons  $\text{Ca}^{2+}$  serem muito solúveis e facilmente precipitáveis como  $\text{CaCO}_3$  devido à influência da alteração do pH. Já o magnésio possui propriedades semelhantes a do  $\text{Ca}^{2+}$ , muito solúvel, porém pouco precipitável como  $\text{Mg(OH)}_2$ , sendo este associado à dureza de magnésio. É comum encontrar concentrações entre 10 e 250 ppm de  $\text{Ca}^{+2}$  e de 1 à 100 ppm de  $\text{Mg}^{+2}$  em águas doces.

As concentrações média de sódio ( $\text{Na}^{2+}$ ) encontradas foram de 11,11 e 6,16 mg/L (respectivamente para o período seco e chuvoso), estes valores considerados excelentes, pois encontram-se bem abaixo dos valores máximos permitidos para portaria de saúde que é de 200mg/L. O íon  $\text{Na}^{2+}$  possui uma solubilidade muito elevada e geralmente está associado com o íon cloreto, sulfeto e hidróxido. O Cloreto de sódio é utilizado como conservantes de peles nos curtumes e o sulfeto de sódio são insumos utilizados no processo de curtimento, e são encontrados nos lodos provenientes de tratamento de efluentes (KRIEGER, 2000).

As concentrações de cloretos encontradas nas águas de todos os poços encontram-se dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria Nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011, porém o PT07 apresentou concentrações consideravelmente superiores aos demais poços, tanto no período chuvoso quanto no seco.

Dentre as águas dos poços analisados apenas o PT07 apresentou uma concentração de nitrato acima da concentração máxima permitida pelos padrões da legislação que é de 10 mg/L. De acordo com Schafran e Driscoll (1987), uma elevada concentração de nitrato, juntamente com um alto teor de cloreto, em águas subterrânea nos leva à uma forte indicação de poluição águas residuárias doméstica. Já segundo FOSTER e GOMES (1989) nitratos podem ser resultantes de degradação por micro-organismo de substâncias orgânicas nitrogenadas. Em águas subterrâneas o nitrato indica que há fonte de contaminação por esgoto doméstico (fossas), lixo, fertilizantes agrícolas, agrotóxicos e efluentes ou resíduos industriais e ainda a sua presença em águas destinadas ao consumo humano pode causar uma doença chamada de metahemoglobinemia em crianças. (CETESB,1998).

Os valores de bicarbonatos encontrados, com exceção dos poços PT10 e PT17 que apresentaram 30,68 e 35,21 mg/L respectivamente, em período, encontram-se dentro da média proposta por Krieger (2000) que é de 50 a 350 mg/L.

Os íons bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos conferem a alcalinidade das águas naturais, os dois primeiros não sendo reduzíveis nem oxidáveis nessas águas, porém precipitam com facilidade em forma de  $\text{CaCO}_3$ , esses três íons estão em função do pH. Contudo a alcalinidade não apresenta importância sanitária para água potável. (KRIEGER, 2000)

## CONCLUSÕES

Com os resultados apresentados neste trabalho, podemos observar que há uma forte indicação que às águas proveniente de alguns poços, podem esta sendo comprometidas com poluição, pois dentre os parâmetros analisados, às águas de um dos poços estudado neste artigo encontram-se fora dos padrões estabelecidos pela legislação em relação a concentração de nitrato, esse fato pode está diretamente ligada com a poluição do Riacho dos Macacos por meio de esgotos domésticos e também industriais, este riacho constitui um dos principais meios de recarga do aquífero estudado sendo necessário maior estudo e monitoramento permanente para quantificar os fatores poluidores em questão, afim de apresentar alternativas para a preservação desses mananciais subterrâneos.

## AGRADECIMENTOS

Em especial ao Laboratório de Hidroquímica do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará (Fortaleza), onde foram realizadas às análises dos parâmetros avaliados.



## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20.ed. Washington D C. 1998.

CETESB. Relatório de qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo: 1997. São Paulo: CETESB, 1998, pag – 106.

CONAMA. Resolução nº 357, de 2005. **Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Brasil**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2005.

KRIEGER, E. I. F. **Avaliação da Contaminação das Águas Subterrâneas na Área de Influência da Usina de tratamento de Resíduos S/A – UTRESA, em Estância Velha (RS)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência / FINEP, pag – 575, 1988.

FOSTER, S.; GOMES, D. C. **Monitoreo de La calidad de las aguas subterráneas: una evaluación de métodos e costos**. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Medio Ambiente – CEPIS, 1989.

FRANCA, R. M.; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M. R. P.; MENDONÇA, L. A. R.; BESERRA, M. C. **Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte-CE**. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 11, p. 92, 2006.

FUNCEME, Gráfico de chuvas dos postos pluviométricos. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/tempo/grafico-de-chuvas-dos-postos-pluviometricos>>. Acesso em julho de 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil básico municipal – Juazeiro do Norte, 2011**. Governo do Estado do Ceará Secretaria do Planejamento e Gestão, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – *Cidades@* - Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 16/06/2012

MENDONÇA, L. A. R. *et al.* **Isotope measurements and ground water flow modeling using MODFLOW for understanding environmental changes caused by a well field in semiarid Brazil**. Environmental Geology, Springer-Verlag GmbH, v. 47, n. 8, p. 1045-1053, 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. **Normas e padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2011.

MOURÃO, M. A. A. **Projeto: Implantação de Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas**. Recursos Hídricos. Programa de Aceleração ao Crescimento – PAC. 2009.

RODIER, J. **L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux residuales, eaux de mer**. 5.ed. Paris: Dunod, v.1, 1975. 629p.



SANTIAGO, M. F; SILVA, C. M. S. V; FILHO, J. MENDES; FRISCHKORN. H. **Characterization of groundwater in the cariri (Ceara, Brazil) by environmental isotopes and electric conductivity.** Radiocarbon, v. 39, p. 49-59, 1997.

SCHAFFRAN, G. C; C. T. Driscoll (1987). **Groundwater inputs of inorganic nitrogen to an acidic lake.** Abstracts of the American Water Resources Association Symposium: Monitoring, Modeling, and Mediating Water Quality. Syracuse, NY.