



QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO USANDO A RELAÇÃO DE CÁTIONS E RAZÃO DE ADSORÇÃO DE SÓDIO

C. E. Maia¹, A. Q. C. Braga²

RESUMO: O risco de dispersão do solo causado pela água de irrigação é calculado usando a relação entre cátions, porém durante muito tempo não se levou em consideração o efeito do potássio, sendo este levado em consideração recentemente. Objetivou-se com este trabalho comparar o método da relação entre cátions com a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) na avaliação do risco de dispersão de solo das águas para irrigação da Chapada do Apodi. Foram utilizadas 355 amostras de água, sendo 224 de poço, 64 de rio e 67 de açude. Foram calculadas a Cations Ratio of Soil Structural Stability (optimizing CROSS - CROSS_o), e para comparar com esta, calculou-se a Razão de Adsorção de Cátions Monovalente (RACM), a Cations Ratio of Soil Structural Stability (CROSS), a Razão de Adsorção de Sódio (RAS), e a Razão de Adsorção de Sódio ajustada (RAS_{aj}) e a corrigida (RAS_c). Concluindo que o risco de dispersão do solo das águas da Chapada do Apodi usando a CROSS_o foi Rio > poço ≈ açude; a CROSS_o superestima a RAS em média de 34 %, 32 % e 48 % nas águas de poço, rio e açude, respectivamente; a quantidade de gesso adicionada na água para baixar o risco de dispersão é menor para a CROSS_o quando comparada com a RAS.

PALAVRAS-CHAVE: Dispersão de solo, qualidade de água para irrigação, composição iônica da água.

IRRIGATION WATER QUALITY USING CATION RATIO AND SODIUM ADSORPTION RATIO

ABSTRACT: The risk of soil dispersion caused by irrigation water is calculated using the ratio of cation, neglecting the effect of potassium, which is taken into account recently. The objective of this work was to compare the relationship between cations ration with sodium adsorption ratio (SAR) in assessing the risk of soil dispersion of water for irrigation of Chapada do Apodi. The databank used contained 355 water samples, with 224 from the well, 64 from a river and

¹ Doutor em Recursos Naturais/UFCEG, professor associado UFRSA, Mossoró – RN. E-mail: celsemy@ufersa.edu.br

² Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRSA – RN. E-mail: queziaana@outlook.com

67 from a dam reservoir. Were calculated Cations Ratio of Soil Structural Stability (optimizing CROSS - CROSS_o), and to compare with this, was calculated the adsorption ratio of Cations Monovalent (RACM), the Cations Ratio of Soil Structural Stability (CROSS), the Sodium Adsorption Ratio (SAR) and the sodium adsorption ratio adjusted (SAR_{aj}) and corrected (SAR_c). Concluding that the risk of soil dispersion of Chapada do Apodi waters using CROSS_o was river > well ≈ dam reservoir; CROSS_o overestimates the RAS on average 34 %, 32 % and 48% in well water, river and dam reservoir, respectively and the quantity gypsum added to the water to lower the risk of dispersion to CROSS_o is smaller than SAR.

KEYWORDS: Soil dispersion, irrigation water quality, ionic composition of water.

INTRODUÇÃO

No Nordeste do Brasil, tem-se destacado na produção de frutas frescas, em razão do elevado potencial da região para a agricultura irrigada, visto que dependendo da qualidade e manejo da água, tem-se como consequências problemas de salinidade e/ou sodicidade. O risco da salinidade e, conseqüentemente da diminuição do potencial osmótico do solo, é avaliado pela condutividade elétrica (CE) da água (Rashidi; Seilsepour, 2011; Alobaidy *et al.*, 2010), enquanto a degradação da estrutura do solo é avaliada pela sodicidade por meio da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) (Asadollahfard *et al.*, 2013).

A RAS proposta inicialmente por Richards (1954) e alterada conforme Rhoades (1972), que sugeriu a RAS ajustada (RAS_{aj}) e passou a considerar os efeitos adicionais de precipitação e dissolução de Ca nos solos. Posteriormente, Suarez (1981) propôs a RAS corrigida (RAS_c) ajustando a concentração de Ca na água ao valor de equilíbrio esperado após a irrigação, incluindo os efeitos do CO₂, HCO₃⁻, salinidade, o Ca da água, bem como presença de outras fontes de Ca no solo e a inexistência de precipitação de Mg (Ayers; Westcor, 1999).

Mesmo com essas alterações, o cálculo da RAS envolvia apenas o efeito dos cátions Na, Ca e Mg, sendo o efeito do Ca igual ao do Mg e desconsiderando o efeito do K. Entretanto, Robbins (1984) avaliou a relação entre RAS e a Porcentagem de Sódio Trocável (PST) em solos com alta concentração de K⁺, concluindo que para relação Na/K < 4, ocorria influência do K⁺ na PST. Nesse sentido, Smiles e Smith (2004) propuseram a Razão de Adsorção de Cátions Monovalente (RACM), incluindo o K⁺ no cálculo do risco de dispersão do solo, $RACM = (Na+K)/\sqrt{(Ca+Mg)/2}$, porém apesar de poucos estudos sobre o efeito do K e Mg na estabilidade estrutural do solo (Jayawardane *et al.*, 2011), alguns trabalhos tem mostrado que o efeito do K⁺

é menor que do Na, e que o Mg pode causar deteriorização da estrutura do solo, principalmente devido ao raio e a energia de hidratação, quando comparado com o Ca. Com base no conceito da RAS e da RACM, Rengasamy e Marchuka (2011) propuseram um indicador mais detalhado para avaliar o risco de dispersão do solo a Cations Ratio of Soil Structural Stability (CROSS) $(Na + 0,56K)/[(Ca + 0,6Mg)/2]^{1/2}$, obtendo coeficiente de determinação com a argila dispersa do solo de 0,95, contra 0,70 e 0,90 da RAS e RACM, respectivamente.

Avaliando estudos da década de 1930, Smith, Oster e Sposito (2015) verificaram que já nessa época se sabia do efeito do $Na > K > Mg > Ca$ nas propriedades hidráulica do solo, e propuseram um índice com os quatro cátions para melhorar a avaliação da qualidade da água para irrigação, obtendo coeficientes para o potássio e magnésio, diferentes dos propostos por Rengasamy e Marchuka (2011), denominando de CROSS otimizado (CROSS_o).

Dessa forma, índices mais precisos que indiquem o risco de degradação do solo são desejados para entender as causas e efeitos das práticas agrícolas, pois em áreas irrigadas, o uso de águas de qualidade inferior pode causar dispersão do solo. Assim, objetivou-se com este trabalho comparar o método da relação entre cátions com a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) na avaliação do risco de dispersão de solo das águas para irrigação da Chapada do Apodi.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram provenientes de 355 amostras de água coletadas na Chapada do Apodi, região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte, sendo 224 de poço, 64 de rio e 67 de açude. 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' e os meridianos 37°30' a 38°5' WGr. Pelo regime térmico e pluviométrico, a região apresenta um clima do tipo BSw^h, segundo Koppen, ou seja, clima muito quente e semiárido, onde a estação chuvosa se atrasa para o outono, sendo a maior incidência de chuvas do 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 e temperatura é de aproximadamente 697 mm e 27,5°C, respectivamente (Carmo Filho; oliveira, 1995).

Nas amostras de água foram determinadas as seguintes características físico-químicas: pH, condutividade elétrica (CE), os cátions cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+) e potássio (K^+), e os ânions cloreto (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-) e carbonato (CO_3^{2-}), utilizando-se para as determinações a metodologia proposta por Richards (1954).

A interpretação da qualidade das águas deu-se pelo método Cations Ratio of Soil

Structural Stability (optimizing CROSS - CROSS_o), proposto por Smith *et al.* (2015), conforme Eq. 1, com Na, K, Ca e Mg em mmol_c L⁻¹, em comparação com outros índices que avaliam o risco de dispersão do solo, foi calculada a Razão de Adsorção de Cátions Monovalente (RACM) proposto por Smiles e Smith (2004), de acordo com a Eq. 2 e o índice Cations Ratio of Soil Structural Stability (CROSS) proposto por Rengasamy e Marchuka (2011) de acordo com a Eq. 3.

$$\text{CROSS}_o = \frac{\text{Na} + 0,335\text{K}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + 0,0758\text{Mg}}{2}}} \quad (1)$$

$$\text{RACM} = \frac{\text{Na} + \text{K}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}} \quad (2)$$

$$\text{CROSS} = \frac{\text{Na} + 0,56\text{K}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + 0,6\text{Mg}}{2}}} \quad (3)$$

Foram calculadas também a Razão de Adsorção de Sódio (RAS), Eq. 4; a Razão de Adsorção de Sódio ajustada (RAS_{aj}) e a corrigida (RAS_c) pelas Eq. 5 e Eq. 6, respectivamente, com Na, Ca e Mg em mmol_c L⁻¹, o pH_c sendo o pH de equilíbrio com a fase sólida do CaCO₃ e o Ca^o a concentração corrigida do cálcio na água de irrigação em mmol_c L⁻¹, de acordo com Ayers e Westcot (1999).

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{(\text{Ca} + \text{Mg})}{2}}} \quad (4)$$

$$\text{RAS}_{aj} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{(\text{Ca} + \text{Mg})}{2}}} [1 + (8,4 - \text{pH}_c)] \quad (5)$$

$$\text{RAS}_c = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{(\text{Ca}^o + \text{Mg})}{2}}} \quad (6)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando o risco de dispersão do solo pela CROSS_o, observa-se que a maior média foi para água de rio com 4,14 (mmol_c L⁻¹)^{0,5}, seguida das de poço e açude com 3,79 e 3,69 (mmol_c L⁻¹)^{0,5}, respectivamente (Tabela 1). Estes valores quando comparados com os da RAS, RAS_{aj}, RAS_c, RACM e CROSS seguem, independente da fonte de água avaliada, a sequência

RAS_{aj} > CROSS_o > RAS_c > CROSS > RACM > RAS, indicando que risco de dispersão calculado pela média do CROSS_o foi menor apenas com relação a RAS_{aj}. Para a relação da

CROSS_o com a RAS, RAS_{aj}, RAS_c, RACM e CROSS tem-se que, em média, que CROSS_o para as fontes é maior aproximadamente 1,33-1,39 vezes que a RAS, 1,13-1,27 que a RAS_c e equivalente a 0,61-0,73 vezes a RAS_{aj} (Tabela 2).

A relação linear entre CROSS_o com a RAS, RAS_{aj} e RAS_c para as diferentes fontes de água, apresentaram coeficiente de determinação variando de 0,8467 para a RAS_{aj} para água de rio até 0,9859 para RAS em açude (Figura 1). Avaliando os coeficientes angulares das retas, verifica-se valores maiores que 1 da CROSS_o em relação a RAS e RAS_c e, menor para a relação entre CROSS_o e RAS_{aj}, indicando também neste último caso, superestimação da RAS_{aj} em relação a CROSS_o. Apesar dos coeficientes angulares maiores que 1 da relação CROSS_o e RAS_c, estes foram intermediários entre RAS e RAS_{aj} para as fontes avaliadas. De maneira geral, o risco de dispersão do solo pela CROSS_o é, em média, 34,09 %, 32,29 % e 48,28 % maior que a da RAS; 12,63 %, 6,59 % e 35,26 % para RAS_c e de 44,02 %, 48,66 % e 27,99 % menor para RAS_{aj}, para águas de poço, rio e açude, respectivamente. Avaliando a composição catiônica medida na solução do solo na relação solo-água de 1:5, Rengasamy e Marchuk (2011) obtiveram declividade da reta CROSS (não otimizada) em função da RAS de 2,1422, maior que a obtida neste trabalho.

A superestimação da RAS_{aj} em relação a RAS e a RAS_c já foi verificada por Maia, Morais e Oliveira (1998 a, b) e Oliveira e Maia (1998), se confirmando também com relação a CROSS_o neste trabalho. Essa superestimação da RAS_{aj} alterou a classificação da água proposta por Richards (1954), quanto ao risco de sodificação, como observado por Maia, Morais e Oliveira (1998 a, b).

Levando em consideração que a CROSS_o é o método mais recente para avaliar a água de irrigação quanto ao risco de dispersão do solo, foi feita a comparação com o primeiro índice proposto para esta finalidade que foi a RAS. Assim, é importante salientar que o valor de 1,34 que superestima a CROSS_o em relação a RAS é um valor médio e depende da composição iônica da água de irrigação. O valor exato para cada amostra é dado por $f_x = \left(1 + \frac{0,335K}{Na}\right) \sqrt{\frac{Ca+Mg}{Ca+0,0758Mg}}$ que, para águas de poço, os valores de f_x variaram de 1,05 a 1,83, com média, desvio padrão e coeficiente de variação de 1,33, 0,15 e 11,48 %, respectivamente.

Porém, sendo ω a relação Ca/Mg, outra forma de calcular o fator é $f_x = \left(1 + \frac{0,335K}{Na}\right) \sqrt{\frac{1+\omega}{0,0758+\omega}}$ e a CROSS_o calculada por $CROSS_o = f_x \cdot RAS$. Com relação a RAS_c, RAS_{aj}, RACM e CROSS, esse fator é dado por $\sqrt{\frac{Ca+Mg}{Ca^0+Mg}}$, $[1 + (8,4 - pH_c)]$, $\left(1 + \frac{K}{Na}\right)$ e $\left(1 + \frac{0,56K}{Na}\right) \sqrt{\frac{Ca+Mg}{Ca+0,6Mg}}$,

respectivamente, explicando a superestimação da RAS_{aj} na maioria dos casos, e a subestimação da RAS, RAS_c , RACM e CROSS.

Entretanto, mesmo sendo o risco de degradação da estrutura do solo para mesma amostra de água maior na $CROSS_o$ que na RAS, usa-se menos gesso para baixar a $CROSS_o$ pela adição do cálcio em relação a RAS. Sendo a quantidade de cálcio em $mmol_c L^{-1}$ para baixar a RAS e a $CROSS_o$ calculada por $QCa = (Ca + Mg) \left[\frac{1}{(1-f_c)^2} - 1 \right]$ e $QCa' = (Ca + 0,0758Mg) \left[\frac{1}{(1-f_c)^2} - 1 \right]$, respectivamente, com f_c a fração das RAS ou $CROSS_o$ a ser baixada (decimal) e, sendo $\frac{QCa}{QCa'} = \frac{Ca+Mg}{Ca+0,0758Mg}$, esta relação é maior que 1, indicando adicionar mais cálcio para baixar a RAS em relação a $CROSS_o$.

Assim, levando em consideração que a solubilidade em água e a concentração de cálcio no gesso é de aproximadamente $2 g L^{-1}$ e 16 % de Ca^{2+} , respectivamente, a quantidade de gesso aplicada para baixar a $CROSS_o$ é calculada por $QG = 125(Ca + 0,0758Mg) \left[\frac{1}{(1-f_c)^2} - 1 \right]$, com QG a quantidade de gesso em $mg L^{-1}$ e f_c a fração de $CROSS_o$ que deseja diminuir (decimal).

CONCLUSÕES

1. O risco de dispersão do solo das águas da Chapada do Apodi usando a Cations Ratio of Soil Structural Stability (optimizing CROSS - $CROSS_o$) foi Rio > poço \approx açude.
2. A $CROSS_o$ superestima a RAS em média de 34 %, 32 % e 48 % nas águas de poço, rio e açude, respectivamente.
3. A quantidade de gesso adicionada na água para baixar o risco de dispersão é menor usando a $CROSS_o$ que a RAS.

REFERÊNCIAS

- ALOBAILY, A. H. M. J. *et al.* Evaluation of Treated Municipal Wastewater Quality for Irrigation. **Journal of Environmental Protection**, v. 01, n. 03, p. 216-225, 2010.
- ASADOLLAHFARDI, G *et al.* Sodium Adsorption Ratio (SAR) Prediction of the Chalgazi River Using Artificial Neural Network (ANN) Iran. **Current World Environment**, v. 08, n. 02, p. 169-178, 2013.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

CARMO FILHO F.; OLIVEIRA, O. F.; **Mossoró**: Um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 1995. 62p. (Coleção Mossoroense, série B).

JAYAWARDANEA, N. S. *et al.* Evaluation of the effects of cation combinations on soil hydraulic conductivity. **Australian Journal of Soil Research**, v. 49, n. 1, p. 56-64, 2011.

MAIA, C. E., MORAIS, E. R. C.; OLIVEIRA, M. 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. **Revista Caatinga**, v.11, n. 1/2, p.47-52, 1998b.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; OLIVEIRA, M. 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. **Revista Caatinga**, v.11, n. 1/2, p.41-46, 1998a.

OLIVEIRA, M., MAIA, C. E. Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 02, n. 01, p. 17-21, 1998.

RASHIDI, M.; SEILSEPOUR, M. Prediction of Soil Sodium Adsorption Ratio Based on Soil Electrical Conductivity. **Middle-East Journal of Scientific Research**, v. 08, n. 02, p. 379-383, 2011.

RENGASAMYA, P.; MARCHUKA, A. Cation ratio of soil structural stability (CROSS). **Soil Research**, v. 49, n. 03, p. 280-285, 2011.

RHOADES, J. D. Quality of water for irrigation. **Soil Science**, v. 113, n. 04, p. 277-284, 1972.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U. S. Salinity Laboratory-USDA, 1954. 160p. (Agriculture handbook, 60).

SMILES, D.; SMITH, C. A survey of the cation content of piggery effluents and some consequences of their use to irrigate soil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 42, n. 02, p. 231-246, 2004.

SMITH, C. J.; OSTER, J. D.; SPOSITO, G. Potassium and magnesium in irrigation water quality assessment. **Agriculture Water Manage**, v. 157, p. 59-64, 2015.

SUAREZ, D. I. Relation between pH_c and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternate

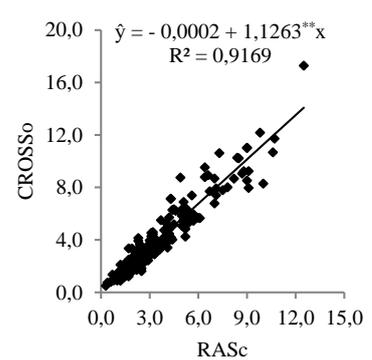
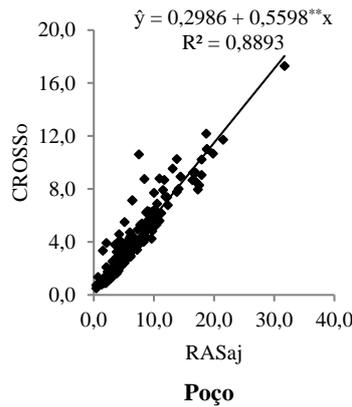
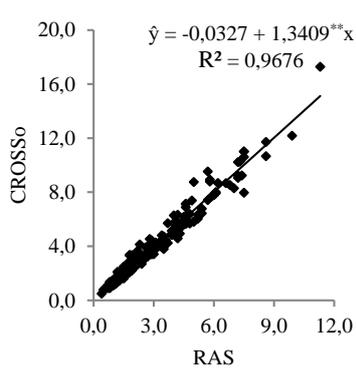
method of estimating SAR of soil or drainage water. **Soil Science Society of America Journal**, v. 45, p.469-475, 1981.

Tabela 1. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) de CROSS_o, RAS, RAS_{aj}, RAS_c, RACM, CROSS e relação CROSS_o/RAS para as fontes avaliadas

	CROSS _o	RAS	RAS _{aj}	RAS _c	RACM	CROSS
	----- Poço -----					
Média	3,79	2,85	6,23	3,36	3,00	3,22
Desvio	2,72	1,99	4,58	2,31	2,01	2,22
CV (%)	71,74	69,96	73,44	68,69	66,97	68,63
	----- Rio -----					
Média	4,14	3,15	6,09	3,49	3,33	3,57
Desvio	2,42	1,80	4,34	2,17	1,79	1,99
CV (%)	58,43	57,18	71,24	62,19	53,74	55,83
	----- Açude -----					
Média	3,69	2,65	5,03	2,89	2,74	3,02
Desvio	2,79	1,87	3,69	2,02	1,87	2,14
CV (%)	75,72	70,58	73,34	69,90	68,29	70,93

Tabela 2. Relação CROSS_o com a RAS, RAS_{aj}, RAS_c, RACM e CROSS para as fontes avaliadas

	CROSS _o /RAS	CROSS _o /RAS _{aj}	CROSS _o /RAS _c	CROSS _o /RACM	CROSS _o /CROSS
Poço	1,33	0,61	1,13	1,26	1,18
Rio	1,31	0,68	1,19	1,24	1,16
Açude	1,39	0,73	1,28	1,35	1,22



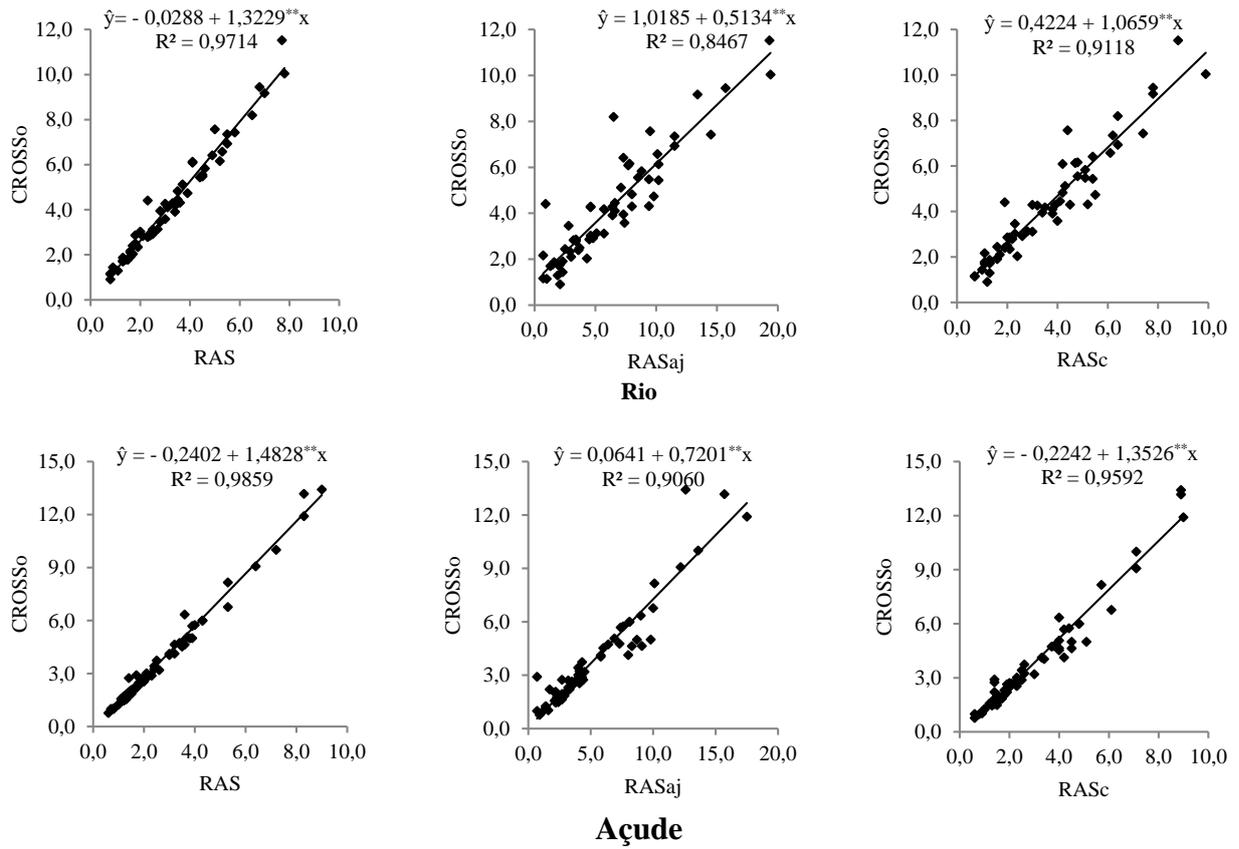


Figura 1. Relação entre a CROSS_o com a RAS, RAS_{aj} e RAS_c para águas de poço, rio e açude da Chapada do Apodi