

QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO EM AMOSTRAS ANALÍTICAS DO BANCO DE DADOS DO DEPARTAMENTO DE SOLOS E GEOLOGIA DA ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE MOSSORÓ, MOSSORÓ-RN
[IRRIGATION WATER QUALITY IN ANALYTICAL SAMPLES OF THE SOIL AND GEOLOGY DEPARTMENT DATABASE, ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE MOSSORÓ, MOSSORÓ-RN]

ELÍS REGINA COSTA DE MORAIS

*Estudante de pós-graduação, Universidade Federal de Viçosa,
Rua Miro Felipe de Mendonça, 130, Pto. 13 de Maio - 59633-010 Mossoró-RN*

CELSEMY ELEUTÉRIO MAIA

*Estudante de pós-graduação, Universidade Federal de Viçosa,
Rua Miro Felipe de Mendonça, 130, Pto. 13 de Maio - 59633-010 Mossoró-RN*

MAURÍCIO DE OLIVEIRA

Prof. Adjunto, ESAM, Caixa Postal 137, 59600-970 Mossoró-RN

[Recebido em 16.06.1998]

SINOPSE - Em virtude dos constantes problemas provocados pela utilização de águas de má qualidade, tanto no solo como nas culturas, e tendo em mãos os resultados analíticos de amostras de água que são enviadas pelos produtores da região de atendimento do Laboratório de Análises de Água e Fertilidade do Solo, Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró-RN, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade da água disponível para irrigação nesta região, visando com isso alertar os produtores quanto às perdas de produção que podem ocorrer quando da utilização de água de qualidade duvidosa. Efetuou-se o cadastramento dos boletins emitidos por aquele laboratório no período de 1990 a 1995, perfazendo um total de 1077 análises. Através da manipulação do banco de dados, foi possível analisar estatisticamente os resultados dos boletins. Os resultados mostraram que 36,59% são águas pertencentes às categorias C_1S_1 , C_2S_1 e C_2S_2 , consideradas de boa qualidade, 52,73% são classificadas como C_3S_1 , C_3S_2 , C_4S_1 e C_4S_2 , que podem ser usadas para irrigação, dependendo do tipo de solo e cultura, e apenas 10,68% pertencem às classes C_3S_3 , C_3S_4 , C_2S_3 , C_2S_4 , C_4S_3 e C_4S_4 . Apenas 5,66% provocam problemas de infiltração e 60% apresentam risco crescente de toxicidade pelo cloro e pelo sódio. Com relação ao pH, 84,40% das águas estudadas têm valores considerados normais e apenas 0,84% apresentam problemas com bicarbonato. Verificou-se ainda que 20,98% e 0,56% apresentam grau elevado de restrição de uso, quando se fez a avaliação isolada e em conjunto, respectivamente, utilizando-se os valores referentes a condutividade elétrica, Na, Cl e HCO_3 .

—Termos adicionais de indexação: razão de adsorção de sódio, RAS, classificação da água

ABSTRACT - Due to frequent problems caused to soil and crops by the use of bad quality water and having at hand a database of results of the analyses of water which were requested to the Laboratory of Water and Soil Fertility Analyses, Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró-RN, by the producers of the region, an evaluation of the quality of the water was conducted aiming to provide basis for alerting the producers regarding the losses that can occur as results of the use of doubtful quality water. From the database a total of 1077 analyses corresponding to the period of 1990/1995 were evaluated. The evaluation showed that: 36.59% are waters of categories C_1S_1 , C_2S_1 , and C_2S_2 , which are considered of good quality; 52.73% are classified as C_3S_1 , C_3S_2 , C_4S_1 , and C_4S_2 , which can be used for irrigation depending on the type of soil and crop; and only 10.68% belong to the classes C_3S_3 , C_3S_4 , C_2S_3 , C_2S_4 , C_4S_3 , and C_4S_4 . Only 5.66% cause infiltration problems and 60% present crescent risk of toxicity due to chlorine and sodium. With respect to pH, 84.40% have values considered normal and only 0.84% presented potential problems due to bicarbonate. It was verified also that 20.98% and 0.56% of the waters presented high degree of restriction to use, when evaluated through electrical conductivity, Na, Cl, and HCO_3 values taken isolatedly and jointly, respectively.

—Additional keywords: sodium adsorption ratio, SAR, water classification

INTRODUÇÃO

O Laboratório de Análises de Água e Fertilidade do Solo (LAAFS), da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, está localizado na região oeste do Estado do Rio Grande do Norte, numa área economicamente privilegiada entre a Chapada do Apodi e o Vale do Açu, região onde se desenvolve uma agricultura voltada principalmente para as culturas de melão, manga, acerola, tomate, pimentão e banana. O referido laboratório atende aos produtores rurais de vários estados do Nordeste, mas a grande maioria dos usuários pertence aos Estados do Rio Grande do Norte e do Ceará. Esses produtores buscam, através da análise da água usada na irrigação, a base para uma tomada de decisão no planejamento agrícola.

Segundo AYERS & WESTCOT (1991), a agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água. No entanto, o aspecto qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que no passado as fontes de água, no geral, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização. Esta situação, todavia, está se alterando em muitas localidades. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica, tanto para os projetos novos como para os antigos que requerem águas adicionais, em ter que se recorrer às águas de qualidade inferior. Para se evitar problemas conseqüentes, deve existir planejamento efetivo que assegure o melhor uso possível das águas de acordo com sua qualidade. Sabe-se que, em regiões áridas e semi-áridas, a concentração de sais nas águas de irrigação varia bastante de um local para outro e há evidência dessa variação ao longo do tempo, principalmente no caso de pequenos açudes (COSTA, 1982; LARAQUE, 1989). A falta de informações, completas e sistemáticas, quanto à qualidade da água, poderá conduzir ao uso de águas de qualidade inadequada, com conseqüentes efeitos deletérios nas propriedades físico-químicas dos solos e nos rendimentos das culturas.

Diante dos constantes problemas da influência da qualidade da água que está sendo utilizada na irrigação, e tendo em mãos os resultados analíticos de amostras de água que são enviadas pelos produtores da região de atendimento daquele laboratório, o presente trabalho teve como objetivos avaliar a qualidade da água para irrigação em amostras provenientes do Estado do Rio Grande do Norte e de

outras regiões do Nordeste brasileiro e verificar a consistência dos resultados analíticos da água para fins de irrigação, emitidos em boletins do referido laboratório.

MATERIAL E MÉTODO

Localização geográfica

O Laboratório de Análises de Água e Solo (LAAFS), da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, está situado na região oeste do Estado do Rio Grande do Norte, entre a Chapada do Apodi e o Vale do Açu, e assiste aos produtores estabelecidos na área compreendida desde o Maranhão até Pernambuco, onde mais de 95% das águas representam situações do semi-árido nordestino.

Coleta dos dados

Os dados utilizados no presente estudo foram provenientes dos boletins de análises de água emitidos pelo LAAFS no período de 1990/1995, num total de 1.077 amostras de águas de diferentes mananciais.

Análise de água

Nas análises de água realizadas pelo LAAFS, são determinadas as seguintes características: pH, condutividade elétrica (CE), cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+) e ânions (Cl^- , HCO_3^- e CO_3^{2-}). Utiliza-se para a determinação dessas características a metodologia proposta por RICHARDS (1954), a qual é a metodologia de classificação de água para irrigação mais utilizada em todo o mundo, sendo recomendada pelo Laboratório de Salinidade dos EUA (USDA), e baseia-se na CE, como indicadora do perigo de salinização, e na relação de adsorção de sódio (RAS), como indicadora do perigo de sodificação do solo.

Interpretação da qualidade da água

Para a interpretação da qualidade da água, foram calculados a RAS, a RAS ajustada (RAS_{aj}), a RAS corrigida (RAS_{co}), e os sólidos dissolvidos totais (SDT). Utilizou-se a classificação da água proposta pelo USS, que é baseada na CE como indicadora da salinidade, e na RAS, como indicadora de sodicidade (BERNARDO, 1995), e a classificação proposta por EATON (1950), que se baseia apenas no carbonato de sódio residual (CSR).

Cadastro e manipulação das análises

Para o cadastro e a manipulação das análises de água foi utilizado o software SCASA (Sistema de Cadastramento de Análises de Solo e Água), desenvolvido por MAIA & MORAIS (1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos anos de 1991 e 1993, foram registrados os maiores volumes de amostras analisadas, correspondendo respectivamente a 20 e 28% do total das amostras analisadas no período do estudo (Tabela 1). Nos demais anos, observa-se que o volume total de amostras analisadas anualmente permanece constante, e em torno de 100 a 150 amostras de água. Esses picos de máximos coincidem com anos de menores precipitações pluviométricas, onde há, inclusive, por parte do Estado, incentivos para o financiamento da agricultura irrigada, e, conseqüentemente maior interesse dos usuários na busca de resultados de análises de águas de seus diferentes mananciais. Em 1993, a precipitação registrada na região oeste do Rio Grande do Norte foi de 185mm. Na Tabela 1, enfatiza-se também a importância que têm os poços tubulares para a região em estudo. É importante salientar que nesses mananciais estão incluídos poços com águas dos aquíferos calcáreos (profundidade média de até 300m) e do arenito Açú, cuja profundidade pode superar 1.000m. No último caso, são poços explorados mais intensivamente por agricultura empresarial, usando alto nível de insumos energéticos externos, em nível de manejo C. Nesse último caso, o tipo de irrigação é quase sempre localizada, com emprego de fertirrigação. Há de se considerar, contudo, as diferenças fundamentais na qualidade das águas para irrigação nos dois mananciais mais freqüentemente empregados em períodos de estiagem prolongada, principalmente no que se refere à presença de íons carbonatos, bicarbonatos e cloretos nas águas, embora a qualidade para irrigação, segundo o ábaco C_n-S_n do USDA, citado em RICHARDS (1954), enquadre essas águas quase sempre na classe C_2S_2 e, raramente na C_3S_3 . É importante salientar ainda que essa classificação não leva em conta o tipo de argila, o teor de silte e as condições de drenagem dos solos, o que deve preocupar, dada a freqüência com que são encontrados na região solos com argilas dos grupos das esmectitas e ilitas, ricos em silte e com drenagem defici-

ente. Apesar da importância que têm os mananciais de água subterrânea na região Nordeste, em virtude do baixo índice pluviométrico, deve-se levar em consideração que as águas subterrâneas são mais salinas do que as águas de rios e, estas, mais salinas quanto mais próximas da foz. As águas de superfície têm sua composição influenciada pela evaporação e índice pluviométrico, já que as perdas por evaporação são responsáveis pela elevação progressiva das concentrações de sais.

Valores normais de água para irrigação

A qualidade da água para fins de irrigação mais empregadas nos laboratórios que atuam na região semi-árida do Nordeste brasileiro é baseada nos padrões normais apresentados por AYERS & WESTCOT (1991), que são padrões físico-químicos das águas de irrigação que não acarretarão problemas em termos químicos, físicos e biológicos aos solos, e conseqüentemente não afetarão o rendimento das culturas. Na Tabela 2 encontram-se registrados os totais de águas analisadas no LAAFS e sua representatividade, em termos percentuais, comparadas com os padrões estabelecidos. Os dados evidenciam que, à exceção dos valores de carbonato, a grande maioria das águas analisadas, apresentam valores dentro dos extremos estabelecidos para águas consideradas normais. Embora essa característica usada isoladamente não seja suficiente para definir a qualidade da água para a irrigação, é importante ressaltar que águas com carbonatos em excesso, podem trazer sérios prejuízos, principalmente quando se usa agricultura com irrigação localizada, já que o excesso de carbonatos, provoca encrustamento nos equipamentos de irrigação, e conseqüentemente causa entupimentos nas tubulações.

Classificação da água para irrigação levando-se em consideração a salinidade e sodicidade

Utilizando os valores de CE e RAS, as águas em estudo foram classificadas quanto ao perigo de salinidade e sodicidade (Tabela 3), de acordo com a classificação proposta por RICHARDS (1954). Verifica-se que 36,59% das águas pertencem às categorias C_1S_1 , C_2S_1 e C_2S_2 , as quais são consideradas de boa qualidade, podendo ser utilizadas na maioria dos solos com baixo perigo de salinização e sodificação. As águas classificadas como C_3S_1 , C_3S_2 , C_4S_1 e C_4S_2 , que apresentam alto perigo de

TABELA 1 - Número de análises realizadas por origem nos respectivos anos.

Ano	Poço tubular		Poço amazonas		Rio		Açude		Lagoa		Outros		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
1990	34	3,16	31	2,88	15	1,39	4	0,37	0	0,00	22	2,04	106	9,84
1991	59	5,48	86	7,99	41	3,81	26	2,41	4	0,37	4	0,37	220	20,43
1992	48	4,46	23	2,14	36	3,34	5	0,46	7	0,67	19	1,76	138	12,81
1993	169	15,69	74	6,87	35	3,25	9	0,84	2	0,19	19	1,76	308	28,60
1994	82	7,61	35	3,25	16	1,49	10	0,93	8	0,74	4	0,37	155	14,39
1995	71	6,59	30	2,79	17	1,58	13	1,21	8	0,74	11	1,02	150	13,93
Total	463	42,99	279	25,91	160	14,86	67	6,22	29	2,69	79	7,32	1077	100,00

salinidade, podendo ser utilizadas na irrigação de culturas tolerantes quando se adotar práticas especiais de manejo de água e solo, sendo então necessário o cálculo da necessidade de lixiviação (NL), ocupam 52,73% do total estudado. Nota-se também que 10,68% (C₃S₄, C₃S₃, C₂S₃, C₂S₄, C₄S₃ e C₄S₄) das águas analisadas são consideradas de má qualidade para a irrigação, ou seja, apresentam alto perigo de salinidade e sodicidade, podendo ser utilizadas apenas sob boas condições de drenagem e em culturas tolerantes.

A água de irrigação quando salina traz dois tipos de problemas: (a) o direto, que é a deposição de sais via irrigação no solo, onde ficam acumulados, com a evaporação da água e/ou consumo pelas plantas; (b) o indireto, acarretado pela redução da disponibilidade de água para as plantas, em decorrência do incremento no potencial osmótico de modo a afetar a produtividade das culturas. Para que sejam evitadas essas perdas de rendimento é necessário que os sais sejam mantidos numa concentração inferior àquelas que afetariam o rendimento das plantas, para isso, um manejo adequado dessas águas é fundamental.

Segundo as diretrizes para avaliação da qualidade da água proposta por AYERS & WESTCOT (1991), 33,98% e 34,08% das águas em estudo (Tabela 4) não apresentam nenhuma restrição de uso com relação a CE e SDT, respectivamente, embora 47% das águas apresentem restrição de ligeira a moderada. Apenas cerca de 19% das águas apresentam problemas de restrição severa ao uso agrícola. Sendo assim, essas águas que apresentam restrições moderada e severa (66%) levam para o solo grande quantidade de sais via irrigação, esses sais conseqüentemente se acumulam na zona radicular das plantas, e os seus teores aumentam a cada irrigação; após uma irrigação o teor de sais próximo a superfície do solo é aproximadamente igual ao da água de irrigação e vai aumentando com a profundidade, pois os sais se concentram ali para serem levados para camadas mais profundas com as próximas irrigações e posteriormente lixiviados a maiores profundidades. Devido a isso é que existe a necessidade de se aplicar uma quantidade de água maior que a consumida pelas plantas, principalmente no período vegetativo, para que esse excesso de água possa carrear os sais a profundidades fora do alcance do sistema radicular, não afetando assim as culturas. A prática de drenagem é necessária nes-

TABELA 2 - Número de análises de acordo com os valores normais para água de irrigação adaptados de AYERS & WESTCOT (1991).

Característica	Valores normais	Unidades	Número de análises	%
Salinidade				
Conteúdo de sais				
CE	0 - 3,0	dS/m	870	80,78
SDT	0 - 2000	mg/dm ³	877	81,43
Cátions e Ânions				
Ca ⁺⁺	0 - 20	mmol _c /dm ³	1.049	97,40
Mg ⁺⁺	0 - 5	mmol _c /dm ³	795	73,82
Na ⁺	0 - 40	mmol _c /dm ³	1.042	96,95
CO ₃	0 - 0,1	mmol _c /dm ³	612	56,22
HCO ₃	0 - 10	mmol _c /dm ³	1.077	100,00
Cl ⁻	0 - 30	mmol _c /dm ³	955	88,67
K	0 - 2	mmol _c /dm ³	1.053	97,77
Vários				
pH	6 - 8,5	mg/dm ³	1.008	93,59
RAS	0 - 15	-	1.051	97,59
RAS _{Al.}	0 - 15	-	968	89,88
RAS _{CO.}	0 - 15	-	1.038	96,38

TABELA 3 - Percentagens relativas das diferentes classes de água no período de 1990/1995, com base na classificação de RICHARDS (1954).

Classes	Perigo de		Qualidade da Água	%
	Salinidade	Ssodicidade		
C ₁ S ₁	Baixo	Baixo	Excelente	6,41
C ₂ S ₁	Média	Baixa	Boa	29,99
C ₂ S ₂	Média	Média	Boa	0,19
C ₂ S ₃	Média	Alto	Ruim	0,09
C ₃ S ₁	Alto	Baixa	Regular	32,31
C ₃ S ₂	Alto	Média	Regular	4,18
C ₃ S ₃	Alto	Alto	Ruim	0,56
C ₃ S ₄	Alto	Muito alto	Ruim	0,37
C ₄ S ₁	Muito alto	Baixo	Ruim	5,66
C ₄ S ₂	Muito alto	Médio	Ruim	10,58
C ₄ S ₃	Muito alto	Alto	Ruim	4,46
C ₄ S ₄	Muito alto	Muito alto	Ruim	5,20

ses casos, para evitar a ascensão do lençol freático e conseqüentemente o acúmulo de sais na superfície do solo, durante o período de seca mais acentuado, nas entressafras. Comparando-se a classificação proposta por RICHARDS (1954) com a de AYERS & WESTCOT (1991) com relação a salinidade e sodicidade, pode-se verificar que há diferença nos resultados obtidos, isso provavelmente ocorre devido às diferentes metodologias usada pelos autores, ou seja, os autores atribuem limites diferentes para CE e SDT.

Qualidade da água para irrigação levando-se em consideração os fatores que reduzem a infiltração.

Os problemas de infiltração relacionados com a qualidade da água de irrigação que está sendo utilizada devem ser avaliados pelos valores de CE e RAS. A infiltração, em geral, aumenta com a salinidade e diminui com a redução desta ou com o aumento no teor de sódio em relação ao cálcio e magnésio (RAS). Desta forma, para avaliar o efeito final da qualidade da água, deve-se considerar

TABELA 4 - Qualidade da água em relação a CE e SDT.

Grau de restrição ¹		Número de análises	%
Quanto à CE (dS/m)			
CE [0,7	Nenhuma	366	33,98
0,7 < CE [3,0	Ligeira a Moderada	504	46,80
CE > 3,0	Severa	207	19,22
Quanto ao SDT (mg/dm ³)			
SDT [450	Nenhuma	367	34,08
450 < SDT [2000	Ligeira a Moderada	510	47,35
SDT > 2000	Severa	200	18,57

¹ Adaptado de AYERS & WESTCOT (1991).

TABELA 5 - Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água, levando-se em consideração os valores da RAS.

Grau de restrição ¹	Número de análises	%
Nenhuma	598	55,52
Ligeira a Moderada	418	38,82
Severa	61	5,66
Total	1077	100,00

¹ Adaptado de AYERS & WESTCOT (1991).

TABELA 6 - Qualidade da água em relação ao sódio, levando-se em consideração o método de irrigação a ser utilizado.

Grau de restrição ¹		Número de análises	%
Irrigação por superfície			
Na [3,0	Nenhuma	433	40,20
3,0 < Na [9,0	Ligeira a moderada	378	35,10
Na > 9,0	Severa	266	24,70
Irrigação por aspersão			
Na [3,0	Nenhuma	433	40,20
Na > 3,0	Ligeira a moderada	644	59,80
-	Severa	-	-

¹ Adaptado de AYERS & WESTCOT (1991); Na em mmol_c/dm³.

esses dois fatores (AYERS & WESTCOT, 1991).

Das águas estudadas, 55,52% não provocam problemas de infiltração no solo, 38,82% têm grau de restrição de ligeira a moderada e apenas 5,66% apresentam-se com restrição severa (Tabela 5). Assim, menos de 50% dessas águas podem provocar problemas de infiltração, e estes são facilmente visualizados, pois quando isso acontece a água aplicada ao solo, seja artificialmente por irrigação ou naturalmente pela chuva, fica sobre o solo por um tempo relativamente longo, ou ainda ocorre uma infiltração muito lenta e conseqüentemente haverá redução na produção devido a cultura não receber a

quantidade de água necessária, além disso, ainda ocorre formação de crostas superficiais e surgimento de problemas de germinação e emergência das plantas. Pode-se relacionar problemas de permeabilidade de água no solo no que se refere aos baixos teores de cálcio e magnésio, ou sódio alto, em virtude do sódio causar dispersão das argilas. SCALOPPI & BRITO (1986) afirmam que esse problema também pode se manifestar com valores de CE inferiores a 0,5dS/m; no presente estudo, encontrou-se 220 análises (20,43%) indicadoras de águas que podem provocar tal problema.

TABELA 7 - Qualidade da água em relação ao cloreto, levando-se em consideração o método de irrigação a ser utilizado.

Grau de restrição ¹		Número de análises	%
Irrigação por superfície			
Cl \leq 4,0	Nenhuma	493	47,78
4,0 < Cl \leq 10,0	Ligeira a moderada	257	23,86
Cl > 10,0	Severa	327	30,36
Irrigação por aspersão			
Cl \leq 3,0	Nenhuma	375	34,82
Cl > 3,0	Ligeira a moderada	702	65,18
-	-	-	-

¹ Adaptado de AYERS & WESTCOT (1991); Cl em mmol_c/dm³.

TABELA 8 - Qualidade da água em relação aos problemas provocados pelo bicarbonato e pH.

Grau de restrição ¹		Número de análises	%
Bicarbonato			
HCO ₃ \leq 1,5	Nenhuma	185	17,18
1,5 < HCO ₃ \leq 8,5	Ligeira a moderada	883	81,99
HCO ₃ > 8,5	Severa	9	0,84
Reação			
6,5 \leq pH \leq 8,4	Normal	909	84,40

¹ Adaptado de AYERS & WESTCOT (1991).

Qualidade da água para irrigação levando-se em consideração a toxicidade dos íons de sódio e cloreto.

Verificou-se que 59,80% das águas estudadas apresentam concentrações de sódio com grau de restrição de ligeiramente moderado a severo, independentemente do método de irrigação a ser utilizado (Tabela 6). Contudo, as águas que não apresentam restrição (40,20%) podem causar problemas, pois a toxicidade devida aos íons de sódio pode se manifestar mesmo quando esses íons se encontram em quantidades relativamente baixas. Deve-se lembrar ainda que os problemas de toxicidade, no geral, complicam e complementam os problemas de salinidade e permeabilidade, pois a acumulação dos íons em concentrações tóxicas demora certo tempo e os sintomas visuais dos danos desenvolvem-se muito lentamente para serem notados, e o surgimento de tal problema dependerá do tempo, da concentração, da tolerância da cultura e do volume de água transpirada.

Quando a proporção Ca/Mg na água da irrigação é menor que a unidade (26,65% no total de análises cadastradas), os efeitos potenciais do sódio são ligeiramente maiores, em virtude da concentra-

ção de sódio ser determinada através das RAS. Isto quer dizer que determinado valor de RAS é ligeiramente mais perigoso quando a proporção Ca/Mg é menor que a unidade e que quanto mais baixa for essa proporção maior será o perigo dessa RAS. Além do mais, as pesquisas mostram que com determinado valor da RAS da água de irrigação, obtêm-se valores no PST no solo além do normal, quando a proporção Ca/Mg da água aplicada é menor que a unidade (RAHMAN & ROWELL, 1979).

Com relação à toxicidade pelo íon cloreto (Tabela 7), verificou-se que 54,22% e 65,18% das águas estudadas apresentam grau de restrição de ligeiramente moderado a severo, quando utiliza-se o método de irrigação superficial e por aspersão, respectivamente. E com relação às águas que não apresentam perigo de toxicidade, 47,78% para irrigação superficial e 34,82% para aspersão. Mesmo para essas águas que não apresentam perigo de toxicidade, deve-se ter um manejo adequado, pois a toxicidade com os íons cloreto pode se manifestar mesmo quando esses íons se encontram em quantidades relativamente baixas. Os íons cloreto presentes na água de irrigação provocam com maior frequên-

cia toxicidade nas culturas, esses íons não são adsorvidos pelas partículas do solo, porém, por serem muito móveis, são facilmente absorvidos pelas raízes das plantas e translocados até as folhas, onde se acumulam devido à transpiração, sendo este problema mais intenso nas regiões de climas mais quentes, onde as condições ambientais favorecem uma alta transpiração. O tipo de irrigação a ser utilizado também apresenta maior ou menor intensidade de absorção do cloreto, ou seja, quando da utilização do método de irrigação por aspersão a toxicidade é mais rápida, pois a absorção é realizada diretamente pelas folhas. Essa absorção pode ser afetada pela qualidade da água que está sendo usada na irrigação e também pela capacidade da planta em excluir o seu conteúdo no solo, o qual se controla com a lixiviação.

Qualidade da água para irrigação levando-se em consideração os problemas provocados pelo bicarbonato e pH

O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um ambiente. No caso das águas de irrigação, o pH normal situa-se entre 6,5 e 8,4 (AYERS & WESTCOT, 1991). As águas com pH anormal podem criar desequilíbrios de nutrição ou conter íons tóxicos. Como se pode notar na Tabela 8, 84,40% das águas estudadas encontram-se com valores normais de pH. As mudanças provocadas por pH anormal da água de irrigação no solo são lentas, e quando isso ocorre, ao invés de se corrigir o pH da água, por não ser prático, faz-se a correção do solo. Das águas estudadas, 17,18% não apresentam restrição com relação ao bicarbonato, 81,99% têm problemas de restrição crescente e apenas 0,84% têm severa restrição. Apesar de ser mínimo o número de análises com severa restrição de uso, essas águas devem ser evitadas, principalmente se for usado o sistema de irrigação por aspersão, devido aos constantes problemas de incrustações que o bicarbonato provoca sobre folhas, frutos e flores, provocando com isso dificuldade na comercialização dos produtos, em virtude da má aparência. Esse mesmo problema também pode ser observado mesmo em águas com baixos teores de bicarbonatos, caso a evaporação seja elevada e a umidade relativa menor que 30% (AYERS & WESTCOT, 1991). Provavelmente, esses problemas possam ser solucionados se forem feitas irrigações noturnas, redução da frequência de irrigações e aumento

da velocidade de rotação do aspersor, pois esta velocidade influi na precipitação lançada sobre o terreno em cada instante, ou seja, quanto maior a velocidade menor será a precipitação instantânea sobre determinado ponto do círculo molhado e conseqüentemente menores serão os riscos de encharcamento e compactação do terreno. Um outro problema que a presença de bicarbonato provoca é a possibilidade de formação de camada compactada no solo e conseqüente redução da infiltração e permeabilidade da água através do perfil. Isso ocorre por haver nas águas ricas em bicarbonato uma tendência de precipitação, principalmente do cálcio na forma de carbonato, à medida que a solução do solo se torna mais concentrada, aumentando o risco de sodicidade.

CONCLUSÕES

A maioria das águas estudadas apresenta pH normal.

Apenas cerca de 35% das águas estudadas são de boa qualidade e um pouco menos de 6% provocam problemas de infiltração.

Problemas de toxicidade pelo sódio podem ocorrer com uso continuado de cerca de 25% das águas através de irrigações superficiais, sendo que esse valor aumenta para cerca de 60% quando a irrigação é feita por aspersão.

Problemas de toxicidade pelo cloro podem ocorrer em aproximadamente 30% das águas se usadas em irrigações superficiais e em cerca de 65% das águas se se usar irrigação por aspersão.

Menos de 1% das análises indicaram restrição elevada para bicarbonato.

LITERATURA CITADA

- AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. (1991). **A qualidade da água na agricultura**. Trad. Ghei, H. R.; Medeiros, J. F. & Damasco, F. A. V. Campina Grande: UFPB. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29, revisado 1).
- BERNARDO, S. (1995) **Manual de irrigação**. 6 ed. Viçosa: UFV.
- COSTA, R. G. (1982). Caracterização da qualidade de água de irrigação na microrregião homogênea de Catolé do Rocha (MRH-89). Campina Grande, UFPB. (Dissertação de mestrado).

- EATON, F. M. (1950). Significance of carbonates in irrigation waters. **Soil Science**, Baltimore, **69**:123-133.
- LARAQUE, A. (1989). **Estudos e previsão da quantidade de água de açudes do Nordeste semi-árido brasileiro**. Recife: SUDENE. (Série hidrológica, 26).
- MAIA, C. E. & MORAIS, E. R. C. de. (1996). SCASA: Sistema de cadastramento de análises de solo e água. *In*: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, Águas de Lindóia, 4 a 8 de agosto de 1996, **Resumos ...**, Piracicaba: ESALQ. (CD ROM).
- RAHMAN, W. A. & ROWELL, D. L. (1979). The influence of magnesium in saline and sodic soils: a specific effect or a problem of cation exchange? **Journal of Soil Science**, Oxford, **30**:535-546.
- RICHARDS, L. A. (1954). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, U. S. Salinity Laboratory, (USDA. Agriculture handbook, 60)
- SCALLOPI, E. D. & BRITO, R. A. L. (1986). Qualidade da água e do solo para irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, **139**:80-94.