

CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO QUATRO METODOLOGIAS DE CÁLCULO PARA A RAZÃO DE ADSORÇÃO DE SÓDIO - II. REGIÃO DO BAIXO AÇU, RIO GRANDE DO NORTE

[CLASSIFICATION OF IRRIGATION WATER USING FOUR METHODOLOGIES FOR CALCULATING THE SODIUM ADSORPTION RATIO - II. REGION OF THE BAIXO AÇU, RIO GRANDE DO NORTE]

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*

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*

MAURÍCIO DE OLIVEIRA

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

[Recebido em 16.06.1998]

SINOPSE - Verificou-se as alterações na classificação da água de irrigação quando utilizadas diferentes metodologias de cálculo da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) para avaliar o risco de sodicidade das águas para fins de irrigação da região do Baixo Açu, Rio Grande do Norte. Cem análises de diferentes mananciais proveniente do banco de dados do Laboratório de Análises de Água e Fertilidade do Solo, da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, foram reavaliadas. Observou-se que $RAS_p < RAS < RAS_{co} < RAS_{aj}$, em média. Devido a essa variação, a classificação da água para irrigação pode mudar de acordo com o método utilizado para verificar o risco de sodicidade da água, ou seja, de acordo com a RAS utilizada, a água pode estar boa ou não para irrigação. Isso foi verificado principalmente para as águas com elevado teor de sais. Diante disso, apenas 73,33% das águas de poços tubulares, 60,78% das águas de poços amazonas e 86,67% das águas de rio apresentaram a mesma classificação independentemente da metodologia de cálculo utilizada. —Termos adicionais de indexação: RAS ajustada, RAS corrigida, RAS prática

ABSTRACT - It was verified the alterations in the classification of irrigation water when different methodologies of calculation are used for the Sodium Adsorption Ratio (RAS) to evaluate the risk of sodicity of irrigation water of the Baixo Açu region, Rio Grande do Norte. One hundred analyses from the database of the Laboratory of Water and Soil Fertility Analyses, Escola Superior de Agricultura de Mossoró, were reevaluated. It was observed that $SAR_p < SAR < SAR_{co} < SAR_{aj}$, on an average basis. Due to this variation, the classification of the water for irrigation may change depending on the SAR utilized to verify the risk of sodicity of the water, that is, the water may be, at the same time, good and not good for irrigation purpose. This was verified mainly for waters with high concentration of salts. Of the waters analyzed, 73.33% from tubular wells, 60.78% from dug wells, and 86.67% from river had the same classification irrespective of the calculation methodology utilized.

—Additional keywords: adjusted SAR, corrected SAR, practical SAR

INTRODUÇÃO

A composição química da água ou da solução do solo pode ser expressa como uma relação entre os íons solúveis existentes. Essa relação é chama-

da Razão de Adsorção de Sódio (RAS). Segundo FAGERIA (1989), a RAS é importante determinação da qualidade da água de irrigação, em relação à presença do íon sódio, e é a melhor característica para avaliar o problema de sódio nos solos, por le-

var em consideração a concentração do cálcio e do magnésio, isto é, é um índice que expressa a possibilidade de que a água de irrigação provoque a sodificação do solo, no que depende da proporção do sódio em relação ao cálcio e magnésio. Nos solos sódicos, a percolação de água é muito baixa e o controle da salinidade é o principal problema associado a esses solos. Devido a terem baixa concentração de sais solúveis e pH alto, os solos sódicos podem apresentar toxicidade direta para muitas culturas em decorrência da ação direta do sódio (QUEIROZ *et alii*, 1997).

Quem primeiro introduziu o conceito de RAS para classificar a água de irrigação foi RICHARDS (1954), mas ultimamente o risco de sodicidade passou a ser avaliada com mais segurança relacionando a RAS corrigida (RAS_{CO}) para classificar a água de irrigação. Isto porque facilita o entendimento das alterações que ocorrem com o cálcio na água do solo através de reações com carbonatos e silicatos, pois, nas águas ricas em bicarbonatos há uma tendência de precipitação, principalmente do cálcio, em forma de carbonato, à medida que a solução do solo se torna mais concentrada, aumentando o risco de sodicidade, cujo efeito é corrigido com o uso da RAS_{CO} (HOLANDA & AMORIM, 1997).

PIZARRO (1985) também faz algumas críticas à RAS proposta por RICHARDS (1954): (a) a suposição de que o cálcio e o magnésio têm a mesma seletividade de troca iônica, o que não corresponde à realidade, pois, para uma mesma RAS a adsorção de sódio cresce ao aumentar a relação Mg/Ca devido à menor energia de adsorção do magnésio; (b) não leva em conta a possibilidade de precipitação de sais, fenômeno que pode aumentar o risco de sodicidade, já que o cálcio é o cátion mais sujeito a reação, precipitando na forma de carbonato e sulfato, que são de baixa solubilidade; e (c) a classificação tem um erro conceitual, pois, os sais da solução do solo têm um efeito floculante, oposto ao efeito dispersante do sódio trocável, e, desta forma, para uma mesma RAS, o risco de sodicidade será menor quanto maior for o risco de salinidade.

Levando esses fatos em consideração, objetivou-se neste trabalho verificar as alterações na classificação da água de irrigação por origem, quando utilizadas diferentes metodologias de cálculo da RAS para avaliar o risco de sodicidade das águas de irrigação na região do Baixo Açu, Rio Grande do Norte.

MATERIAL E MÉTODO

Base de dados

Os dados utilizados para a presente pesquisa foram provenientes do banco de dados do Laboratório de Análises de Água e Fertilidade do Solo, da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (LAAFS/ESAM), referente aos anos de 1990-1995, num total de 100 análises de águas de diferentes mananciais, sendo 30 análises de poços tubulares, 71 de poços amazonas, 15 de rio, 3 de açudes e 1 de lagoa. As águas foram provenientes das cidades de Assu, Ipanguassu e Carnaubais. O banco de dados foi estruturado e analisado empregando-se o software SCASA (MAIA & MORAIS, 1996).

Fisiografia da área de abrangência

A região do Baixo Açu se localiza a noroeste do Estado do Rio Grande do Norte, na quadrícula geográfica entre os Paralelos 4° 48' a 5° 41' S e os Meridianos 37° 30' a 38° 5' WGr. O Baixo Açu compreende a região e enclaves da planície aluvional do baixo curso do rio Piranhas-Açu. Na região predomina o tipo bioclimático de Gausen 4aTh, ou seja, tropical quente de seca acentuada, com índice xerotérmico entre 150 e 200. De acordo com a classificação de Thornthwaite, a região apresenta clima do tipo DdA'a', ou seja, semi-árido megatérmico com pouco ou nenhum excesso de água durante o ano.

Análise da água

Nas análises da água realizadas pelo LAAFS/ESAM, são determinadas as seguintes características físico-químicas: pH, condutividade elétrica (CE), cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} e K^{+}) e ânions (Cl^{-} , HCO_3^{-} e CO_3^{2-}). Utiliza-se para determinação dessas características a metodologia proposta por RICHARDS (1954).

Interpretação da qualidade da água para irrigação

Para a interpretação da qualidade da água para fins de irrigação, foi calculada por quatro metodologias a Razão de Adsorção de Sódio (RAS). As metodologias foram: 1) a RAS proposta inicialmente por RICHARDS (1954); 2) a RAS ajustada (RAS_{aj}) recomendada por RHOADES (1972); 3) a RAS corrigida (RAS_{CO}) proposta por SUAREZ (1981); e 4) a RAS prática (RAS_p) proposta por SPOSITO & MATTIGOD (1977).

Para a classificação da água de irrigação foi utilizada a metodologia proposta por RICHARDS (1954). Essa metodologia é a mais utilizado em todo o mundo, e é recomendada pelo Laboratório de Salinidade dos EUA, e baseia-se na CE, como indicadora do perigo de salinização, e na RAS, como indicadora do perigo de sodificação do solo, conforme ábaco apresentando um diagrama Cn-Sn, cujos índices variam de 1 a 4 (BERNARDO, 1995).

Análise estatística

Os cálculos estatísticos foram efetuadas por meio de processamento eletrônico dos dados, empregando-se o software SAEG, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, MG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto maior o risco de salinidade da água de irrigação, maior o número de águas que passam de uma classe de menor risco de sodicidade para uma de maior risco quando utilizado a RAS_{aj} e que também ocorreu de a água de irrigação passar de uma classe de maior risco de sodicidade quando utilizada a RAS para uma classe de menor risco com o uso da RAS_p (Tabela 1).

O problema é melhor ilustrado para águas classificadas como C4Sn, onde as águas classificadas com menor risco de sodicidade são menos freqüentes quando classificadas com a RAS_{aj} e mais freqüentes usando-se as classificadas baseadas nas RAS, RAS_{CO} e RAS_p . O inverso também é verdadeiro, ou seja, águas com maior índice de sodicidade são mais freqüentes quando classificadas com a RAS_{aj} e menos freqüentes quando classificadas com base nas RAS, RAS_{CO} e RAS_p . Verifica-se também que quanto menor o risco de salinidade, a classificação é semelhante quando utilizada uma das quatro metodologias para cálculo da RAS. Resultado semelhante foi encontrado por MAIA *et alli* (1998).

Para as águas de poços tubulares e amazonas, os valores seguiram a seguinte ordem: $RAS_p < RAS < RAS_{CO} < RAS_{aj}$ e para as águas de rio $RAS_p < RAS_{CO} < RAS < RAS_{aj}$ (Tabela 2). Tomando o valor da RAS como padrão, verificou-se para águas de poços tubulares que a RAS_p é 12,23% inferior, a RAS_{CO} é 1,90% superior e a

RAS_{aj} é 61,96% superior. Para as águas de poços amazonas, a RAS_p é 12,5% inferior, a RAS_{CO} é 4,81% superior e a RAS_{aj} é 72,44% superior. Para as águas de rio a RAS_p é 13,44% inferior, a RAS_{CO} é 1,58 inferior e a RAS_{aj} é 58,50% superior. Esses valores são semelhantes para a RAS_p , em estudo realizado na Chapada do Apodi (MAIA *et alii*, 1998) para as águas de poços tubulares, poços amazonas e rio.

Com relação à RAS_{CO} , os valores foram bem menores que os da Chapada do Apodi, inclusive para águas de rio, o valor médio da RAS_{CO} da região do Baixo Açu foi inferior à RAS em 1,58% e na região da Chapada do Apodi foi 9,62% superior. Para a RAS_{aj} , os valores da região do Baixo Açu foram sempre superiores à RAS, mas em menor porcentagem que os observados para a região da Chapada do Apodi. OSTER & RHOADES (1977) avaliaram cuidadosamente o parâmetro RAS_{aj} e concluíram que o perigo do sódio é superestimado em 50%.

Devido a essa variação nos valores da RAS de acordo com a metodologia de cálculo, é previsível que ocorra uma mudança na classificação da água com relação ao risco de sodicidade como foi verificado para as águas da região da Chapada do Apodi (MAIA *et alli*, 1988). Essa mudança pode ser verificado na Tabela 3, onde se observa que, para poços tubulares, a classificação da água não mudou quando se utilizou a RAS ou a RAS_{CO} como também a RAS ou a RAS_p , e a RAS_{CO} ou RAS_p , indicando que a classificação das águas foi a mesma: Classe RAS = Classe RAS_{CO} = Classe RAS_p , e que 73,33% apresentaram a mesma classificação independentemente da metodologia utilizada. Para as águas de poços amazonas, apenas com a RAS_{aj} é que se verificaram as menores porcentagens, inclusive apenas 60,78% das águas apresentaram a mesma classificação independentemente da RAS utilizada.

Na Tabela 4 encontram-se as médias de algumas características físico-químicas das águas que apresentaram $RAS > RAS_{CO}$ e $RAS < RAS_{CO}$. O fato de as águas de rio terem em média $RAS_{CO} < RAS$ deve-se aos maiores valores da razão HCO_3^- / Ca e menores valores de CE (AYERS & WESTCOT, 1991), fazendo com que os valores do cálcio corrigido sejam superiores aos do cálcio não corrigido, diminuindo desta maneira os valores da RAS_{CO} .

TABELA 1 - Quantidade e porcentagem de águas de acordo com sua classificação pelas diferentes metodologias de cálculo da RAS para as região do Baixo Açu, Rio Grande do Norte.

Classificações	RAS		RAS _{aj}		RAS _{co}		RAS _p	
	N ^o	%	N ^o	%	N ^o	%	N ^o	%
C ₄ S ₄	2	2,0	5	5,0	2	2,0	2	2,0
C ₄ S ₃	3	3,0	5	5,0	4	4,0	1	1,0
C ₄ S ₂	6	6,0	2	2,0	6	6,0	7	7,0
C ₄ S ₁	1	1,0	0	0,0	0	0,0	2	2,0
C ₃ S ₄	0	0,0	3	3,0	0	0,0	0	0,0
C ₃ S ₃	0	0,0	2	2,0	0	0,0	0	0,0
C ₃ S ₂	6	6,0	14	14,0	7	7,0	5	5,0
C ₃ S ₁	29	29,0	16	16,0	28	28,0	30	30,0
C ₂ S ₄	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
C ₂ S ₃	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
C ₂ S ₂	0	0,0	3	3,0	0	0,0	0	0,0
C ₂ S ₁	47	47,0	44	44,0	47	47,0	47	47,0
C ₁ S ₄	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
C ₁ S ₃	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
C ₁ S ₂	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
C ₁ S ₁	6	6,0	6	6,0	6	6,0	6	6,0

RAS_{aj} = Razão de Adsorção de Sódio ajustada, RAS_{co} = Razão de Adsorção de Sódio corrigida, RAS_p = Razão de dsorção de Sódio prática.

TABELA 2 - Estatística descritiva dos valores da RAS por origem pelas quatro metodologias de cálculo para a região do Baixo Açu, Rio Grande do Norte.

	Média	Max.	Min.	s	CV	EP	IC	Moda
Poço Tubular								
RAS	3,68	14,80	0,90	2,62	79,30	0,53	1,09	0,90
RAS _{aj}	5,96	37,10	0,30	7,63	127,97	1,39	2,84	0,90
RAS _{co}	3,75	22,50	0,70	4,17	111,33	0,76	1,55	1,70
RAS _p	3,23	13,20	0,70	2,62	81,25	0,48	0,98	0,70
Poço Amazonas								
RAS	3,12	8,20	0,40	1,73	55,63	0,24	0,49	1,60
RAS _{aj}	5,38	17,20	0,60	3,44	63,93	0,48	0,97	2,30
RAS _{co}	3,27	8,50	0,40	1,93	59,18	0,27	0,54	1,50
RAS _p	2,73	7,30	0,30	1,55	57,07	0,22	0,44	1,30
Rio								
RAS	2,53	9,80	0,70	2,74	108,27	0,71	1,51	1,50
RAS _{aj}	4,01	16,70	0,90	4,77	118,81	1,23	2,63	2,30
RAS _{co}	2,49	10,20	0,60	2,87	115,30	0,74	1,59	1,50
RAS _p	2,19	8,70	0,60	2,44	111,30	0,63	1,35	1,30

CONCLUSÕES

Os valores da RAS apresentaram a seguinte seqüência: RAS_p < RAS < RAS_{co} < RAS_{aj}, em média.

A classificação da água de irrigação pode sofrer modificação de uma classe de menor risco de

sodicidade para uma classe de maior risco e vice-versa, de acordo com a metodologia de cálculo utilizada para a RAS. Independentemente da metodologia de cálculo utilizada para a RAS, a mesma classificação foi apresentada por 73,33% das águas de poços tubulares, 60,78% das águas de poços amazonas e 86,67% das águas de rio.

TABELA 3 - Quantidade e porcentagem de análises por origem que apresentam a mesma classificação da água para as diferentes metodologias de cálculo da Razão de Adsorção de Sódio (RAS).

Classificação	Poço Tubular		Poço Amazonas		Rio		Açude		Lagoa	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
$C_{RAS} = C_{RASaj}$	22	73,33	34	66,67	13	86,67	2	66,67	1	100,00
$C_{RAS} = C_{RASco}$	30	100,00	48	94,12	15	100,00	3	100,00	1	100,00
$C_{RAS} = C_{RASp}$	30	100,00	48	94,12	14	93,33	3	100,00	1	100,00
$C_{RASaj} = C_{RASco}$	22	73,33	35	68,63	13	86,67	2	66,67	1	100,00
$C_{RASaj} = C_{RASp}$	22	73,33	31	60,78	13	86,67	2	66,67	1	100,00
$C_{RASco} = C_{RASp}$	30	100,00	45	88,24	14	93,33	3	100,00	1	100,00
Independente ¹	22	73,33	31	60,78	13	86,67	2	66,67	1	100,00

¹ Quantidade de análises de água com a mesma classificação independente da RAS utilizada ($C_{RAS} = C_{RASaj} = C_{RASco} = C_{RASp}$).

TABELA 4 - Médias de algumas características físico-químicas¹ e relações das água de rio que apresentaram $RAS > RAS_{CO}$ e $RAS < RAS_{CO}$.

Característica	$RAS > RAS_{CO}$	$RAS < RAS_{CO}$
Cálcio	1,00	4,10
Magnésio	0,71	5,60
Sódio	1,37	20,34
CE	0,34	3,24
Bicarbonato	1,68	2,15
Na^+/Ca^{2+}	1,93	4,96
Na^+/Mg^{2+}	1,37	3,63
Mg^{2+}/Ca^{2+}	0,71	1,27
HCO_3^-/Ca^{2+}	1,68	0,52

¹ Ca, Mg, Na em mmol/dm³ e CE em dS/m

LITERATURA CITADA

- AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. (1991). **A qualidade da água na agricultura**. Trad. H. R. Gheyi, J. F. Medeiros & F. A. V. Damasco. Campina Grande, UFPB. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29; revisado 1).
- BERNARDO, S. (1995). **Manual de irrigação**. 6 ed. Viçosa: UFV.
- FAGERIA, N. K. (1989). **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMPRAPA-DPU.
- HOLANDA, J. S. de & AMORIM, J. R. A. (1997). Qualidade da água para irrigação. *In*: GHEYI, H. R., QUEIROZ, J. E. & MEDEIROS, J. F. de. (eds). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, p. 137-169.
- MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C. de & OLIVEIRA, M. de. (1998). Classificação da água de irrigação utilizando quatro metodologias de cálculo para a Razão de Adsorção de Sódio - I. Região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte. **Caatinga**, Mossoró, **11**(1/2):41-46.
- 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).
- OSTER, J. D. & RHOADES, J. D. (1977). Various index for evaluating the effective salinity and sodicity of irrigation waters. *In*: PROC. INTERNAT. SALINITY CONFERENCE, Lubbock, Texas, August 16-20, 1976. p. 1-14.
- PIZARRO, F. (1985). **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. 2 ed. Madri: Editorial Espanola S. A.
- QUEIROZ, J. E.; GONÇALVES, A. C.; SOUTO, J. S. & FOLEGATTI, M. V. (1997). Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. *In*: GHEYI, H. R., QUEIROZ, J. E. & MEDEIROS, J. F. de. (eds). **Manejo e controle da**

- salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB/SBEA, p. 69-111.
- RICHARDS, L. A. (1954). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: United States Salinity Laboratory. (USDA: Agriculture Handbook, 60).
- RHOADES, J. D. (1972). Quality of water for irrigation. **Soil Science**, Baltimore, **113**:277-284.
- SPOSITO, G. & MATTIGOD, S. V. (1977). On the chemical foundation of the Sodium Adsorption Ratio. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, **41**:323-329.
- SUAREZ, D. L. (1981). Relation between p_{Hc} and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternate method of estimating SAR of soil or drainage water. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, **45**:469-475.