



Caracterização das águas subterrâneas provenientes de poços tubulares localizados às margens do Riacho dos Macacos para irrigação em Juazeiro do Norte-CE

**Charleston de Oliveira Bezerra¹, Ícaro Levi Tavares Anízio de Souza¹, João Roberto Façanha de Almeida²
Joana Paula Menezes Gomes¹, Iacy Maria Pereira de Castro¹, Jéssica Bezerra de Sousa¹**

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 Profº do IFCE – Campus Juazeiro. e-mail: jr Roberto@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. Essas alterações na composição iônica podem alterar também a qualidade das águas destinadas à irrigação. Diante essa problemática, o presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a qualidade físico-química das águas subterrâneas de poços que estão localizados às margens do Riacho dos Macacos na cidade de Juazeiro do Norte-Ceará, para irrigação, bem como classificar as águas quanto o seu potencial de salinização. Para isto foi elaborado o diagrama do United States Salinity Laboratory (USSL), o diagrama de Piper e também o diagrama de Schöller & Berkloff para se verificar a potabilidade dessas águas. Dentre as amostras de águas subterrâneas analisadas, 50% apresentaram altas concentrações de nitrato e 75% apresentaram risco médio de causar salinização dos solos se usadas para irrigação, esse fato pode está diretamente ligada com a poluição do Riacho dos Macacos por meio de esgotos domésticos e também industriais.

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

1. INTRODUÇÃO

O Município de Juazeiro do Norte com uma área de 248,55 km² 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 semi-árido e tropical quente semi-árido branco com pluviosidade média anual de 925,1 mm tendo seu período chuvoso distribuído entre os meses de janeiro à maio (IPECE, 2011).

A bacia hidrográfica do Salgado é a que apresenta o maior uso de água subterrânea para fins de consumo, das quais quase 100% das cidades de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, possuem como fonte hídrica direta ou indireta o manancial subterrâneo, o que constitui 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, aspectos de uso e ocupação dos terrenos e também ao nível de atendimento das populações às medidas de 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, a ausência de saneamento básico (40,32% de cobertura no cenário local de Juazeiro do Norte, IPECE, 2011), bem como atividades agrícolas que se utilizam de diversos produtos químicos para otimizar a produção e combate de insetos nas plantações, também o crescimento industrial acentuado 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 conseqüentemente comprometendo também a qualidade das águas subterrâneas que abastecem não só o município de Juazeiro do Norte mas também as cidades do entorno.



A água é um bem dotado de valor econômico, social, biológico e ambiental, e esta é necessária para a existência e manutenção de todos os seres vivos, assim como as águas subterrâneas que representam um dos mais importantes recursos naturais de uma nação visto que apresentam uma excelente fonte para irrigação, abastecimento público não só para atual mas também para as gerações futuras.

Segundo Shalhevet e Kamburov (1976) a composição iônica bem como a qualidade das águas destinadas à irrigação, estão em função da zona climática, da fonte da água de captação, do trajeto percorrido, da época do ano e ainda da geologia da região. Dependendo da quantidade sais dissolvidos nas águas, podem ter como origem os processos de intemperismo de rochas e dos solos (RHOADES et al., 1992).

Embora uma das fontes principais da origem dos sais encontrados no solo sejam devido a intemperização, raros são os exemplos em que a mesma tenha provocado, de forma direta, problemas de salinidade no solo, sendo mais comum esses problemas estarem relacionados à água de irrigação e à presença de lençol freático elevado (SANTOS, 2000).

Diante essa problemática, o presente trabalho tem como objetivo principal, avaliar a qualidade físico-química das águas subterrâneas de poços que estão localizados às margens do Riacho dos Macacos na cidade de Juazeiro do Norte-Ceará, para irrigação, bem como classificar as águas quanto o seu potencial de salinização.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização dos pontos de coleta

O município de Juazeiro do Norte possui grande parte do seu território por águas subterrâneas proveniente de uma bateria de 18 poços (MENDONÇA *et al.* 2005), dos quais alguns desses poços estão localizado às margens do Riacho dos Macacos (Figura 1), esses poços tem profundidades que variam de 32 à 240 metros, podendo captar um volume de até $300 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ e devido essa intensa exploração e a falta de saneamento básico, faz com que em períodos de seca, a drenagem natural do riacho dos macacos, seja totalmente substituída por águas residuárias provenientes de residências domésticas, fábricas e indústrias. (SANTIAGO, 1997).

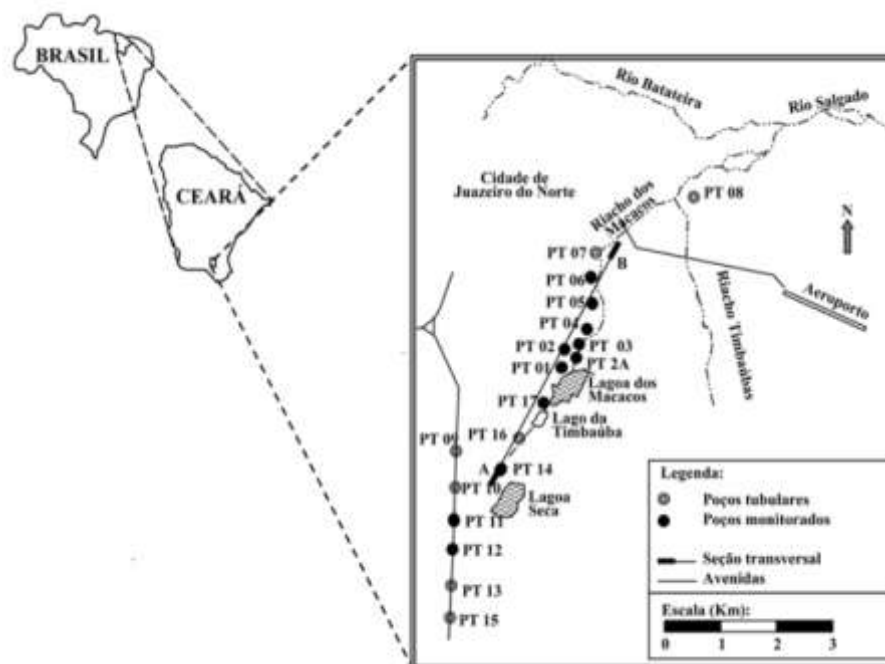


Figura 1 – Bateria de poços da cidade de Juazeiro do Norte-CE. Fonte: Adaptado de MENDONÇA, *et al.* 2005



2.2 Amostragem e Métodos de Análises

Foram coletadas amostras de dois litros de águas (em garrafas limpas e secas), provenientes dos poços localizados às margens do Riacho dos Macacos na cidade de Juazeiro do Norte-CE, os poços escolhidos estão inseridos em áreas críticas e vulneráveis à níveis de poluição, são eles: PT01, PT02, PT03, PT05, PT06, PT07, PT14 e PT 17. A coleta aconteceu em uma única etapa no dia 22 de novembro de 2011 sendo esse período marcado por estiagem na região, as amostras foram condicionadas em isopôs com gelo e em seguida foram encaminhadas para laboratório de Hidroquímica do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará onde foram analisados os seguintes parâmetros: Sólidos dissolvidos totais, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na, K, Cl, SO_4 , N-NO_3 , HCO_3 , além das variáveis físicas analisadas no momento da coleta: pH, Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

A metodologia utilizada para a análise dos parâmetros citados foi baseada nos métodos padrões de APHA (1998). Com intuito de classificar as águas subterrâneas para irrigação foi elaborado o diagrama do United States Salinity Laboratory (USSL) bem como o diagrama hidroquímico para classificação das águas pelos íons dominantes (PIPER) com a utilização do pacote computacional QualiGraf, desenvolvido por Möbus. Também foi confeccionado o diagrama de Schöller & Berkaloff com o software livre Diagrammes Version 5.7 desenvolvido pela Universidade de Avignon, para se verificar alguns parâmetros padronizados relacionados à potabilidade das águas para consumo humano estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde N° 2.914 de 12 de Dezembro 2011.

3. RESULTADOS E DISCURSÕES

Os resultados apresentados na tabela 1 são referentes às análises físico-químicas das amostras de águas subterrâneas provenientes dos poços estudados.

Tabela 1 – Resultados Laboratoriais das Análises físico-químicas das amostras coletas no período seco (22/11/2011)

AMOSTRA	T $^{\circ}\text{C}$	PH	$\mu\text{S}/\text{cm}$			mg/L						
			Conduct.	STD		Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	N-NO3
PT 01	28,5	6,34	384	269	32,0	14,58	20,14	7,04	44,28	11,25	7,62	110,31
PT 02	29,7	6,23	368	257	30,4	12,64	17,13	10,57	50,06	3,67	16,79	95,27
PT 03	32,3	6,34	347	245	30,4	15,55	15,65	7,04	40,43	8,44	10,60	95,27
PT 05	31,4	-	322	224	12,8	13,61	24,74	5,28	15,40	9,98	-	125,36
PT 06	30,7	6,73	383	268	24,0	16,52	27,85	8,80	40,43	14,06	10,87	100,28
PT 07	30,7	6,45	369	258	30,4	14,58	18,63	8,80	38,50	16,65	10,23	100,28
PT 14	29,1	6,44	238	165	24,0	10,69	14,17	3,52	11,55	8,85	1,79	90,26
PT 17	29,0	6,65	108	75.3	12,8	2,92	9,80	3,52	13,48	0,26	0,67	50,14

Na figura 2 podemos constatar que 100% das águas coletadas são águas bicarbonadas, cálcicas ou até mesmo magnesianas, porém as amostras dos poços PT01, PT02, PT03, PT06 e PT07 aproximam-se bastante da classificação de águas sulfatadas ou cloretadas ou cálcicas ou também magnesianas, 100% dessas amostras são classificadas em relação aos cátions como águas mistas e com relação aos seus ânions, como águas bicarbonadas.

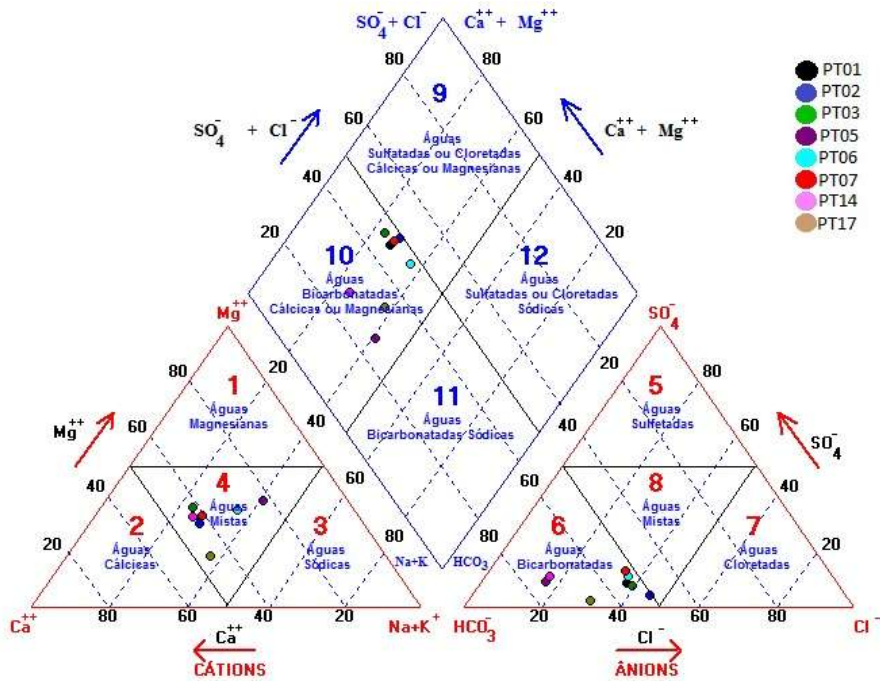


Figura 2 – Diagrama de Piper para as águas subterrâneas proveniente dos poços estudados em Juazeiro do Norte.

No diagrama de CE vs RAS (figura 3) constatamos que a maioria das águas provenientes dos poços amostrados, com exceção somente dos poços PT14 e PT17, os demais apresentam médio risco de capacidade de salinização, ou seja devido a presença significativa de teores de sólidos dissolvidos.

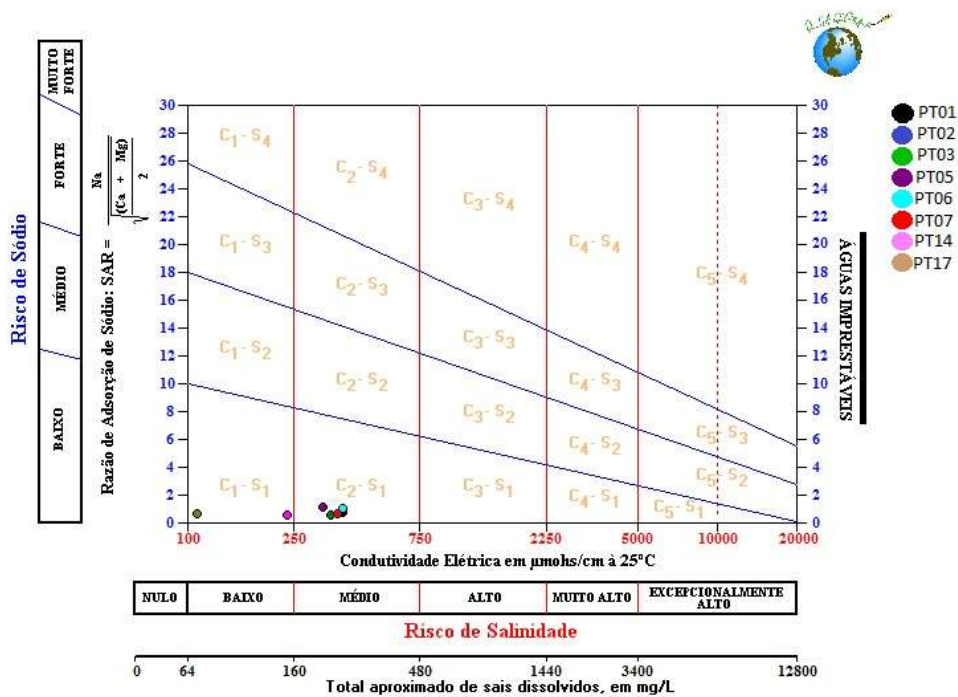


Figura 3 – Diagrama de CE VS RAS para classificação as águas subterrâneas proveniente dos poços estudados em Juazeiro do Norte



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 1 mostram que a média do pH 6,5 está dentro dos padrões estabelecidos, visto que a nova legislação vigente (Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914 de 12 de Dezembro 2011) 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^+ 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).

Dentre todos os parâmetros analisados, as águas dos poços analisados os poços PT02 PT03 PT06 PT07 apresentaram 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 subterrâneas nos leva a 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).

Com o diagrama de Schöller e Berkloff (figura 4) podemos observar os demais parâmetros analisados, esse diagrama nos mostra simplificada a presença dos íons analisados com intuito de podermos analisar os padrões de potabilidade estabelecido pela legislação.

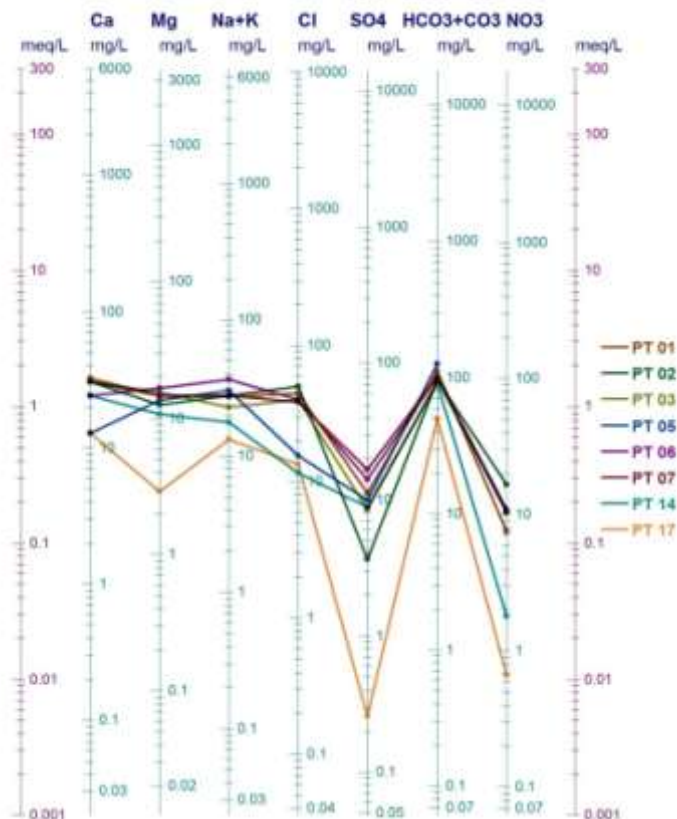


Figura 4 - Diagrama de Schöller e Berkloff para potabilidade das águas subterrâneas dos poços em estudo



4. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho mostram que é evidente que às águas proveniente de alguns poços, estão sendo comprometidas com poluição, pois dentre as águas dos poços analisados 50% apresentaram altos concentrações de nitrato e que 75% apresentaram risco médio de causar salinização dos solos se usadas para irrigação, esse fato pode está diretamente ligada com a poluição do Riacho dos Macacos por meio de esgotos domésticos e também industriais, porem é 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.

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 águas subterrâneas: uma evaluación de métodos e custos**. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Meio 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.

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.



RHOADES, J. D; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola.** Tradução de H.R. Gheyi, J.R. de Sousa, J. E. Queiroz. Campina Grande, UFPB, 1992. 117p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48)

RODIER, J. **L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, 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.

SANTOS, J. G. R. **A salinidade na agricultura irrigada: teoria e prática.** Campina Grande: UFPB, 2000. 171p.

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.

SHALHEVET, J.; KAMBUROV, J. **Irrigation and salinity: a world-wide survey.** New Delhi, International Commission on Irrigation and Drainage, 1976. 106p.