

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO EM DIFERENTES AQUÍFEROS NA ÁREA SEDIMENTAR DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE.

Maurício de Oliveira¹ e Celsemey Eleutério Maia²

RESUMO

Mais de 600 amostras de água de diferentes mananciais do semi-árido nordestino foram analisadas e estudadas a partir do banco de dados do Laboratório de Análises de Águas e Fertilidade do Solo, no Departamento de Solos e Geologia da Escola Superior de Agricultura de Mossoró. As análises físico-químicas permitiram avaliar a qualidade da água para irrigação, empregando-se índices clássicos da literatura, como Índice de Saturação de Langelier, CE, RAS, RAS_{aj} e RAS_{cor}. Na maioria das amostras estudadas observou-se que mais de 30% apresentam problemas devido ao risco de sodicidade (RAS elevada). A maior incidência de água com problemas de salinidade (elevada CE) e sódio ocorreu naquela proveniente de poços tubulares, que captam água de calcário ou aquíferos abastecidos diretamente pelo lençol freático. Dependendo do modo como se calculou a RAS, algumas amostras de água mudaram de classe, quando se empregou o ábaco desenvolvido pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (USSL).

Palavras-chave: água, físico-química, irrigação, razão de adsorção de sódio

QUALITY OF THE WATER FOR IRRIGATION IN DIFFERENT AQUIFERS IN AREA OF SEDIMENTS IN THE RIO GRANDE DO NORTE STATE, BRAZIL

ABSTRACT

More than 600 water samples from different aquifers in a semi-arid region of northeastern of Brazil were studied. The analyses were conducted using a database of the Laboratory of Analysis of Water and Soil Fertility of the Department of Soils and Geology of Escola Superior de Agricultura de Mossoró. The analyses of physical and chemical properties allowed the evaluation of the quality of the water for irrigation using classic indexes in literature such as Index of Saturation of Langelier (ISL), Sodium Adsorption Ratio (SAR), SAR adjusted (SAR_{aj}) and corrected SAR (SAR_{cor}). A large number of water samples presented salinity problems and high amounts of sodium in relation to the bivalent cations Ca and Mg. The largest incidence of water with salinity and sodium problems belonged to tubular wells. Depending on the way the SAR was calculated, some water samples shifted class when the abacus developed by United States Salinity Laboratory was used.

Key words: quality of water, irrigation, semi-arid, salinity, sodium

¹Professor Adjunto, Escola Superior de Agricultura de Mossoró, CP 137 - CEP 59625-900. E-mail solos@esam.br. Mossoró, RN

²Mestrando da Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos. E-mail celsemy@solos.ufv.br

INTRODUÇÃO

O conteúdo de sais na água empregada na irrigação tem grande variabilidade, dependendo do manancial em que é coletada e da formação geológica onde o mesmo está encravado, além de outros fatores ambientais que afetam diretamente os mananciais superficiais e, indiretamente, os aquíferos subsuperficiais (Davies & DeWiest, 1966). A qualidade da água para irrigação é avaliada não apenas pelo seu conteúdo total de sais mas, também, pela composição individual dos íons presentes. Alguns cátions e ânions, quando em excesso, podem trazer prejuízos ao solo (pelo efeito direto na sodificação) e às plantas cultivadas, dependendo do grau de tolerância destas aos sais (Ayers & Westcot, 1991, Richards, 1995, Zonn, 1986). Burt et al. (1995) atentam para outros aspectos importantes na avaliação da qualidade da água para a irrigação, como a possibilidade de precipitação de resíduos, principalmente quando a irrigação é praticada em condutos pressurizados e há interação da água com produtos fertilizantes (misturas), aplicados via fertirrigação. Para os autores, a aplicação de sais (fertilizantes minerais) e defensivos (herbicidas, fungicidas, acaricidas, nematocidas, etc.) via água de irrigação, pode apresentar problemas de precipitação ou volatilização, dependendo da qualidade da água a ser usada. A eficiência da adubação pode ser diminuída quando cuidados especiais não são tomados para melhorar as condições de equilíbrio químico nas águas em um programa de fertirrigação de uma cultura. Conclui-se do exposto que, para um monitoramento do nível de salinidade, dos riscos de precipitação de resíduos nas tubulações e da elevação do problema da sodicidade do solo há necessidade do conhecimento prévio da qualidade da água utilizada.

As análises de rotina efetuadas em laboratórios de água, determinações de pH e condutividade elétrica (CE), fornecem subsídios para se avaliar a possibilidade de precipitação de sais e a indução da salinidade em função da prática da irrigação. O cálculo da razão de adsorção de sódio (RAS) assume papel preponderante, posto que a combinação CE e RAS serve para avaliar os perigos que a água oferece, respectivamente, em termos de indução de salinidade e aumento nos teores de sódio na solução do solo. O uso da RAS, como proposto originalmente pelo Laboratório de Salinidade do Solo dos Estados Unidos (Richards, 1954) tem sido, no entanto, freqüentemente criticado por subestimar o risco de sodicidade e por não levar em consideração outros íons (ânions como HCO_3^- e CO_3^{2-}) sugerindo-se métodos de cálculos alternativos, como os da RAS ajustada (RAS_{aj}) e da RAS corrigida (RAS_{cor}). Cada modalidade de cálculo tem como objetivo avaliar melhor o provável efeito do sódio existente na água em relação ao solo em que a mesma vai ser utilizada na irrigação (Wilcox & Durum, 1967; Rhoades & Loveday, 1990; Holanda & Amorim, 1997); por outro lado, os cálculos de valores de “ajuste” ou “correção” da RAS, posteriormente sugeridos, envolvem ábacos por vezes complexos a nível de trabalho de rotina em um laboratório; daí a necessidade de se obter formas

mais simplificadas de estimativas a partir de análises de rotina em um laboratório de análises de água para fins de irrigação. Empregando-se métodos computacionais, esta tarefa pode ser obtida avaliando-se uma grande massa de dados analíticos em laboratórios de análises de rotina para as regiões em que os mesmos prestam tais serviços.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as características físico-químicas, em diferentes aquíferos da região sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte, de modo a se obter um método de cálculo fácil e prático para a correção e ajuste da RAS a partir de um banco de dados com cerca de 625 amostras.

MATERIAL E MÉTODOS

A água estudada no presente trabalho foi proveniente de diversos aquíferos livres e confinados. A Tabela 1 sumariza a procedência das amostras de água analisadas. É importante ressaltar que, à exceção das águas provenientes dos municípios de Açu, Carnaubais e Ipanguaçu, a área territorial dos demais municípios repousa sobre calcários da formação Jandaíra (Cretáceo Superior). A água dos poços tubulares é predominantemente oriunda de poços com influência do calcário (60 a 120m de profundidade) ou de poços profundos (cerca de 900m de profundidade) de aquíferos confinados no Arenito (carbonático) cretácico, da Formação Açu. Os poços amazonas são também conhecidos como “cacimbões” na região de estudo, têm profundidade variável entre 4 a 15m e são influenciados diretamente pelo lençol freático. A água superficial é proveniente, na sua maioria, de rios perenizados, onde se pratica a irrigação

Tabela 1. Distribuição dos mananciais nos diferentes municípios em que foram coletadas as amostras de água para análises

Procedência da amostra (Município)	Tipo de poço			Águas superficiais		
	Tubular ¹	Amazonas ²	Rio	Açude	Lagoa	Total
Apodi	17	34	2	2	2	57
Açu	19	20	5	2	1	47
Baraúna	74	4	0	1	0	79
Caraubas	4	4	0	1	0	9
Carnaubais	1	7	0	0	0	8
Governador Dix-Sept Rosado	15	12	31	0	0	58
Grossos	22	10	0	0	0	32
Ipanguaçu	10	24	10	0	0	44
Mossoró	167	23	42	1	6	239
Upanema	17	12	23	0	0	52
Total de amostras	346	150	113	7	9	625

¹Aquíferos do calcário da Formação Jandaíra e do Arenito da Formação Açu

²Aquíferos não confinados (lençol freático)

com culturas de subsistência. Nessas áreas predominam os solos Aluviais Eutróficos (Entisols) e, nos agrossistemas, a irrigação é praticada predominantemente por sulcos ou aspersão e localizada a baixa pressão (sistema de irrigação popularmente conhecido como Xique-Xique).

Do total das amostras analisadas no banco de dados (cerca de 1.150) foram excluídas aquelas que não obedeciam aos testes de consistência sugeridos por Richards (1954), Arar (1972) e Doneen (1975) que sugerem comparar a proximidade da diferença entre a soma de cátions, a soma de ânions e correlações clássicas entre os íons sódio e cálcio em relação à condutividade elétrica. Água com variações além das permitidas, sugeridas pelos autores supra citados, era excluída do banco de dados

permanecendo, porém, os tipos listados na Tabela 1. Todas as amostras de água foram analisadas no Laboratório de Análises de Água e Fertilidade do Solo da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (LAAFS/ESAM). A metodologia das análises da água corresponde à empregada pelo Laboratório de Salinidade do Solo dos Estados Unidos (Richards, 1954) com adaptação de técnicas de leituras e detecção descritas no Manual de Método de Análises do Solo da EMBRAPA (Brasil, 1979). As características físico-químicas da água foram efetuadas empregando-se o software SMAAS, desenvolvido por Maia et al. (1997). Os procedimentos eletrônicos para análise estatística dos dados foram executados com o emprego do software SAEG v. 4.0, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, MG. Para as equações de regressão propostas aplicou-se o teste de Durbin-Watson descrito em Draper & Smith (1981).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 sumariza as estatísticas descritivas das principais características físico-químicas da água em função do município de procedência. Há uma quase uniformidade em termos de reação da água quando se comparam a média e o seu coeficiente de variação enquanto os valores da moda evidenciam tendência de pH neutro a alcalino em todas as amostras, com alcalinidade mais acentuada na água proveniente de Gov. Dix-Sept Rosado (área de afloramentos calcários). Percebe-se, na Tabela 3, que a água proveniente da região da Chapada do Apodi apresenta maior dureza, fato este que pode ser atribuído à influência do calcário da formação Jandaíra, onde predominam poços que captam água desse aquífero confinado. Embora se trate de água de salinidade de média a baixa (CE inferior a 0,75 dS/m) há registros de água cuja moda de salinidade é superior a 7,0 dS/m, o que pode estar associado ao número pequeno de amostras analisadas no caso específico do município de Caraúbas. Quanto à sodicidade, verifica-se que, dependendo do modo de estimativa da RAS (RAS, RAS_{aj} e RAS_{cor}) há uma grande variação nos resultados obtidos, corroborando a hipótese de que muitas vezes uma água pode ser classificada, subestimando o risco de sódio que a mesma contém. Os valores de RAS_{cor} colocam-se intermediários entre RAS e RAS_{aj}, o que sugere cautela na hora de se tomar decisões quanto à classificação da água para fins

de irrigação; este fato pode ser melhor observado na Figura 1. A grande maioria da água analisada, apesar de ser classificada como de alta salinidade (C3) recai na classe de baixo risco de sodicidade (S1) e, quando a salinidade se enquadra em excessivamente salina (C4) o risco de sódio migra para a classe S2. Confirma-se, deste modo, a inexistência, em condições naturais, das águas classificadas como C3S4, como afirma Bhumbla (1977). Esses dados reforçam a tese da necessidade de se recalcular a RAS para a água da região do presente estudo, principalmente quando ela provém de mananciais que possam apresentar elevados teores de carbonatos e bicarbonatos.

Tabela 3. Íons Ca²⁺, Mg²⁺ e dureza estimada das águas em aquíferos das regiões da Chapada do Apodi e Baixo Açu, RN, em rios, açudes, lagoas e poços tubulares

Região	Ca ²⁺ (Meq/l)			Mg ²⁺ (Meq/l)			Dureza ¹ (Meq/l)	
	Média	CV(%)	Moda	Média	CV(%)	Moda	Média	Moda
Chapada do Apodi ¹	6,66	91,7	1,00	5,90	109,0	1,00	41,2	6,62
Baixo Açu ²	2,45	112,0	1,10	2,25	157,9	0,60	15,4	5,22

¹Estimada segundo Faber et al. (1955)

²Inclui municípios inseridos em áreas de calcário Jandaíra

³Áreas do Arenito Açu

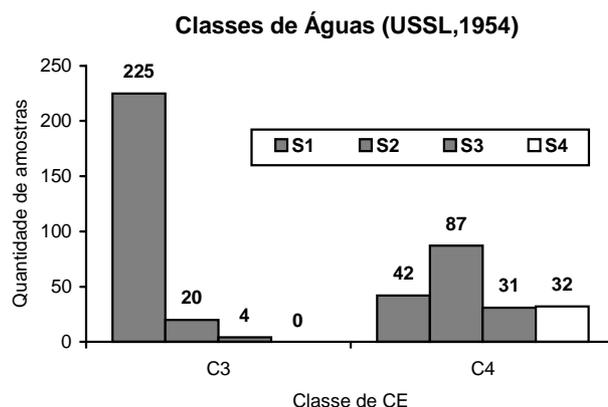


Figura 1. Distribuição da quantidade de amostras de água conforme a classificação proposta pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos-USSL (Richards, 1970)

Observa-se, pela Tabela 4, que os valores de média e moda dos dados de condutividade elétrica e RAS (normal, ajustada ou corrigida) induzem a diferentes enquadramentos da água, dependendo da classificação empregada e do critério adotado, sendo válida também a assertiva para as regiões geográficas estudadas. Assim, elaborou-se a Tabela 5, para elucidar as diferentes classes de qualidade de água para fins de irrigação, levando-se em consideração os valores de salinidade (estimados

Tabela 2. Estatísticas descritivas referentes aos resultados analíticos de características físico-químicas das águas analisadas nos diferentes municípios inseridos em áreas de sedimentos no Estado do Rio Grande do Norte

Procedência (Município)	pH			CE			RAS			RAS _{aj}			RAS _{cor}		
	Md	M	CV	Md	Mo	CV	Md	Mo	CV	Md	Mo	CV	Md	Mo	CV
Apodi	7,1	7,0	9	1,7	0,5	124	3,3	1,3	78	5,4	4,6	95	3,5	1,3	85
Açu	7,1	7,0	10	1,4	0,2	155	3,5	3,8	82	5,9	0,6	119	3,7	1,0	110
Baraúna	7,4	7,3	6	1,5	1,2	41	1,6	1,2	65	3,7	2,1	59	2,0	1,2	48
Caraúbas	7,1	6,9	9	0,8	7,4	73	2,5	1,3	90	4,4	2,4	99	2,6	1,4	89
Carnaubais	7,7	7,7	5	1,5	0,6	77	3,4	1,3	68	5,9	2,7	54	3,7	1,5	65
Gov. Dix Sept	7,6	8,2	7	1,7	0,5	73	2,6	1,2	75	5,4	2,7	85	3,0	1,4	76
Grossos	7,6	7,7	7	4,0	0,4	111	6,5	2,6	78	11,9	4,9	90	8,8	0,6	87
Ipanguaçu	7,5	7,4	9	0,9	0,2	96	3,1	1,6	74	5,2	2,3	90	3,1	1,5	79
Mossoró	7,5	7,6	8	3,3	0,6	86	4,6	2,9	78	9,5	4,0	82	5,5	2,3	88
Upanema	7,5	7,5	7	1,1	0,5	111	2,0	0,7	80	3,7	0,8	102	2,2	0,6	88

CE = condutividade elétrica (dS/m); Md = média; Mo=moda; CV=coeficiente de variação (%)

pela CE) e de sodicidade, avaliados pelos diferentes métodos de cálculo da RAS. Sabe-se que, para determinado valor de RAS, a velocidade de infiltração de água no solo aumenta a medida em que aumenta a salinidade (CE); deste modo, as tentativas de enquadramento da água em classes, como apresentado na Tabela 5, permitem inferir sobre a infiltração da água no solo, quando empregada na irrigação. A água classificada como C1S1, como proposto por Ayers & Westcot (1991) teria comportamento semelhante às águas C1S5, quanto à velocidade de infiltração, enquanto a classificada como C3S1 a C3S5 teria

severas restrições para uso em irrigação, posto que adviriam problemas de infiltração e, por sua vez, a salinidade e sodicidade do solo poderiam aumentar.

Tabela 4. Variação dos valores de média e moda da condutividade elétrica (CE) e RAS calculada por diferentes métodos em áreas geográficas de aquíferos da região de sedimentos do Estado do Rio Grande do Norte

Característica da água	Região da Chapada do Apodi		Região do Baixo Açu	
	Média	Moda	Média	Moda
CE (dS/m)	2,51	0,62	1,18	1,03
RAS	3,67	1,20	3,30	1,60
RAS _{aj}	7,36	3,20	5,58	2,30
RAS _{cor}	4,34	1,40	3,44	1,50

Deduz-se, do exposto, que a água das duas regiões estudadas apresenta grau de restrição pela salinidade de ligeira a moderada, posto que a CE variou dentro dos limites estabelecidos por Ayers & Westcot (1991) cujos valores extremos são 0,7 a 3,0 dS/m. Por outro lado, quando se estima a sodicidade, dependendo do modo como a RAS é calculada ocorrem ligeiras modificações que afetam, inclusive, o enquadramento da água em diferentes classes de uso para fins de irrigação. Os resultados permitem, ainda, inferir que os valores

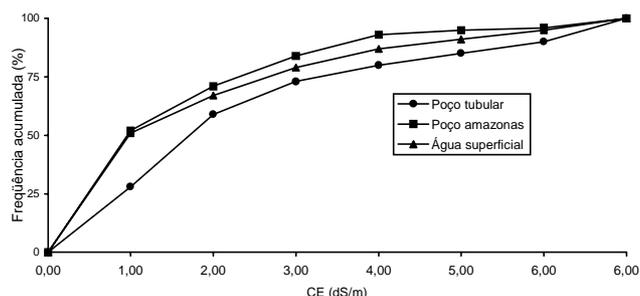


Figura 2. Frequência relativa acumulada dos dados de análises de água, estratificados à partir dos diferentes aquíferos estudados

obtidos para a moda da salinidade (avaliada pela CE) da água proveniente dos aquíferos da Chapada do Apodi registram valores bem distantes em relação à média, o que deu, à curva de frequência de dados, forma achatada em relação à curva Normal, demonstrando grande dispersão dos dados coletados nesses mananciais. Observa-se, pela Figura 2, que há mais de 70% de probabilidade de ocorrer água (tanto para água superficial quanto para água de poços) com CE inferior a 3,0 dS/m, havendo tendência da água proveniente de poços amazonas com menor salinidade (7% de probabilidade de ocorrer CE \geq 4,0 dS/m).

Para as amostras provenientes da região do Baixo Açu, os resultados demonstram maior homogeneidade dos dados em relação à média de valores de CE, evidenciados pela proximidade dos valores da média e da moda (Tabela 4). Para os valores de RAS verifica-se que, em ambos os mananciais, há tendência de dispersão dos dados em relação à média (Tabela 4).

Verificadas diferenças nas características físico-químicas da água em função do manancial em que ela foi coletada procurou-se, com os valores selecionados no banco de dados do LAAFS/ESAM, estratificar a água analisada e estabelecer modelos de equação linear simples, capazes de prever estimativas de RAS_{cor} e RAS_{aj}. As que seguem foram ajustadas:

Para águas de poços tubulares

$$RAS_{aj} = 2,44^{**} \times RAS - 3,01; R^2 = 0,8703$$

$$RAS_{cor} = 1,38^{**} \times RAS - 1,13; R^2 = 0,9263$$

Para águas de poços Amazonas (cacimbão)

$$RAS_{aj} = 1,82^{**} \times RAS - 0,29; R^2 = 0,8418$$

$$RAS_{cor} = 1,10^{**} \times RAS - 0,15; R^2 = 0,9673$$

Para águas superficiais (rios)

$$RAS_{aj} = 1,74^{**} \times RAS - 0,39; R^2 = 0,9991$$

$$RAS_{cor} = 1,05^{**} \times RAS - 0,16; R^2 = 0,9993$$

Tabela 5. Classificação da água para irrigação, dependendo dos critérios sugeridos por diferentes autores, empregando-se métodos alternativos de cálculo da razão de adsorção de sódio (RAS) e classes de condutividade elétrica (CE)

Método de Classificação	Chapada do Apodi (n=474)			Baixo Açu (n= 151)		
	RAS	RAS _{aj}	RAS _{cor}	RAS	RAS _{aj}	RAS _{cor}
<i>Considerada a média dos valores obtidos para as características</i>						
Richards (1954)	C4S2	C4S2	C4S2	C3S1	C3S2	C3S1
UCCC, citado por PIZARRO (1985)	C2S1	C3S1	C3S1	C2S1	C2S2	C2S1
Ayers & Westcot (1991) ¹	C1S2	C1S3	C1S2	C2S2	C2S2	C2S2
<i>Considerada a moda dos valores obtidos para as características</i>						
Richards (1954)	C2S1	C4S1	C2S1	C2S1	C3S1	C3S1
UCCC, citado por PIZARRO (1985)	C1S2	C1S2	C1S2	C2S1	C2S1	C2S1
Ayers & Westcot (1991) ¹	C2S1	C2S2	C2S1	C1S1	C1S1	C1S1

¹ Considerando-se a combinação de classes de amplitudes dos valores de RAS e CE apresentados pelos autores (RAS = 1 a 5 e CE = 1 a 3), avaliando-os conjuntamente, para interpretar a infiltração de água no solo. Grau de restrição para uso considerando-se a salinidade (C) medida pela CE: 1- nenhuma, 2- ligeira a moderada; 3- severa, dependendo do intervalo de valores de RAS (1: 0 - 3; 2: 3 - 6; 3: 6 - 12; 4: 12 - 20; 5: 20 - 40).

Deste modo e se associando os resultados analíticos (Tabela 4 e Figura 1) com as expressões mencionadas, pode-se inferir que muitos mananciais que podem apresentar baixa sodicidade pelo cálculo da RAS simples podem, também, trazer problemas ao solo (salinidade, dispersão, infiltração de água, condutividade hidráulica) devido à combinação de valores baixos de CE com baixos valores de RAS. Quanto à possibilidade de afetar as culturas devido apenas à salinidade observa-se, pela média e moda da água, que ela pode causar graus de restrição de ligeiro a moderado (CE entre 0,7 e 3,0 dS/m) sendo que a água da região da Chapada do Apodi apresenta menores problemas de salinidade; contudo, deve-se observar que há grande dispersão dos valores observados em relação à média, na região (Tabela 4 e Figura 2); também há possibilidade de ocorrência de água com severos problemas de salinidade (CE superior a 3,0 dS/m). Por outro lado, em razão dos elevados valores de pH (moda superior a 7,0, chegando a se registrar valores superiores a 8,0) podem ocorrer problemas para os equipamentos usados na irrigação (corrosão) ou precipitação de adubo na tubulação, adsorção de nitratos (principalmente quando a água possui elevados teores de CO₃²⁻), quando usadas na fertirrigação podendo o problema se agravar com a obstrução de emissores quando o pH da água é muito elevado. Injúrias às plantas podem ser causadas quando a relação Ca²⁺/Mg²⁺ é menor que a unidade. Os valores registrados de Índice de Langelier (ISL) positivos (Tabela 6) corroboram com o risco de precipitação de íons carbonato na forma de CaCO₃, o que deve ser observado principalmente para a água proveniente das regiões com predomínio de mananciais influenciados pelo calcário (Baraúna, Gov. Dix Sept e Mossoró) onde mais de 60% da água analisada apresentam valores de ISL positivos.

Tabela 6. Frequência relativa nas características físico-químicas da água analisada nos diferentes municípios inseridos em áreas sedimentares no Estado do Rio Grande do Norte

Procedência (Município)	Relação Ca^{2+}/Mg^{2+}			Índice Langelier			Risco ALTO a SEVERO				
	<1,0	1,0	>1,0	<0,0	0,0	>0,0	pH	CE	HCO ₃	Cl ⁻	RAS
	Frequência (%)										
Apodi	15,8	7,0	77,2	80,7	5,3	14,0	47,4	87,7	96,5	87,7	40,4
Açu	27,1	2,1	70,8	77,1	2,1	20,8	50,0	79,2	89,6	79,2	47,9
Baraúna	26,6	2,5	70,9	16,5	11,4	72,1	78,5	97,5	97,5	91,1	7,6
Caratúbas	10,0	0,0	90,0	80,0	0,0	20,0	50,0	50,0	100	90,0	30,0
Carnaubais	0,0	100	0,0	50,0	0,0	50,0	100	62,5	100	75,0	37,5
Gov. Dix Sept	24,1	5,2	70,7	29,3	6,9	63,8	84,5	86,2	100	93,1	29,3
Grossos	15,6	0,0	84,4	40,6	0,0	59,4	90,6	87,5	96,9	87,5	62,5
Ipanguaçu	15,9	4,5	79,6	79,5	11,4	9,1	70,5	93,4	100	79,6	31,8
Mossoró	36,4	0,8	62,8	25,5	8,8	65,7	77,8	84,5	97,9	93,7	59,0
Upanema	18,8	3,1	78,1	56,3	6,2	37,5	78,1	90,6	96,9	50,0	31,3

CONCLUSÕES

1. A maioria da água dos mananciais da região sedimentar do Rio Grande do Norte pode apresentar problemas, tanto para os solos quanto para os sistemas de irrigação, quando a irrigação pressurizada for empregada.

2. Nos aquíferos da região da Chapada do Apodi a água de poços tubulares rasos (influenciados pelo calcário) e profundos (confinados no arenito) apresenta maiores problemas, devido aos maiores valores de pH e à concentração de íons carbonatos.

3. Há também, o risco de redução na eficiência das adubações quando a água é empregada para aplicação simultânea de fertilizantes e/ou defensivos para tratamentos fitossanitários (quimigação).

4. Dependendo do modo de cálculo da RAS e/ou do método empregado para classificação da água para fins de irrigação e quanto à capacidade de infiltração da água no solo, ocorreram alterações no enquadramento da água em classes específicas, principalmente quando se trabalhou com água de áreas sob influência do calcário.

5. A probabilidade de se observar água com $CE \geq 3,0$ dS/m na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte ocorre na seguinte proporção: poços tubulares 27%; poços amazons 16% e água de mananciais livres (açudes, rios e riachos) 21%.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à engenheira agrônoma Elis Regina Costa de Moraes, pela participação na elaboração do software empregado para manusear o banco de dados e pela digitação e depuração de dados analíticos durante a condução da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAR, A. L'irrigation et le drainage dans leurs rapports avec la salinité et la saturation des sols par l'eau. In: FAO. *Roma. La salinité - seminaire de Bagdad*. Roma: Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation. 1972.

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. *A qualidade da água na agricultura*. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29).

BHUMBLA, D.R. Chemical composition of irrigation water and its effect on crop growth and soil properties, In: WORTHINGTON, E.B. *Arid land irrigation in developing countries.: enviromental problems and effects*. Oxford: Pergamon Press, 1977, p. 279 - 287.

BRASIL. Ministério da Agricultura. *Manual de métodos de análises de solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1979. Paginação irregular.

BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR. *Fertigation*. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 1995. 296p.

DAVIES, S.N.; DeWIEST, R.J.M. Water Quality. In: DAVIES, S. N.; DeWIEST, R.J.M. *Hydrogeology*. New York, John Wiley & Sons, 1966. Chapter 4, p.96 - 128.

DONEEN, L. D. Water quality for irrigated agriculture. In: POLJAKOFF MAYBER, A.; GALE, J. *Plant in saline environments*. New York: Springer-Verlag, 1975. p. 56 - 76.

DRAPER, N.R., SMITH, H. *Applied regression analysis*. New York: John Willy & Sons, 1981. 710p.

FABER, H.; HATFIELD, W.D.; McCRADY, H.M. *Standard methods for the samination of water, sewage, and industrial wastes*. New York: American Public Health Association, 1955.522p.

HOLANDA, J.S. de; AMORIM, J.R.A de. Qualidade da água para irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. Manejo e Controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: SBEA/UFPB, 1997. Cap. 5, p. 137 -169. Editado por Hans Raij Gheyi, José Elenildo Queiroz, José Francimar de Medeiros.

MAIA, C.E.; MORAIS, E.R.C.; OLIVEIRA, M. de. SMAAS-Software para manejo de áreas afetadas por sais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, anais. Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997, p. 9 - 13.

PIZARRO, F. *Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos*. Madrid: Editorial Española, 1985. 542p

RHOADES, J.D., LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, B.A., NIELSEN, D.R. *Irrigation of agricultural crops*. Madison: American Society of Agriculture, 1990. p. 1091-1142 (Agronomy Series, 30)

RICHARDS, L.A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington, D.C: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. (United States Department of Agriculture Handbook, 60).

RICHARDS, R.A. Improving crop production on salt affected soils: by breeding or management? *Expl. Agric.* Vol. 31, p. 395 - 408. 1995

WILCOX, L.V., DURUM, W.H. Quality of irrigation water. In: HAGAN, R.M., HAISE, R.H., EDMINISTER, T.W. (ed.) *Irrigation of agricultural lands*. Madison: American Society of Agronomy, 1967 Chapter 9. p. 104 - 122. (Agronomy, 11).

ZONN, S.V. Saline (halomorphic) soils. In: ZONN, S.V. *Tropical and subtropical soil science*. Moscow: Mir Publishers, 1986. Chapter 5 p. 365-379.