

## QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS TUBULARES PARA FINS DE IRRIGAÇÃO, NO MUNICÍPIO DE NAZAREZINHO - PB

Francisco de Sales Oliveira Filho; Edvanildo Andrade da Silva; José Ramon Afonso da Silva; Lidiana Vitória Calisto Alencar; Eliezer da Cunha Siqueira

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, E-mails: francisco.filho@ifpb.edu.br; edvaildo@hotmail.com; ramonafonso016@gmail.com; lidiane\_sos@hotmail.com; eliezer.siqueira@ifpb.edu.br*

**Resumo:** A irrigação possibilita, aos agricultores do sertão paraibano, manter níveis satisfatórios de produtividade, em suas áreas de cultivo, contudo o conhecimento da qualidade da água e de técnicas de manejo adequadas, para o não comprometimento da qualidade dos solos e, conseqüentemente, o crescimento e desenvolvimento vegetal, tornam-se indispensáveis. Neste sentido, o objetivou-se avaliar a qualidade físico-química da água de poços tubulares, utilizados para fins de irrigação, na região de Nazarezinho, PB. Para tal, foram coletadas 20 amostras de água, ente os meses de março e julho de 2017, de poços tubulares, com profundidade média de 50 m, para avaliação dos parâmetros físico-químicos pH, condutividade elétrica, cloretos e sulfatos, carbonatos e bicarbonatos, carbonato de cálcio, potássio, cálcio, magnésio, sódio, razão de adsorção de sódio. Com base nos resultados encontrados no estudo, foi possível constatar que, a água da maioria dos poços analisados encontra-se dentro dos limites aceitáveis para o uso na irrigação de espécies vegetais, não se enquadrando nas classes de risco de sodificação do solo e com mediana possibilidade de se provocar salinização. O possível efeito tóxico nas culturas, sobretudo em virtude de altas concentrações de cloretos, também não foi observado, sendo que 95% das águas podem ser utilizadas via irrigação superficial e 85% por aspersão, sem nenhum risco. Com base no modelo de classificação de uso para irrigação, utilizado, concluiu-se que 60% das águas foram classificadas como C2S1, salinidade média e baixa quantidade de sódio, e 40% como C3S1, salinidade alta e baixo teor de sódio. Para possibilitar o uso sustentável das águas analisadas, para irrigação, faz-se necessário investimento em sistemas de irrigação eficientes e em construção de sistemas de drenagem, nas áreas a serem cultivadas.

**Palavras-Chave:** água subterrânea, água salina, agricultura irrigada, razão de adsorção de sódio

### Introdução

O sertão paraibano, cuja superfície geográfica encontra-se inserida na região delimitada pelo polígono das secas, ao longo de sua história, tem enfrentado sérios problemas, no que diz respeito ao desenvolvimento da agricultura, especialmente, em virtude das condições climáticas desfavoráveis ao alto regime pluviométrico, que por sua vez agrava-se devido à distribuição irregular destas precipitações, tanto no tempo como no espaço, inviabilizando, quase que totalmente, o cultivo de sequeiro.

Aliado as questões climáticas, outro fator de destaque, no semiárido nordestino, que agrava a escassez hídrica, são as características das estruturas geológicas, que não permitem o acúmulo satisfatório de água no subsolo, como também, favorecem ao aumento nas concentrações de sais dissolvidos, cujos níveis elevados inviabilizam o uso destas águas para fins de irrigação.

Embora a baixa retenção de água em solos de origem cristalina, seja uma característica conhecida e típica do semiárido nordestino, na maioria dos casos, esta é a única fonte de água disponível para os agricultores durante boa parte do ano, inclusive no período das chuvas.

No Brasil, da mesma forma que em outras partes do mundo, a utilização das águas subterrâneas tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas, e as indicações são de que essa tendência deverá continuar. Relatos históricos comprovam que as águas subterrâneas são utilizadas desde o início da colonização, em decorrência da expansão dos colonos portugueses para o interior, principalmente na região de rochas cristalinas do Nordeste, com grandes áreas desprovidas de água em superfície (PEDROSA; CAETANO, 2001).

A Qualidade da água para fins agrícolas é um termo que se utiliza para indicar a conveniência ou limitação de seu uso para fins de irrigação onde, faz-se necessário a sua avaliação para posterior planejamento e manejo de irrigação (CARNEIRO et al., 2012). Conforme Alves et al. (2009), a utilização de água de irrigação de baixa qualidade pode acarretar problemas de operacionalização em sistemas de irrigação, interferindo nas propriedades do solo bem como na qualidade da cultura irrigada.

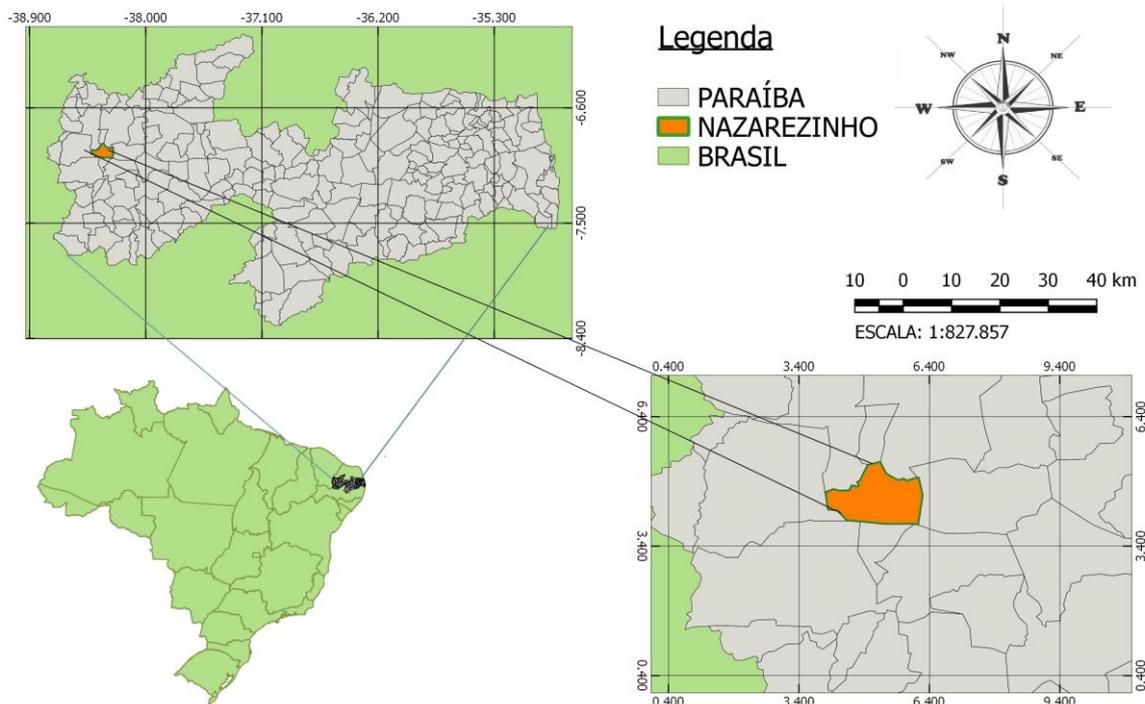
Os principais parâmetros físico-químicos empregados para avaliar a qualidade da água para fins de irrigação, segundo Vasconcelos et al. (2013), são: o pH, condutividade elétrica, a dureza e a concentração de elementos químicos como, sódio(Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cloretos (Cl), sulfatos (SO<sub>4</sub>), carbonatos (CO<sub>3</sub>) e bicarbonato (HCO<sub>3</sub>).

A classificação de água para fins de irrigação é um recurso que fornece uma base para prever com razoável confiança o efeito geral da sua utilização sobre o solo e a planta e sob o sistema de irrigação e uma das formas de se classifica-la é tomando como base uma combinação entre a relação de adsorção de sódio (RAS), que, segundo Bernardo et al. (2006), avalia a concentração de sódio em relação aos íons Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> e a concentração total de sais, formando, assim, 16 classes de água que variam de C1 a C4 e de S1 a S4, em todas as combinações possíveis, conforme adotado pelo Laboratório de Solo dos Estados Unidos, criado em 1954 (CORDEIRO, 2001).

O uso de águas subterrâneas para agricultura é uma prática comum em regiões secas, contudo a falta de conhecimento a cerca de sua qualidade para fins de irrigação é comumente visualizada, e, dessa forma, o presente trabalho objetiva avaliar a qualidade da água de poços tubulares para fins de irrigação, sob os aspectos de salinidade, sodicidade, toxicidade, através de parâmetros químicos e físicos da água utilizada por pequenos produtores hortícolas do município de Nazarezinho, PB.

### **Metodologia**

O trabalho foi conduzido em diferentes unidades de produção de agricultores familiares do município de Nazarezinho, PB (Figura 1), entre as coordenadas geográficas de -38.327 de latitude e -6.948 de longitude.



**Figura 1.** Localização da área onde se encontram os poços tubulares estudados.

As coletas foram realizadas no período da manhã em garrafas de polietileno com capacidade de 1L nos meses de fevereiro e julho/2017. Esses meses foram escolhidos em função do período de chuva e estiagem, o que poderá influenciar na qualidade da água para irrigação. Após o procedimento de coleta, as garrafas foram acondicionadas em caixas de isopor contendo gelo e transportadas imediatamente para o laboratório de Análise de Solos e Água do Instituto Federal da Paraíba, Campus Sousa, onde foram preservadas e analisadas.

As análises foram realizadas segundo a metodologia de Silva e Oliveira (2001). Onde os parâmetros analisados para avaliar a qualidade da água para fins de irrigação foram: pH, condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca), sódio (Na), potássio (K), fósforo (P), e cloreto (Cl). Foi estimado os sólidos Totais (ST) tomando como referência os valores de CE. A partir das concentrações dos íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , calculou-se a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) em  $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ . A RAS foi determinada com base na equação 1.

Equação 1.

$$\text{RAS} = \frac{\text{NA}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

Para a interpretação dos resultados foi utilizado como diretrizes os limites das classes de restrição de uso para irrigação determinados por Ayers e Westcot (1991). Os limites das classes estão explícitos na Tabela 1, representando três graus de restrições de uso: (nenhuma restrição, ligeira a moderada restrição e restrição severa).

**Tabela 1.** Classes de restrição de uso para irrigação.

Variáveis	Classes de restrição		
	Nenhuma	Moderada	Severa
CE (dS m <sup>-1</sup> )	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0
Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	< 3,0	3,0 a 9,0	> 9,0
Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	< 5,0	5,0 a 15	> 15,0
CO <sub>3</sub> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	< 0,1	0,1 a 0,2	> 0,2
HCO <sub>3</sub> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	< 1,5	1,5 a 8,5	> 8,5
Cl <sup>-</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	< 4,0	4,0 a 10,0	> 10,0
SO <sub>4</sub> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	< 10	10,0 a 30,0	> 30,0
CSR (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	< 1,25	1,25 a 2,5	> 2,5
Ph	Faixa normal		6,5 a 8,4

Para os pontos amostrados foi avaliado o risco de problemas de infiltração, de acordo com os limites estabelecidos na Tabela 2, com as classes de restrição de uso para irrigação com risco de sodificação do solo, combinando a RAS e a CE da água de irrigação.

**Tabela 2.** Critérios para classificação da restrição de uso das águas quanto aos parâmetros de CE e RAS.

RAS	Classe de restrição para uso de irrigação		
	Nenhuma	Moderada CE dS m <sup>-1</sup>	Severa
0 a 3	> 0,7	0,7 a 2,0	< 0,2
3 a 6	> 1,2	1,2 a 0,3	< 0,3
6 a 12	> 1,9	1,9 a 0,5	< 0,5
12 a 20	> 2,9	2,9 a 1,3	< 1,3
20 a 40	> 5,0	5,0 a 2,9	< 2,9

A toxicidade das águas de irrigação foi avaliada quanto à presença dos íons cloretos e sódio, que mesmo em concentrações baixas têm efeitos tóxicos aos vegetais. Foram definidas três classes de risco quanto à toxicidade das plantas, Ayers e Westcot, (1991), os quais se acham definidos na Tabela 3, abaixo.

**Tabela 3.** Restrição quanto à toxidade para íons cloreto e sódio (RAS)

Íon	Classe de restrição para uso de irrigação		
	Nenhuma	Ligeira	Moderada
<b>Sódio (RAS mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>)</b>			
Irrigação superficial	< 3	3 a 9	> 9
Aspersão	< 3	> 3	-
<b>Cloreto (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>)</b>			
Irrigação Superficial	< 4	4 a 10	> 10
Aspersão	< 3	> 3	-

### Resultados e discussão

A avaliação da qualidade da água para fins de irrigação é indispensável para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável, uma vez que reflete o potencial de interferência nos processos de crescimento e desenvolvimento vegetal. Observa-se na tabela 4 os resultados médios dos parâmetros físico-químicos relacionados à qualidade da água para irrigação, onde ficou evidente as diferenças qualitativas das águas, existentes entre os diferentes poços da região estudada.

Com base nos dados da tabela 4, abaixo, e considerando-se as classes de restrição de uso da água para irrigação propostos por Ayers e Westcot (1991), é possível observar, que todas as amostras de água possuem algum tipo de restrição para o uso na irrigação de plantas hortícolas, com exceção apenas ao parâmetro pH pois, todos os poços possuem água dentro dos limites aceitáveis para esta finalidade, uma vez que a amplitude observada foi de 6,9 a 8,3, respectivamente, para Sítio Poço Redondo e Sítio Trapiá de Cima, corroborando com o disposto anteriormente. Almeida (2010) complementa, ao relatar que um pH ideal para água de irrigação situa-se entre 6,5 e 8,4, onde valores, fora desta faixa, são considerados indicadores de anormalidade da qualidade da água ou de presença de íons tóxicos para muitas das plantas agricultáveis. A Resolução CONAMA 357/2015, estabelece uma faixa de pH entre 6,0 e 9,0, para que a água de irrigação seja considerada adequada.

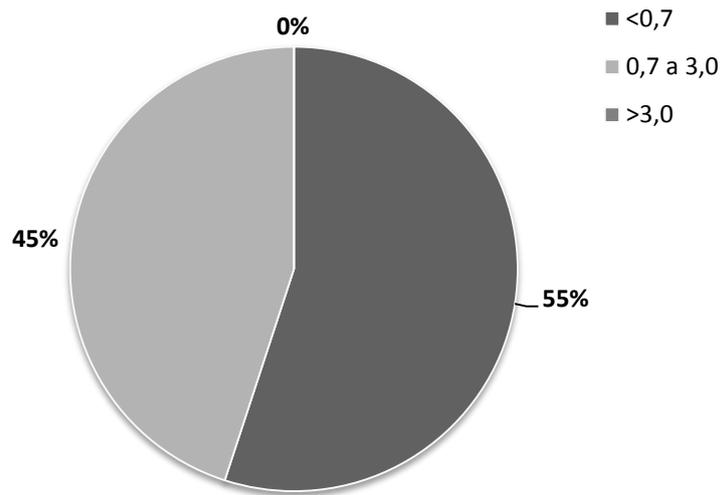
Ao se tratar da influência da qualidade da água em sistemas de irrigação localizado, em situações onde o pH ultrapassa a faixa de 8,4 é possível se constatar problemas de entupimento nos sistemas de irrigação localizados, dada a precipitação do  $\text{CaCO}_3$  (SILVA et al., 2011).

**Tabela 4.** Valores médios dos diferentes parâmetros físico-químicos das diferentes amostras de água coletadas na região de Nazarezinho, PB.

Amostra	pH	CE dS m <sup>-1</sup>	RAS	K <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	CaCO <sub>3</sub> mg L <sup>-1</sup>
					Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>						
Zona Urbana	7,0	1,51	0,11	0,26	0,25	7,4	2,7	0,66	0,00	2,95	5,50	607,0	
Sítio Genipapeiro	7,4	0,62	0,07	0,10	0,11	3,0	2,0	0,05	0,00	1,00	1,60	251,0	
Sítio Timbauba	7,3	0,59	0,07	0,10	0,11	3,2	1,4	0,01	0,00	0,75	1,10	243,0	
Sítio Malhada da Areia	7,6	0,68	0,08	0,21	0,13	3,4	1,6	0,09	0,00	1,05	1,70	284,0	
Sítio Poço Redondo	6,9	0,76	0,08	0,19	0,13	3,1	2,4	0,08	0,00	1,75	3,10	313,0	
Sítio Boa Vista	7,0	0,62	0,08	0,24	0,13	2,8	2,0	0,05	0,00	1,10	1,80	248,0	
Sítio Trapia de Cima	8,3	0,69	0,24	0,08	0,41	1,6	4,4	0,02	0,92	12,32	1,20	271,0	
Sítio Carnaúba	7,5	0,62	0,78	0,04	1,15	1,6	2,7	0,10	0,00	10,38	1,90	245,0	
Sítio Boa Fé	7,4	0,62	0,69	0,11	1,04	1,5	3,0	0,01	0,00	11,68	1,30	244,0	
Campo de Fora	7,4	0,46	0,56	0,03	0,68	1,2	1,8	0,06	0,00	6,50	0,60	181,0	
Saco de Areia	7,8	0,73	1,74	0,11	2,24	1,5	1,8	0,06	0,00	9,92	2,80	285,0	
Sítio Escondido	7,6	0,61	0,85	0,13	1,25	1,8	2,5	0,01	0,00	13,64	0,40	240,0	
Tabuleiro Redondo	7,5	0,69	0,78	0,05	1,14	1,7	2,6	0,08	0,00	9,52	2,20	273,0	
Sítio Goiabeira	7,8	0,87	0,93	0,09	1,64	2,4	3,8	0,18	0,00	11,40	3,00	344,0	
Cedro de Cima	7,4	0,86	1,20	0,08	2,03	3,2	2,5	0,18	0,00	15,16	1,90	338,0	
Sítio Jordão	8,0	0,77	1,37	0,14	1,96	1,3	2,8	0,05	0,00	14,88	1,30	304,0	
Sítio Olho d'Água	7,9	0,53	0,55	0,07	0,81	1,7	2,6	0,01	0,00	9,50	0,80	210,0	
Sítio Suçuarana	7,4	0,83	0,70	0,15	1,25	2,9	3,6	0,09	0,00	13,90	1,80	328,0	
Sítio Trapiá	7,5	0,76	1,15	0,12	1,75	2,5	2,2	0,08	0,00	11,20	2,00	297,0	
Sítio Saco	7,5	1,16	1,26	0,10	2,48	4,2	3,6	0,24	0,00	26,66	0,70	461,0	

Com relação a condutividade elétrica (CE), das 20 amostras analisadas, foi possível constatar que 11 poços (55%) (Figura 2.), possuem água de boa qualidade para irrigação, não havendo restrições para o uso, contudo, destacasse que os 45% restante, se classificam como sendo moderadamente restritas para tal finalidade, conforme parâmetros propostos por Ayers e Westcot (1991). Nos poços

do Sítio Campo de Fora e Sítio Saco foram observados o menor e maior valor de condutividade elétrica, com 0,46 e 1,16 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Destaca-se que o parâmetro CE, sugere indiretamente a concentração de sais na água, e a utilização de águas para irrigação com alta condutividade pode ocasionar a salinização do solo, levando a perdas na produção das plantas, além de comprometer por longos períodos as áreas dos cultivos, especialmente aquelas sob ambientes protegidos (SHI; YAO; YAN, 2009).



**Figura 2.** Divisão dos poços tubulares quanto às classes de restrição de uso para irrigação.

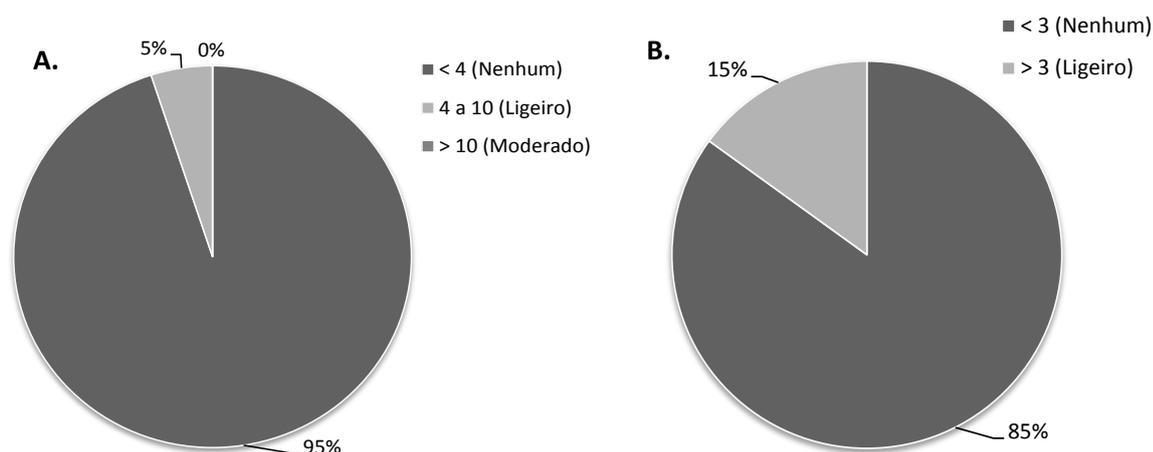
A RAS avalia a concentração de sódio em relação aos íons cálcio e magnésio. Todavia, essa característica deve ser analisada conjuntamente com a salinidade para melhor avaliação dos efeitos da água de irrigação na redução da capacidade de infiltração de um solo (BERNARDO et al., 2006). Neste sentido, os resultados observados nos levam a uma análise que possibilita a visualização de um cenário pouco preocupante no que se refere a problemas de infiltração no solo, a partir do uso das águas analisadas, para irrigação, uma vez que pôde-se observar que 55% das amostras se enquadram nas classes de nenhuma restrição (RAS entre 0 a 3 e CE < 0,7) e 45% em risco moderado (RAS entre 0 a 3 e CE 0,7 a 2,0). Destaca-se que a baixa infiltração em solos pode ser ocasionado pelo uso contínuo de água para irrigação com proporções elevadas de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, uma vez que o sódio desloca os íons de cálcio e magnésio adsorvidos causando a dispersão dos colóides. Ao considerar a classificação proposta pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, conclui-se que 60% das amostras de água (12 poços) são do tipo C2S1 e 40% (08 poços) se enquadram na classe (C3S1). No geral, todas as amostras de água possuem baixos teores de Na (S1), podendo, com isso, serem utilizadas, sem restrição, em diferentes tipos de solos, por não favorecerem ao processo de sodificação. Contudo, as mesmas podem favorecer ao processo de salinização do solo, de

forma moderada (C2), podendo ser utilizada sempre que o solo possuir um grau moderado de drenagem (60% das amostras) ou severa (C3) (40% das amostras) (Quadro 1).

**Quadro 1.** Distribuição das classes de água quanto ao risco de sodificação e salinização.

RISCO DE SODIFICAÇÃO			RISCO DE SALINIZAÇÃO		
CLASSE	Nº	%	CLASSE	Nº	%
S1	20	100,0	C0	0	0,0
S2	0	0,0	C1	0	0,0
S3	0	0,0	C2	12	60,0
S4	0	0,0	C3	8	40,0
-	-	-	C4	0	0,0
-	-	-	C5	0	0,0

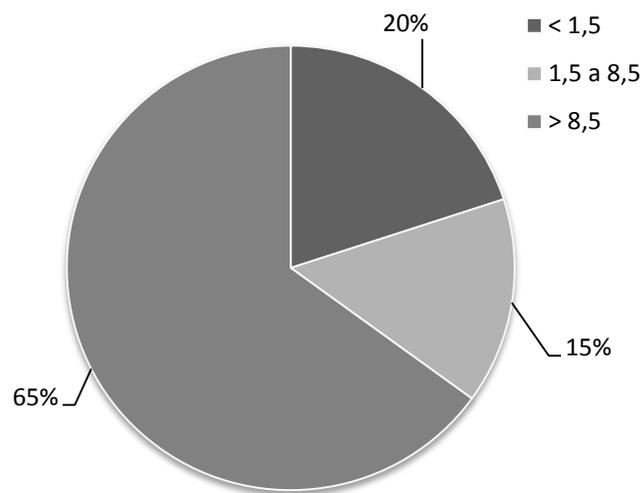
O íon cloreto pode ser considerado tóxico para os vegetais, mesmo em baixas concentrações, neste sentido, Ayers e Westcot, (1991), estabeleceram três classes de risco (nenhum, ligeiro e moderado) quanto à toxicidade desse íon as plantas, em função de sua concentração em água de irrigação e do sistema de aplicação utilizado. Com base nessa classificação, os resultados observados, leva a uma interpretação de que, 95% das amostras de água não possuem nenhum grau de toxidez em vegetais, quando aplicadas via sistemas de irrigação superficial (Figura 3A) e 85% quando aplicados via aspersão (Figura 3B).



**Figura 3.** Classificação de toxidez do íon cloreto em água, via irrigação superficial (A) e Irrigação por aspersão (B).

A concentração de  $\text{CO}_3$  e de  $\text{HCO}_3$ , na água para irrigação, constituem-se parâmetros importantes na avaliação do risco de sodificação do solo, visto que esses ânions, quando combinados com o

cátion cálcio, formam o carbonato de cálcio, sal de baixa solubilidade. Desta forma, a precipitação do carbonato de cálcio retira da solução parte do cálcio, interferindo na relação de a adsorção de sódio (BERNARDO et al., 2006; CARNEIRO et al., 2012). No presente estudo, com relação a estes parâmetros, foi observado que os teores de  $\text{CO}_3$  são nulos contudo, contatou-se, com relação ao  $\text{HCO}_3$ , que 65% das amostras enquadram numa condição de severamente restritas ao uso para irrigação, 15% são restrição moderada e 20% podem ser utilizadas sem nenhuma restrição (Figura 4).



**Figura 4.** Classificação de restrição de uso de água para irrigação em função dos teores de  $\text{CO}_3$  e  $\text{HCO}_3$ .

Os resultados foram comparados com os propostos por Ayers e Westcot (1991), que em seus estudos, propuseram três classes de restrição de uso de água para irrigação (nenhuma, moderada e severa) em função dos diferentes teores de  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$ .

## Conclusões

Á água dos poços da região de Nazarezinho, PB está classificada como sem restrição severas ao uso na irrigação de plantas hortícolas;

O uso, em irrigação, das águas de poços da região de Nazarezinho, PB, não acarreta problemas de sodificação dos solos contudo podem provocar problemas de salinidade;

No total de 12 poços tiveram a água classificada como C2S1 e 8 poços classificados como C3S1.

## Fomento

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, IFPB, Campus Sousa.

## Referências

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da Água de Irrigação**. Cruz das Almas – BA. Embrapa. 2010. 234p.

- ALVAREZ, V.M; LEYVA, J.C; VALERO, J.F; GORRIZ, B.M. Economic assessment of shadecloth covers for agricultural irrigation reservoirs in a semi-arid climate. **Agric Water Manage**, v. 96, n. 9, p. 1351-1359, 2009.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p.
- AYERS, R. S., WESTCOT, D. N. **A Qualidade da Água na Irrigação**. Campina Grande – PB: UFPB, 1999.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A., MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**, 8 ed. Viçosa: UFV, 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 357, de 17 de março de 2005. Classifica as águas doces, salobras e salinas e especifica os parâmetros e limites associados aos níveis de qualidade requeridos para seu aproveitamento. Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil, Brasília, 18 de março 2005.
- CARNEIRO, M. D. F; INGÁ, M.A.M; SILVA FILHO, H.A.; SANTOS, E.V.M.; ROLIM, H.O.
- CHAVES, J.R.. Avaliação da Qualidade da Água para Irrigação no Perímetro Irrigado Jaguaribe Apodi no Município de Limoeiro do Norte-Ce. VII CONNEPI, 2012.
- CORDEIRO, G.G. Qualidade da água para fins de irrigação (conceitos básicos e práticas), Petrolina, PE, Embrapa Semi-árido, 2001.
- FEITOSA, H. O. Qualidade da água utilizada para irrigação na extensão da microbacia do Baixo Acaraú. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 3, n. 1, p. 30-38, 2013.
- PPEDROSA, C.A.; CAETANO, F.A. **Águas subterrâneas**. Superintendência de Informações Hidrológicas, ANEEL – MMA/SRH – OMM, Brasília, 2002.
- SILVA, Í.N. FONTES, L.O.; TAVELLA, L.B.; OLIVEIRA, J.B. OLIVEIRA, A.C. Qualidade de água na irrigação, Agropecuária Científica no Semi-árido, v.7, p. 01 – 15, 2011.
- VASCONCELOS, R. S.; LEITE, K. N.; CARVALHO, C. M.; ELOI, W. M.; SILVA, L. M. F.; SHI, W. M.; YAO, J.; YAN, F. Vegetable cultivation under greenhouse conditions leads to rapid accumulation of nutrients, acidification and salinity of soils and groundwater contamination in South- Eastern China. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 83, n. 1, p. 73-84, 2009.