

**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**

[CLASSIFICATION OF IRRIGATION WATER USING FOUR
METHODOLOGIES FOR CALCULATING THE SODIUM ADSORPTION
RATIO - I. REGION OF THE CHAPADA DO APODI,
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 da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte. Quinhentas análises de diferentes mananciais, provenientes 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, em média, $RAS_p < RAS < RAS_{co} < RAS_{aj}$. Devido a essa variação nos valores médios, a classificação da água para irrigação pode mudar de acordo com a RAS utilizada para verificar o risco de sodicidade da água, ou seja, de acordo com a RAS utilizada, a água de irrigação pode estar boa ou não para ser utilizada. Isso foi verificado principalmente para as águas com elevado teor de sais. Assim, apenas 50,80% das águas de poços tubulares, 54,08% das águas de poços amazonas e 62,03% 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 of the Sodium Adsorption Ratio are used to evaluate the risk of sodicity of irrigation waters in the region of the Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte, Brazil. Five hundred analyses from different sources, kept in 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 not be the same depending on the methodology utilized for verifying the risk of sodicity of the water, that is, it can be, at the same time, good and not good for irrigation purpose. This was verified mainly for the waters with high salt content. Of the waters analyzed, only 50.80% from tubular wells, 54.08% from dug wells, and 62.03% from river had the same classification irrespective of the SAR calculation methodology utilized.

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

INTRODUÇÃO

Os fatores da qualidade da água que podem influir na infiltração são os teores totais de sais e o teor de sódio em relação aos teores de cálcio e magnésio. Alta salinidade aumenta a velocidade de

infiltração, enquanto baixa salinidade, ou proporção alta de sódio em relação ao cálcio e magnésio, a diminui. Ambos os fatores (salinidade e proporção de sódio) podem atuar simultaneamente. O método da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) considera os problemas de infiltração como resultado de ex-

cesso de sódio em relação ao cálcio e magnésio, porém não leva em consideração as mudanças no teor de cálcio na água que podem resultar devido à precipitação ou dissolução durante ou depois da irrigação. Assim, a equação da RAS, não levando em conta estas variações, pode fornecer resultados equivocados. No entanto, o procedimento continua sendo de avaliação aceitável para a maioria das águas utilizadas na agricultura irrigada (AYERS & WESTCOT, 1991). Para SPOSITO & MATTIGOD (1977), a RAS é a primeira característica a ser considerada para avaliar o possível risco de sodicidade da água de irrigação aplicada ao solo. A equação matemática da RAS é baseada na expressão do coeficiente de seletividade de troca de cátions, derivada da equação de Gapon. Entretanto, alguns autores questionam a forma de cálculo por não levar em consideração a formação de complexos solúveis de sódio, cálcio e magnésio, que pode ocorrer principalmente em águas que contenham quantidades significativas de sulfato, bicarbonato ou carbonato. O uso da RAS ajustada, em substituição à RAS proposta por RICHARDS (1954), deve-se ao fato de a RAS não levar em consideração os efeitos adicionais de precipitação e dissolução de cálcio nos solos e que a RAS ajustada avalia a tendência de a água de irrigação dissolver o cálcio do solo, aumentando o cálcio solúvel, ou de precipitá-lo, reduzindo o cálcio solúvel (SCALOPPI & BRITO, 1986). OSTER & RHOADES (1977) avaliaram cuidadosamente o parâmetro RASaj e concluíram que o perigo do sódio é sobrestimado em 50%.

A classificação proposta pelos técnicos do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos é baseada na condutividade elétrica (CE) como indicadora do risco de salinização do solo e na RAS como indicadora do perigo de sodicidade do solo. Quanto ao risco de salinidade, as águas são classificadas em C₁ - águas com baixa salinidade, C₂ - águas com salinidade média, C₃ - águas com salinidade alta e C₄ - águas com salinidade muito alta. Quanto ao risco de sodicidade as águas são divididas em quatro classes segundo a RAS: S₁ - águas com baixa concentração de sódio, S₂ - águas com concentração média de sódio, S₃ - águas com alta concentração de sódio e S₄ - águas com muito alta concentração de sódio (BERNARDO, 1995).

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi verificar as alterações na classificação da água de irrigação quando utilizadas diferentes metodologias

de cálculo da RAS para avaliar o risco de sodicidade das águas de irrigação na região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte.

MATERIAL E MÉTODO

Base de dados

Os dados utilizados neste trabalho 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 500 análises de águas de diferentes mananciais, sendo 311 análises de poços tubulares, 98 de poços amazonas, 79 de rio, 5 de açudes e 7 de lagoas. As águas foram provenientes das cidades de Apodi, Baraúna, Governador Dix-Sept Rosado, Grossos, Mossoró, Caraúbas e Upanema. O banco de dados foi estruturado e analisado empregando-se o software SCASA (MAIA & MORAIS, 1996).

Fisiografia da área de abrangência

A Chapada do Apodi se localiza no extremo 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. Pelo regime térmico e pluviométrico, a região apresenta um clima do tipo BSw^h, segundo Köppen, ou seja, clima muito quente e semi-árido, onde a estação chuvosa se atrasa para o outono, sendo a maior incidência de chuvas no verão para o outono. As chuvas têm distribuição bastante irregular no tempo e no espaço, aumentando sobremaneira o risco climático. A média anual de precipitação é de aproximadamente 679mm. Devido à baixa latitude e a ausência de fatores geográficos influenciadores, a temperatura apresenta-se sem grande variação anual. A média anual de temperatura é de aproximadamente 27,5°C, sendo que o mês mais quente é dezembro, com média de 28,5°C, e o mês mais frio é julho, com média de 26,5°C. As temperaturas máximas e mínimas do ar têm valores médios iguais a 33,3 e 22,7°C, respectivamente (CARMO FILHO *et alii*, 1991).

Análise da água

Nas análises de 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 a 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, calculou-se a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) através de quatro metodologias, a saber: 1) RAS, proposta inicialmente por RICHARDS (1954); 2) RAS_{aj} , ou seja, razão ajustada conforme RHOADES (1972); 3) RAS_{CO} , razão corrigida proposta por SUAREZ (1981); e 4) RAS_p , denominada de razão prática, proposta por SPOSITO & MATTIGOD (1977). Para a classificação da água de irrigação foi utilizada a metodologia proposta por RICHARDS (1954). Essa metodologia de classificação de água para irrigação é o mais utilizado em todo o mundo, e é recomendado pelo Laboratório de Salinidade dos EUA, que se baseia na CE, como indicadora do perigo de salinização, e RAS, como indicadora do perigo de sodificação do solo, conforme ábaco apresentando um diagrama C_n-S_n , com n variando de 1 a 4 (BERNARDO, 1995).

Análise estatística

As análises estatísticas foram efetuadas por meio de processamento eletrônico dos dados, empregando-se o software SAEG, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa-MG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se na Tabela 1 que 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 utilizada a RAS_{aj} . Isto é verificado principalmente quando se utiliza a RAS_{aj} para classificar a água quanto ao risco de sodicidade, o que provavelmente se deva à superestimação dos valores do risco de sodicidade (OSTER & RHOADES, 1977). O problema é melhor ilustrado para águas classificadas como C_4S_n , onde as águas classificadas com menor risco de sodicidade ocorrem em menor frequência quando classificadas com a RAS_{aj} , e em maior frequência nas águas classificadas com RAS,

RAS_{CO} e RAS_p . O inverso também é verdadeiro, ou seja, águas com maior índice de sodicidade apresentam-se em maior frequência quando classificadas com a RAS_{aj} e em menor frequência nas classificadas através de RAS, RAS_{CO} e RAS_p . Verifica-se também que, quanto menor o risco de salinidade, a classificação é semelhante se utilizada uma das quatro metodologias referidas. É importante salientar que o uso da RAS_{aj} classificou uma análise como C_2S_3 que, segundo Bhumbra, citado por MEDEIROS (1992), é uma água inexistente em condições naturais.

Na Tabela 2, verifica-se que, em média, os valores se apresentam na seguinte ordem: $\text{RAS}_p < \text{RAS} < \text{RAS}_{CO} < \text{RAS}_{aj}$. Essa seqüência só não se cumpriu para águas de açude, provavelmente pelo reduzido número de análises (5 análises). Considerando como padrão a RAS proposta por RICHARDS (1954) devido ser a mais utilizada no Brasil, verificou-se que para água de poço tubular que a RAS_p é, em média, 12,26% inferior à RAS, a RAS_{CO} é 22,28% superior e que a RAS_{aj} é 108,08% superior. Para as águas de poço amazonas a RAS_p é 12,40% inferior, a RAS_{CO} 13,98% superior e a RAS_{aj} é 96,04% superior. Já para as águas de rio, a RAS_p é 12,54% inferior, a RAS_{CO} é 9,62% superior e a RAS_{aj} é 95,63% superior. Esses dados indicam que o uso de uma das quatro metodologias de cálculo da RAS já pode alterar a classificação da água de irrigação, tanto para uma classe inferior como para uma classe superior quanto ao risco de sodicidade.

Essa mudança de classificação da água de irrigação pode ser verificada na Tabela 3, onde se observa nas águas de poços tubulares que 93,89% mantiveram-se na mesma classificação quando se utilizou a RAS ou a RAS_p . Comparando as classificações feitas com as RAS e RAS_{aj} , verifica-se que apenas 53,05% das águas apresentaram a mesma classificação, indicando desta maneira a superestimação dos valores da RAS_{aj} . Observou-se ainda que praticamente a metade das águas de poços tubulares (50,80%) apresentam a mesma classificação independentemente do método utilizado. Para as águas de poços amazonas, o comportamento foi semelhante ao de poços tubulares. Já para a água de rio, a superestimação do risco de sodicidade pela RAS_{aj} foi inferior às águas de poços tubulares e amazonas, em que 63,29% das águas apresentaram a mesma classificação quando se utilizou RAS

TABELA 1 - Quantidade e porcentagem de acordo com a classificação da água pelas diferentes metodologias de cálculo da RAS para a região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte.

Classificação	RAS		RASaj		RASco		RASp	
	N ^o	%	N ^o	%	N ^o	%	N ^o	%
C ₄ S ₄	27	5,4	70	14,0	30	6,0	22	4,6
C ₄ S ₃	26	5,2	63	12,6	37	7,4	25	5,0
C ₄ S ₂	80	16,0	38	7,6	83	16,6	76	15,2
C ₄ S ₁	41	8,2	3	0,6	24	4,8	50	10,0
C ₃ S ₄	0	0,0	9	1,8	1	0,2	0	0,0
C ₃ S ₃	4	0,8	9	1,8	3	0,6	2	0,4
C ₃ S ₂	13	2,6	56	11,2	23	4,6	13	2,6
C ₃ S ₁	196	39,2	139	27,8	186	37,2	198	39,6
C ₂ S ₄	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
C ₂ S ₃	0	0,0	1	0,20	0	0,0	0	0,0
C ₂ S ₂	1	0,2	11	2,2	1	0,2	1	0,2
C ₂ S ₁	99	19,8	88	17,6	99	19,8	99	19,8
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	13	2,6	13	2,6	13	2,6	13	2,6

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

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

Metodologia	Média	Máx.	Min.	s	CV	EP	IC	Moda
Poço Tubular								
RAS	3,59	19,80	0,40	3,24	90,17	0,18	0,36	1,20
RASaj	7,47	40,30	0,40	6,74	90,06	0,38	0,75	3,80
RASco	4,39	36,50	0,30	4,39	99,92	0,25	0,49	1,40
RASp	3,15	17,70	0,30	2,90	92,18	0,16	0,32	0,80
Poço Amazonas								
RAS	3,79	19,00	0,20	3,38	89,12	0,34	0,68	1,30
RASaj	7,45	47,50	0,10	7,90	106,04	0,80	1,60	0,90
RASco	4,32	28,60	0,10	4,47	103,43	0,45	0,90	1,30
RASp	3,32	17,00	0,10	3,03	91,13	0,31	0,61	1,50
Rio								
RAS	3,43	21,20	0,60	3,37	98,05	0,38	0,75	1,30
RASaj	6,71	52,90	0,70	7,43	110,75	0,84	1,16	2,40
RASco	3,76	22,20	0,60	3,65	96,93	0,41	0,82	1,40
RASp	3,00	18,90	0,50	3,02	100,63	0,34	0,68	1,10
Açude								
RAS	2,62	7,40	0,20	2,89	110,14	1,29	3,59	2,30
RASaj	3,70	10,30	0,10	4,18	112,85	1,87	5,19	3,30
RASco	2,56	7,50	0,10	2,99	116,91	1,34	3,72	2,10
RASp	2,28	6,60	0,10	2,60	114,01	1,16	3,23	0,10
Lagoa								
RAS	3,80	10,20	1,20	3,73	98,27	1,41	3,46	1,20
RASaj	8,51	23,40	2,30	9,43	110,70	3,56	8,73	2,30
RASco	4,46	12,50	1,40	4,63	103,92	1,75	4,29	1,40
RASp	3,34	9,10	1,00	3,36	100,42	1,27	3,11	1,00

TABELA 3 - Classificação da água de irrigação por origem utilizando as quatro metodologias de cálculo para a Razão de Adsorção de Sódio na região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte.

Classes	Poço. tubular		Poço. Amazonas		Rio		Açude		Lagoa	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
$C_{RAS} = C_{RASaj}$	165	53,05	53	54,08	50	63,29	4	80,00	6	85,71
$C_{RAS} = C_{RASco}$	273	87,78	90	91,84	75	94,94	5	100,00	7	100,00
$C_{RAS} = C_{RASp}$	292	93,89	98	100,00	77	97,47	5	100,00	6	85,71
$C_{RASaj} = C_{RASco}$	181	58,20	59	60,20	53	67,09	4	80,00	6	85,71
$C_{RASaj} = C_{RASp}$	159	51,13	53	54,08	49	62,03	4	80,00	5	71,43
$C_{RASco} = C_{RASp}$	256	82,32	90	91,84	73	92,41	5	100,00	6	85,71
$C_{RASn} = C_{RASn}^1$	158	50,80	53	54,08	49	62,03	4	80,00	5	71,43

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

ou RAS_{aj} . É importante observar que a superestimação do risco de sodicidade aumenta com o aumento da salinidade das águas, como constatado por MAIA *et alii* (1998).

CONCLUSÕES

Em média, os valores apresentam-se na seguinte sequência: $RAS_p < RAS < RAS_{co} < RAS_{aj}$.

A classificação da água de irrigação pode sofrer mudança 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.

Apresentaram a mesma classificação, independentemente da metodologia utilizada para o cálculo da RAS, apenas 50,80% das águas de poços tubulares, 54,08% das águas de poços amazonas e 62,03% das águas de rio.

LITERATURA CITADA

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. (1991) **A qualidade da água na agricultura**. Trad. por H. R. Gheyi, J. F. Medeiros e 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.

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRº, J. & MAIA NETO, J. M. (1991). **Dados meteorológicos de Mossoró (jan. de 1988 a dez. de 1990)**. Mossoró: ESAM/FGD. (Coleção Mossoroense, C, 30).

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).

MAIA, C. E., MORAIS, E. R. C. de & OLIVEIRA, M. de (1998). Classificação da água utilizando quatro metodologias de cálculo para a Razão de Adsorção de Sódio - II. Região do Baixo Açú, Rio Grande do Norte. **Caa-tinga**, Mossoró, **11**(1/2):47-52.

MEDEIROS, J. F. de. (1992). Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos estados do RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB. (Dissertação de mestrado).

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.

RHOADES, J. D. (1972). Quality of water for irrigation. **Soil Science**, Baltimore, **113**: 277-284.

RICHARDS, L. A. (1954). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States 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.

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. I. (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.