

RELAÇÃO ENTRE BICARBONATO E CLORETO EM ÁGUAS PARA FINS DE IRRIGAÇÃO

CELSEMY E. MAIA¹; KELLY KALIANE R. P. RODRIGUES²; VIVIANE DA S. LACERDA³

¹ Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), 59625-900, Mossoró, RN, Brasil. E-mail: celsemy@ufersa.edu.br.

² Engenheira Agrônoma, Mestre em Irrigação e Drenagem. Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia. Universidade Federal do Ceará.

³ Engenheira Agrônoma, Doutoranda do Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal. Universidad de Valladolid. Palencia, España.

1 RESUMO

A relação entre as concentrações de bicarbonato e cloreto são importantes para avaliar a qualidade da água de irrigação. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar a relação entre a concentração de bicarbonato e cloreto nas águas para fins de irrigação do Nordeste brasileiro. O banco de dados usado foi composto por 537 análises, oriundas de 55 propriedades rurais, sendo 332 análises de água de poço, 69 de rio e 136 de açude. As determinações físico-químicas feitas nas amostras de águas e utilizadas nesse trabalho foram: pH, CE e as concentrações em mmol_c L⁻¹ de Ca, Mg, Na, K, Cl, HCO₃, CO₃ e SO₄. Concluiu-se que a relação HCO₃/Cl diminui potencialmente com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, com predomínio de cloreto sendo observado para condutividade elétrica maior que 0,60 dS m⁻¹, 0,52 dS m⁻¹ e 0,43 dS m⁻¹, para águas de poço, rio e açude, respectivamente. A relação HCO₃/Cl também diminui potencialmente em função das concentrações de cálcio, magnésio e sódio da água de irrigação. Águas com HCO₃/Cl ≤ 1 apresentam maior risco de alcalinização do solo.

Palavras-Chave: qualidade de água, salinidade, alcalinidade.

MAIA, C. E.; RODRIGUES, K. K. E. P.; LACERDA, V. da S.
RELATIONSHIP BETWEEN BICARBONATE AND CHLORIDE IN WATER FOR IRRIGATION PURPOSES

2 ABSTRACT

The relationship between the concentrations of bicarbonate and chloride are important for assessing the irrigation water quality. In this sense, the objective of this study was to evaluate the relationship between the concentration of bicarbonate and chloride waters for irrigation purposes in Northeast Brazil. The database used was composed of 537 analysis originated from 55 farms, 332 are analysis of well water, 69 of the river and 136 of the dam. The physical and chemical determinations made on water samples and used in this study were: pH, EC and concentrations in mmol_c L⁻¹ Ca, Mg, Na, K, Cl, HCO₃, CO₃ and SO₄. It was concluded that the relationship HCO₃/Cl decreases with increasing electrical conductivity of irrigation water, with a predominance of chloride was observed for electrical conductivity

greater than 0.60, 0.52 and 0.43 dS m⁻¹ for water wells, river and dam, respectively. The relationship HCO₃/Cl also decreases as a function of calcium, magnesium and sodium in the irrigation water. Waters with HCO₃/Cl ≤ 1 higher the risk of soil alkalization.

Keywords: water quality, salinity, alkalinity.

3 INTRODUÇÃO

O agronegócio é responsável por cerca de 70% do consumo de água mundial e os produtores rurais são os que mais sofrem com a utilização inadequada dos recursos hídricos. De acordo com Lima (2001) a água vem sendo fortemente alterada com as mudanças demográficas, a velocidade e a extensão da globalização e com o desenvolvimento socioeconômico impulsionado pelo avanço tecnológico. Dessa forma, a água passou a ser uma preocupação crescente não apenas no que se refere à quantidade disponível, mas, principalmente, em relação à sua qualidade acarretando prejuízos e restrições nos seus usos múltiplos, pois dependendo das suas características físicas, químicas e biológicas, o seu uso pode se tornar limitado ou inviabilizado. Assim, o uso de água na irrigação, enquanto contribui de maneira significativa para o aumento da produtividade, em determinadas situações, sobretudo em zonas de clima árido e semiárido, pode resultar em acúmulo do teor de sais no solo. À medida que a qualidade da água se agrava, o uso desta na irrigação sem o manejo adequado pode acarretar sérios danos ao solo devido a um aumento da concentração de sais e de sódio trocável, o que reduz a sua fertilidade e, em longo prazo, pode promover uma maior concentração de sais no lençol freático ou levar à desertificação da área afetada (RIBEIRO et al., 2010).

A alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, pois apresenta atividade osmótica retendo a água, além da ação de íons sobre o protoplasma. Ayers e Westcot (1999) afirmam que os íons que mais frequentemente causam toxicidade são o cloreto, sódio e o boro. Um excesso de sódio, e, sobretudo, um excesso de cloreto no protoplasma ocasionam distúrbio em relação ao balanço iônico (potássio e cálcio em relação ao sódio), bem como o efeito específico dos íons sobre as enzimas e membranas (LARCHER, 2000). Dessa maneira, a composição iônica da água de irrigação, principalmente cloreto e bicarbonato, podem interferir no crescimento das plantas. Por outro lado, águas com predomínio de carbonato/bicarbonato pode levar a sodificação do solo, além de diminuir a concentração de cálcio e magnésio no solo devido a precipitação desses (GARG; GARG, 1980). Além disso, pode afetar a absorção de nutrientes pelo aumento do pH, diminuindo a disponibilidade dos nutrientes do solo, principalmente do Fe (PALIWAL et al, 1978).

Santos et al. (1984) trabalhando com águas subterrâneas do cristalino do Rio Grande do Norte observaram que a composição química dessas águas são afetadas por outros fatores que não somente devido a lixiviação de sais do solo. Os autores afirmam que o sódio, inicialmente mais alto que os cloretos, aumentam gradativamente com o aumento da salinidade, porém, à partir de uma dada concentração, seu valor cai rapidamente, ao mesmo tempo em que aumentam os teores de cálcio e magnésio. Com o aumento da salinidade, o sódio, o cálcio e o magnésio crescem paralelamente e abaixo da linha de cloretos, enquanto bicarbonatos caem muito rapidamente. Ainda segundo os mesmos autores, o acúmulo de cloreto nos solos sob cultivo intensivo se deve principalmente pelos teores do elemento na água de irrigação. Existe um efeito de competitividade pelos sítios de troca no sistema solo-

planta tanto entre cloreto e nitrato, quanto pelos ânions de cloreto e de sulfato. Nesse caso, a produtividade das culturas pode ser afetada.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a relação entre a concentração de bicarbonato e cloreto nas águas para fins de irrigação do Nordeste brasileiro.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados foram provenientes do banco de dados gerado durante o Programa Geração e Adaptação de Tecnologia (GAT), cujo objetivo principal era a geração e implantação de tecnologias adaptadas às condições do pequeno agricultor. Foram amostradas, mensalmente, águas de diferentes origens e épocas em propriedades situadas nos estados do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte a partir do início de 1988 (MEDEIROS, 1992). O banco de dados, depois de uma análise crítica, eliminando-se as análises fora dos padrões normais, tem 537 análises, oriundas de 55 propriedades rurais, sendo 17 no Rio Grande do Norte, 19 no Ceará e 19 na Paraíba. A quantidade de análises por fonte é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1. Número de análises por fonte

Fonte	Número de análises
Poço	332
Rio	69
Açude	136
Total	537

As determinações físico-químicas feitas nas amostras de águas e utilizadas nesse trabalho foram: pH, CE, Ca, Mg, Na, K, Cl, HCO₃, CO₃ e SO₄. Em que se utilizou para essas determinações a metodologia proposta por Richards (1954), exceto para o sulfato, para o qual utilizou a metodologia recomendada por Wpfe (1980) citada por Leite (1991). Com os dados avaliou-se por meio de regressão a relação entre relação HCO₃/Cl em função da CE e das concentrações de cálcio, magnésio e sódio.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de cloreto e bicarbonato em função da condutividade elétrica são observadas na Figura 1, onde se verifica melhor ajuste para o cloreto em comparação com o bicarbonato para as três fontes. O bicarbonato apresentou bom ajuste apenas para água de rio com coeficiente de determinação de 0,6893.

Avaliando a relação HCO₃/Cl em função da condutividade elétrica, observa-se na Figura 2 que para as três fontes avaliadas, bom ajuste dessa relação, com os coeficientes de determinação sendo semelhantes para rio e açude e com menor valor para águas de poço. Maia (1996) trabalhando com qualidade de água para fertirrigação, observou que o melhor ajuste para as águas de rio, provavelmente se deve ao fato dessas águas possuírem menores variações nas suas águas comparadas com as outras origens. Ainda analisando-se esta relação, verificou-se que à medida que se aumenta a CE, o valor da relação HCO₃/Cl diminui, sendo inferior a 1 nas águas de poço para CE maior que 0,6 dS m⁻¹. Para rio e açude esses valores são de 0,52 e 0,43 dS m⁻¹, respectivamente. Isto nos permite concluir que, quanto maior for a

condutividade elétrica, maior será a concentração do cloreto em relação ao HCO_3 . Santos et al. (1984) trabalhando com águas subterrâneas do cristalino do Rio Grande do Norte, verificaram que com o aumento da condutividade elétrica, o sódio, o cálcio e o magnésio crescem paralelamente e abaixo da linha de cloretos, enquanto bicarbonatos caem muito rapidamente.

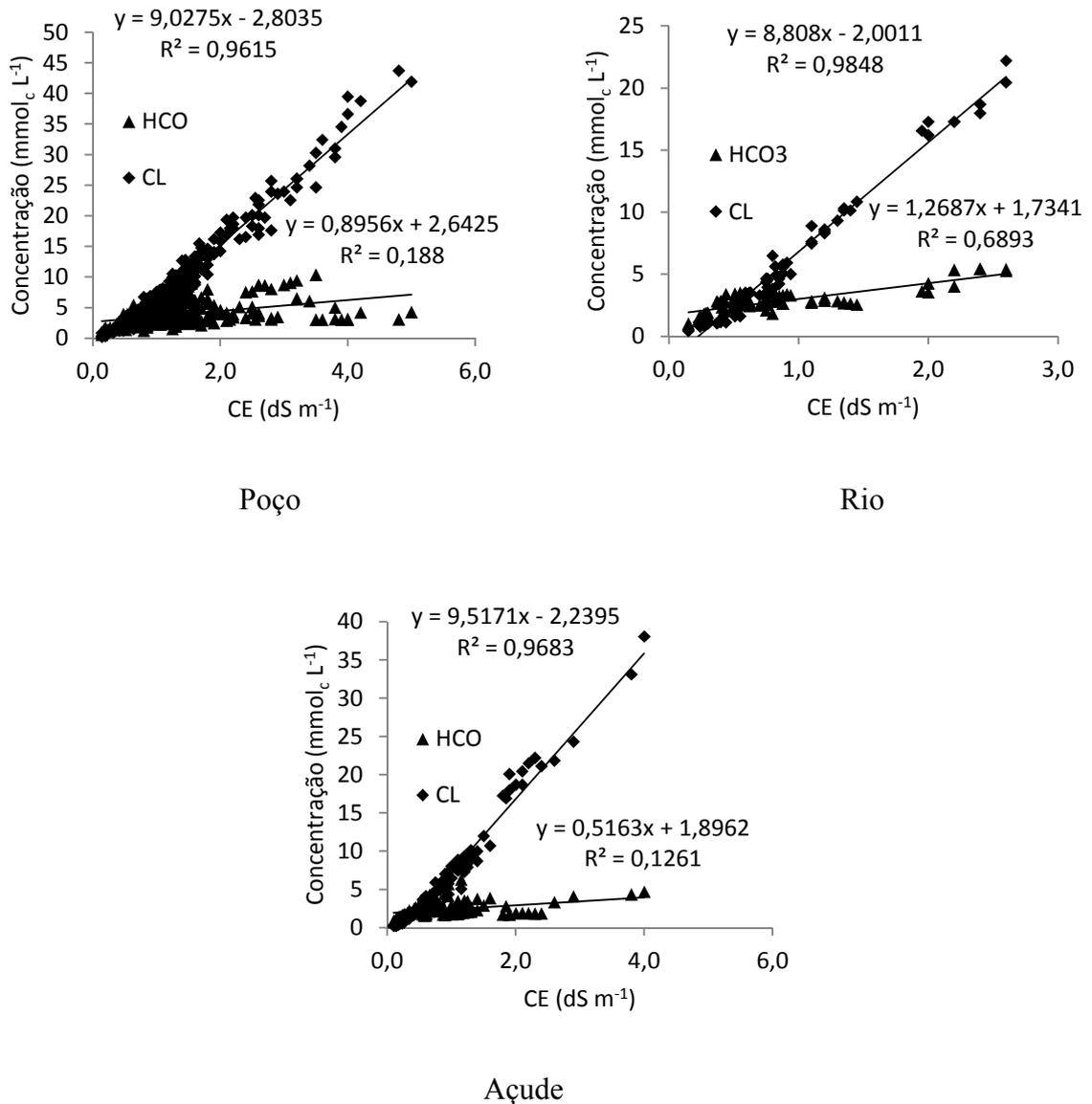


Figura 1. Relação de bicarbonato e cloreto em função da condutividade elétrica da água de irrigação

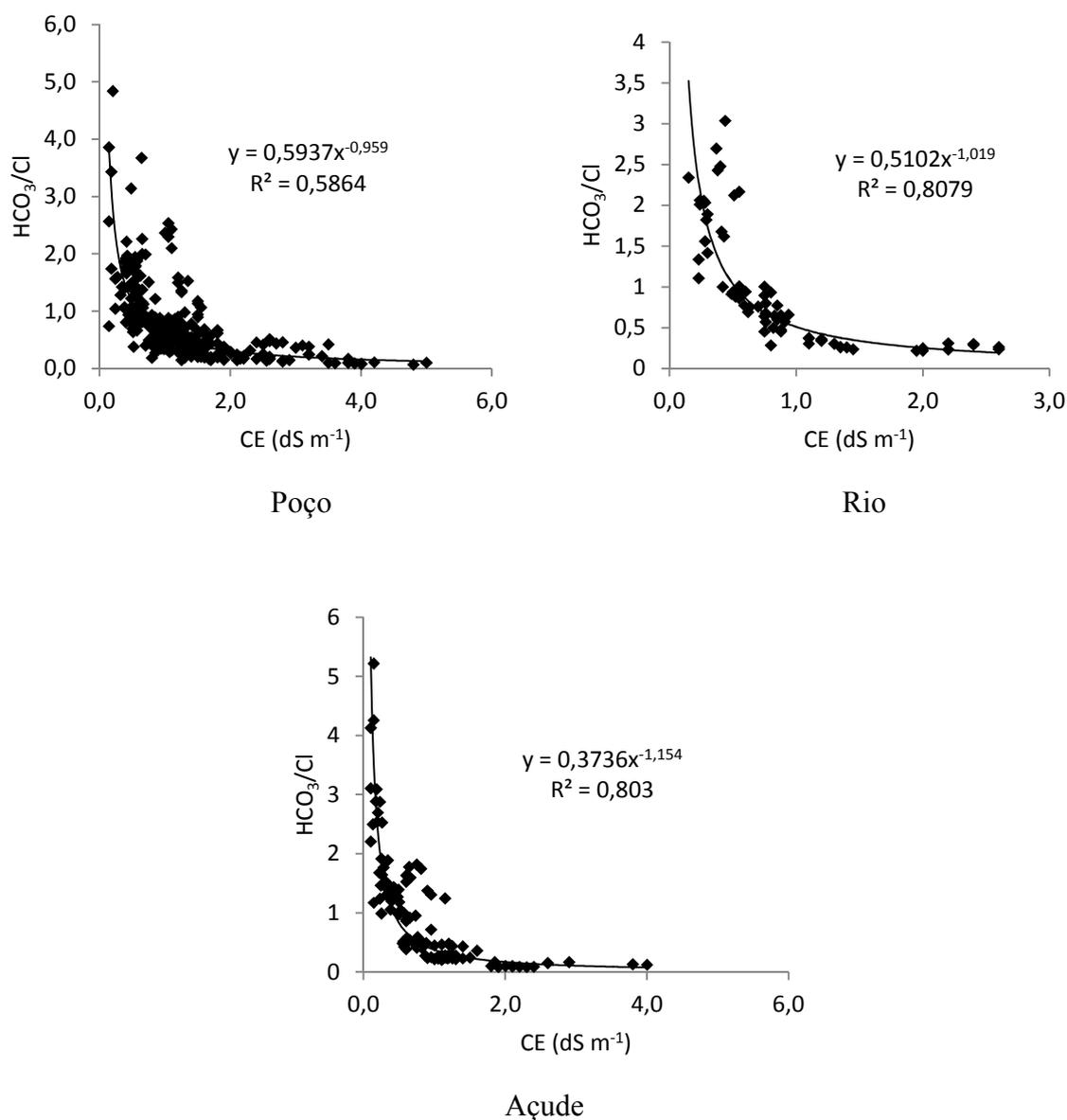


Figura 2. Relação HCO₃/Cl em função da Condutividade Elétrica.

Na Tabela 2, observam-se as médias para as características químicas das águas tanto para $\text{HCO}_3/\text{Cl} \leq 1$ como para $\text{HCO}_3/\text{Cl} > 1$. Avaliando os valores de bicarbonato para estas duas condições, observa-se para as três fontes, que o grau de restrição dessas águas para irrigação por aspersão convencional é de ligeira a moderada, já que concentração menor que $1,5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ desse ânion não apresenta nenhum grau de restrição (AYERS; WESTCOT, 1991). Porém, para Boas et al. (1994) a concentração de bicarbonato entre $0,66$ e $2,95 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ apresenta nível de dano alto para uso na fertirrigação. Outro ponto importante é o carbonato de sódio residual (CSR), cujo valor positivo indica que poderá formar o carbonato/bicarbonato de sódio que, devido a sua maior solubilidade quando comparado com carbonato/bicarbonato de cálcio ou magnésio, contribui para o aumento do pH do solo, principalmente em solos com baixo poder tampão, como os solos arenosos. Nesse sentido, observa-se na Tabela 2 que o risco de aumento do pH do solo pelo uso da irrigação é maior

para águas de poço independente se HCO_3/Cl é maior ou menor que 1. Para águas de rio e açude, esse risco só é verificado para $\text{HCO}_3/\text{Cl} \leq 1$.

Tabela 2. Média de pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na), bicarbonato (HCO_3), carbonato (CO_3), cloreto (Cl), sulfato (SO_4) e carbonato de sódio residual (CSR) para águas com relação HCO_3/Cl menor/igual e maior que 1

HCO_3/Cl	pH	Ca	Mg	K	Na	HCO_3	CO_3	Cl	SO_4	CSR ¹
Poço										
≤ 1	7,82	1,07	0,10	0,10	2,59	2,47	0,14	2,04	0,15	1,45
> 1	7,97	2,99	0,14	0,14	8,82	4,12	0,43	10,21	0,63	1,42
Rio										
≤ 1	7,92	1,03	0,76	0,11	1,63	2,15	0,09	1,34	0,05	0,46
> 1	7,94	2,95	3,05	0,22	5,71	3,21	0,36	8,03	0,49	-2,44
Açude										
≤ 1	7,74	0,73	0,56	0,14	1,06	1,58	0,01	0,95	0,01	0,31
> 1	7,87	2,15	2,74	0,18	6,60	2,62	0,18	8,54	0,42	-2,08

¹ calculado com os valores médios: $\text{CSR} = (\text{HCO}_3 + \text{CO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg})$

Levando em consideração que a relação $\text{HCO}_3/(\text{Ca}+\text{Mg})$ fornece informação sobre a capacidade da presença do carbonato de sódio residual (CSR), observa-se na Figura 3 que essa relação, semelhante a observada com HCO_3/Cl , decresce potencialmente com o aumento da condutividade elétrica, indicando que o maior risco de alcalinização dos solos são para águas com baixas salinidade. Porém, avaliando a relação $\text{HCO}_3/(\text{Ca}+\text{Mg})$ em função de HCO_3/Cl , observa-se na Figura 4 que esta cresce potencialmente até aproximadamente uma relação HCO_3/Cl igual a 2 para as três fontes, se mantendo constante após esse valor. Os valores médios de $\text{HCO}_3/(\text{Ca}+\text{Mg})$ para $\text{HCO}_3/\text{Cl} > 2$ foram 1,48 para águas de poço e 1,29 para águas de rio e açude. Segundo Audry e Suassuna (1995) entre duas águas com mesma concentração de sais e mesma Razão de Adsorção de Sódio (RAS), uma apresentando maior proporção e cloreto e outra de bicarbonato, a segunda será muito mais perigosa do ponto de vista do risco de sodificação.

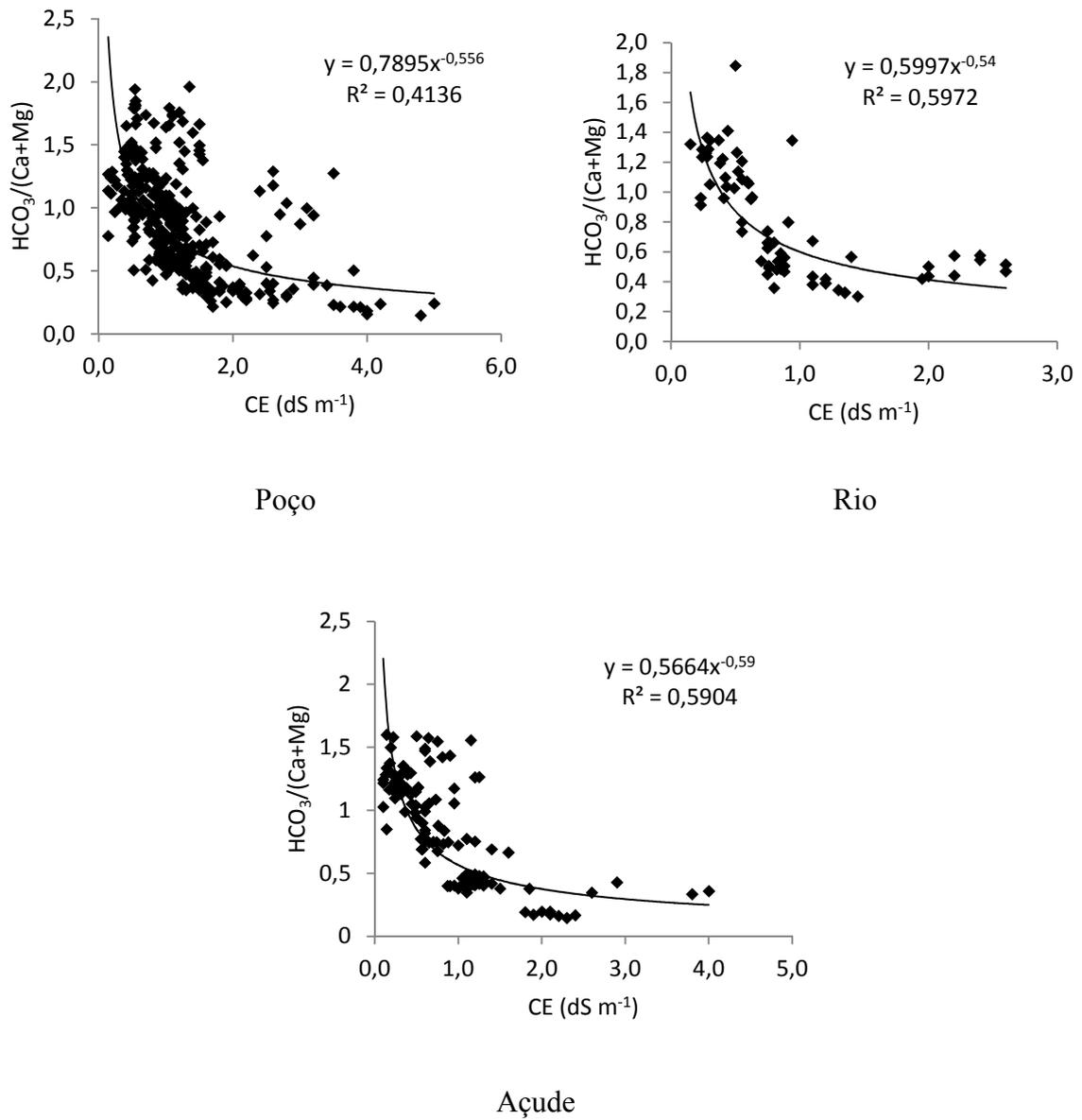


Figura 3. Relação $\text{HCO}_3/(\text{Ca}+\text{Mg})$ em função da condutividade elétrica (CE).

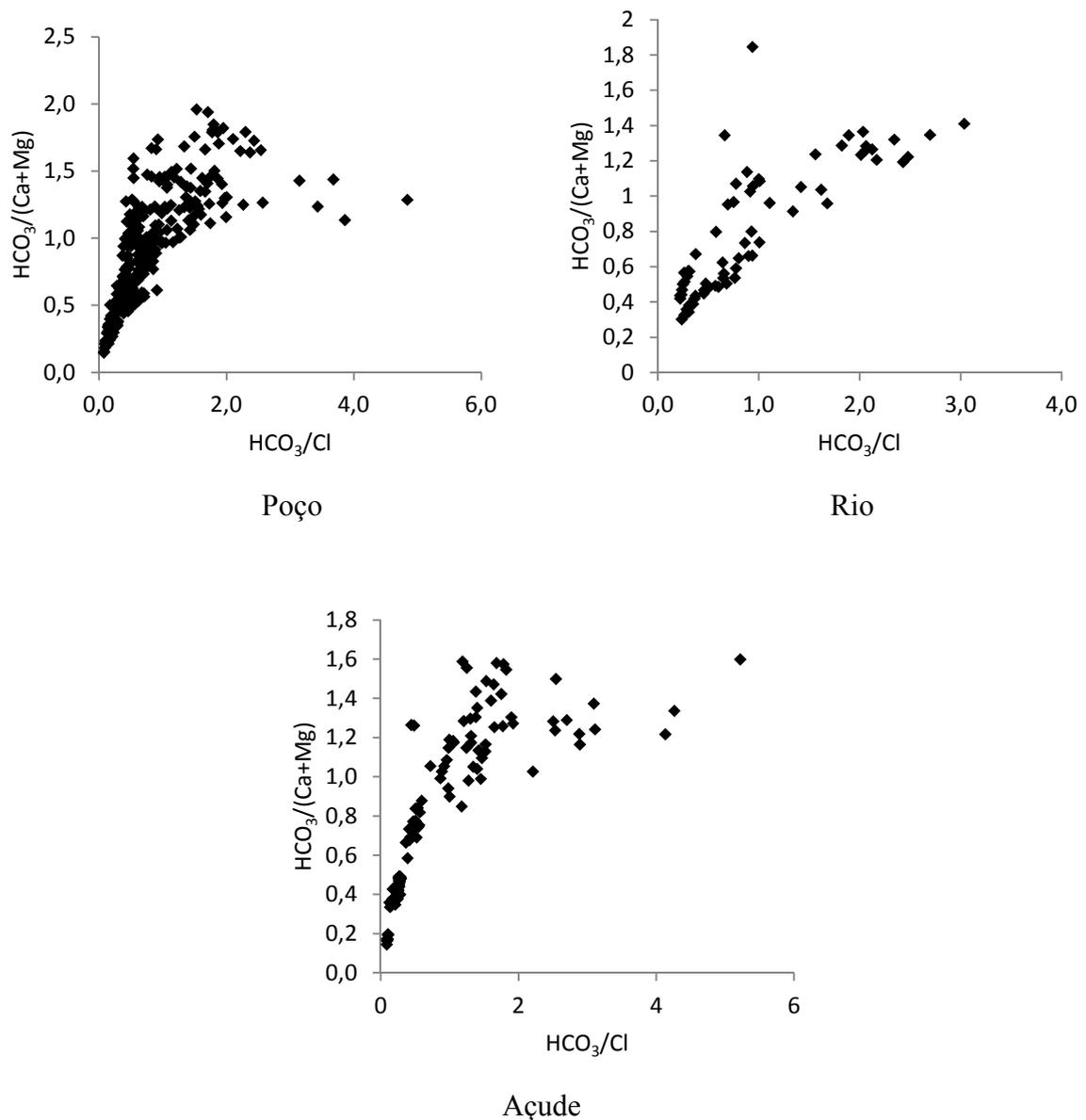


Figura 4. Relação $\text{HCO}_3/(\text{Ca}+\text{Mg})$ em função de HCO_3/Cl .

Na prática, isso implica que quanto menor a condutividade elétrica da água de irrigação, maior a relação HCO_3/Cl , indicando maiores concentrações de HCO_3 em relação ao Cl , diminuindo esta relação com o aumento da condutividade elétrica. Com isso, água com baixa condutividade elétrica, o predomínio de HCO_3 pode acarretar aumento do pH do solo, consequentemente diminuindo a disponibilidade dos nutrientes do solo, podendo acentuar a deficiência dos nutrientes, principalmente de micronutrientes (VALDEZ-AGUILAR; REED, 2010). Bohn et al. (2001) citam um exemplo de desbalanço nutricional que é a toxicidade por bicarbonato em muitos ambientes salinos. Isto resulta, primeiramente, na redução da disponibilidade de Fe em alto pH, comuns em solos com alta concentração de bicarbonato (NORVELL; ADAMS, 2006). De acordo com Whipker et al. (1996), os teores de bicarbonatos e carbonatos são as principais formas químicas que contribui para a alcalinidade, mas hidróxidos dissolvidos, amônia, borato, bases orgânicas, fosfatos e silicatos também

podem contribuir para a alcalinidade. Cita também que os íons carbonatos e bicarbonatos podem ter efeito tóxico para o crescimento das plantas. Segundo Maia (1996) esse efeito tóxico acredita ser devido à interferência na absorção das raízes de elementos essenciais e associado ao aumento no pH na solução do solo, do que a absorção direta dos íons carbonatos e bicarbonatos pelas plantas. Nesse sentido, Bie et al. (2004) afirmam que concentrações tóxicas de bicarbonato diminui a área foliar, conseqüentemente diminuindo a biomassa. Segundo os autores, isso se deve a diminuição da taxa fotossintética e da condutância estomática induzida pelo bicarbonato. Segundo Ayers e Westcot (1991), se as águas apresentarem concentração de cálcio e bicarbonato maior que 6,0 e 5,0 mmol_c L⁻¹, respectivamente, podem ocorrer precipitações na fertirrigação de fertilizantes fosfatados. Cuidados devem ser tomados na incorporação de agroquímicos à água de irrigação, em especial os fertilizantes devido às possíveis condições favoráveis a saturação, provocando precipitação. Outro problema que se pode ter é que o acúmulo de carbonato/bicarbonato, principalmente de cálcio, pela água de irrigação, pode provocar o processo de cimentação no solo, podendo ocorrer depois de um período de 5-7 anos de irrigação, dificultar a penetração da água de irrigação e das raízes. Fernández-Fálcon et al. (1986) avaliando o efeito do cloreto e bicarbonato no crescimento e nutrição em rosas “Mercedes” verificaram o efeito do bicarbonato na concentração de potássio foliar. Resultado semelhante foi obtido por Ivanov and Ivanova (1976) em citros. Fernández-Fálcon et al. (1986) ainda observaram diminuição da concentração do ferro foliar na rosa “Mercedes”, ocorrendo clorose, principalmente devido a precipitação do Fe na forma de carbonato/bicarbonato. Outro efeito negativo do cloreto e bicarbonato observado pelos autores foi a diminuição do número total de rosas causado pelo cloreto e bicarbonato. Outro fator negativo segundo Burt et al. (1995) é que a presença de bicarbonatos, carbonatos e silicatos na água de irrigação não somente reduz a eficiência do fertilizante como pode formar precipitados insolúveis que podem reduzir o diâmetro das tubulações e dos emissores.

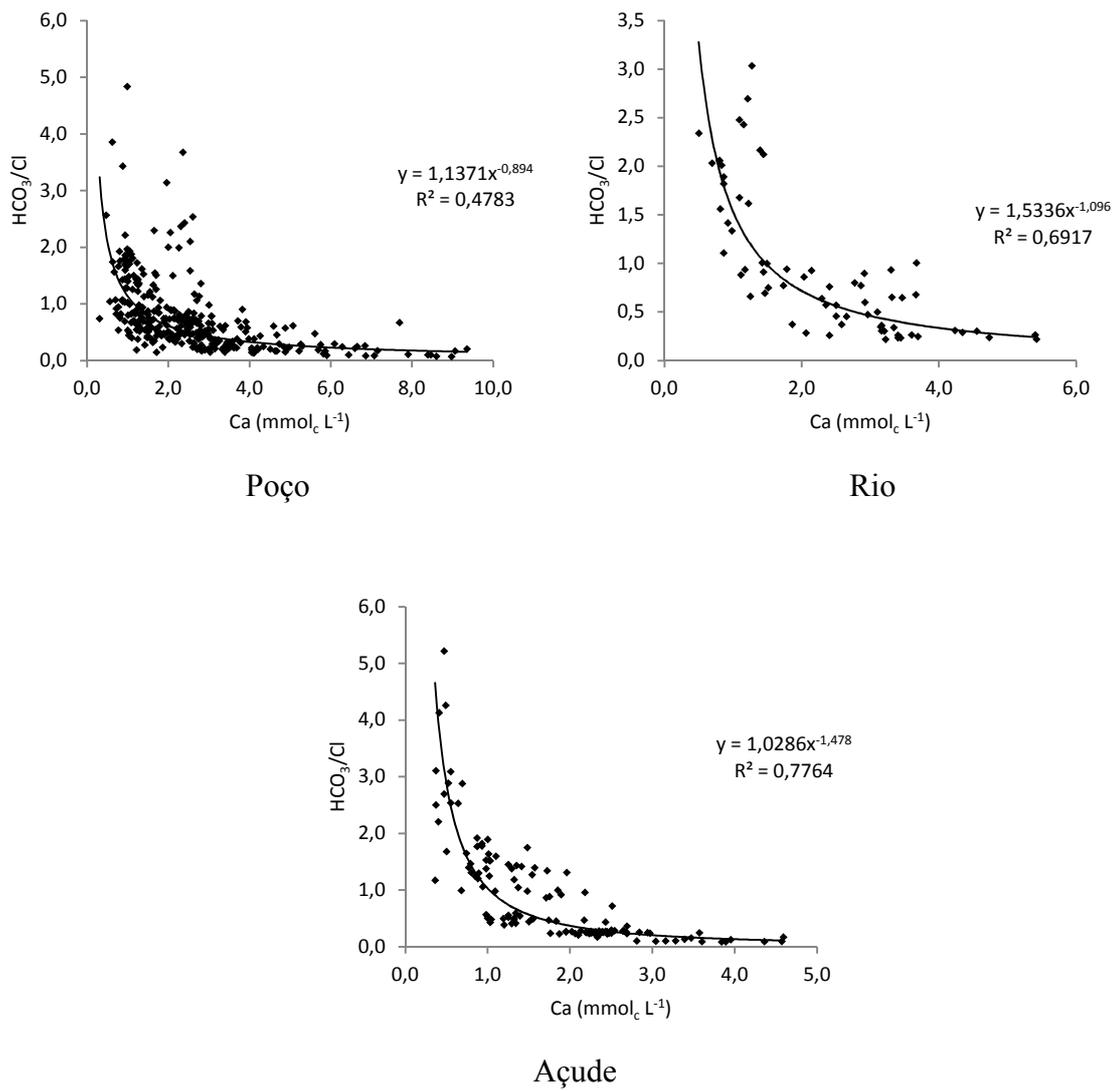


Figura 5. Relação HCO_3^-/Cl em função da concentração de cálcio.

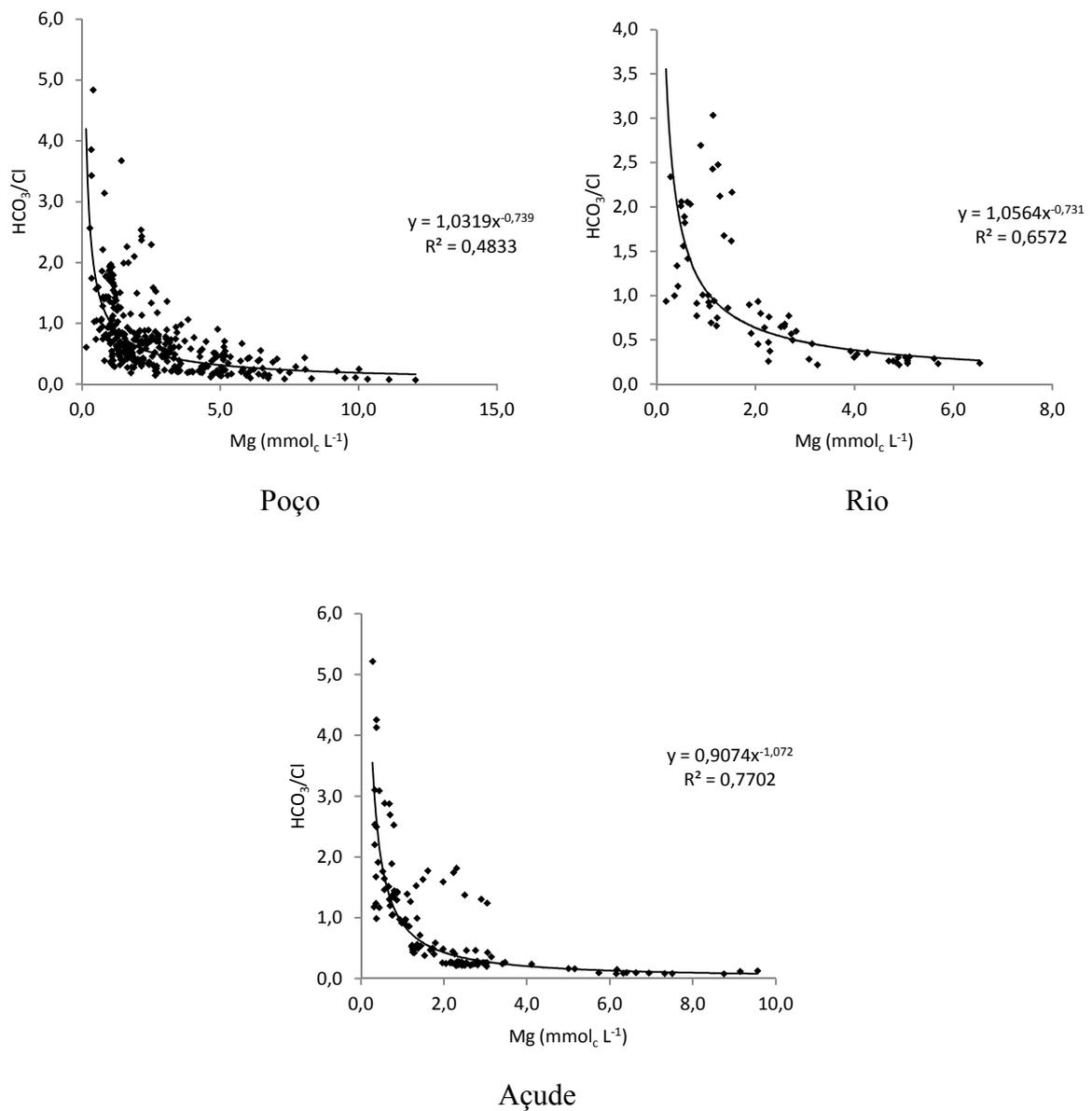


Figura 6. Relação HCO₃⁻/Cl⁻ em função da concentração de magnésio.

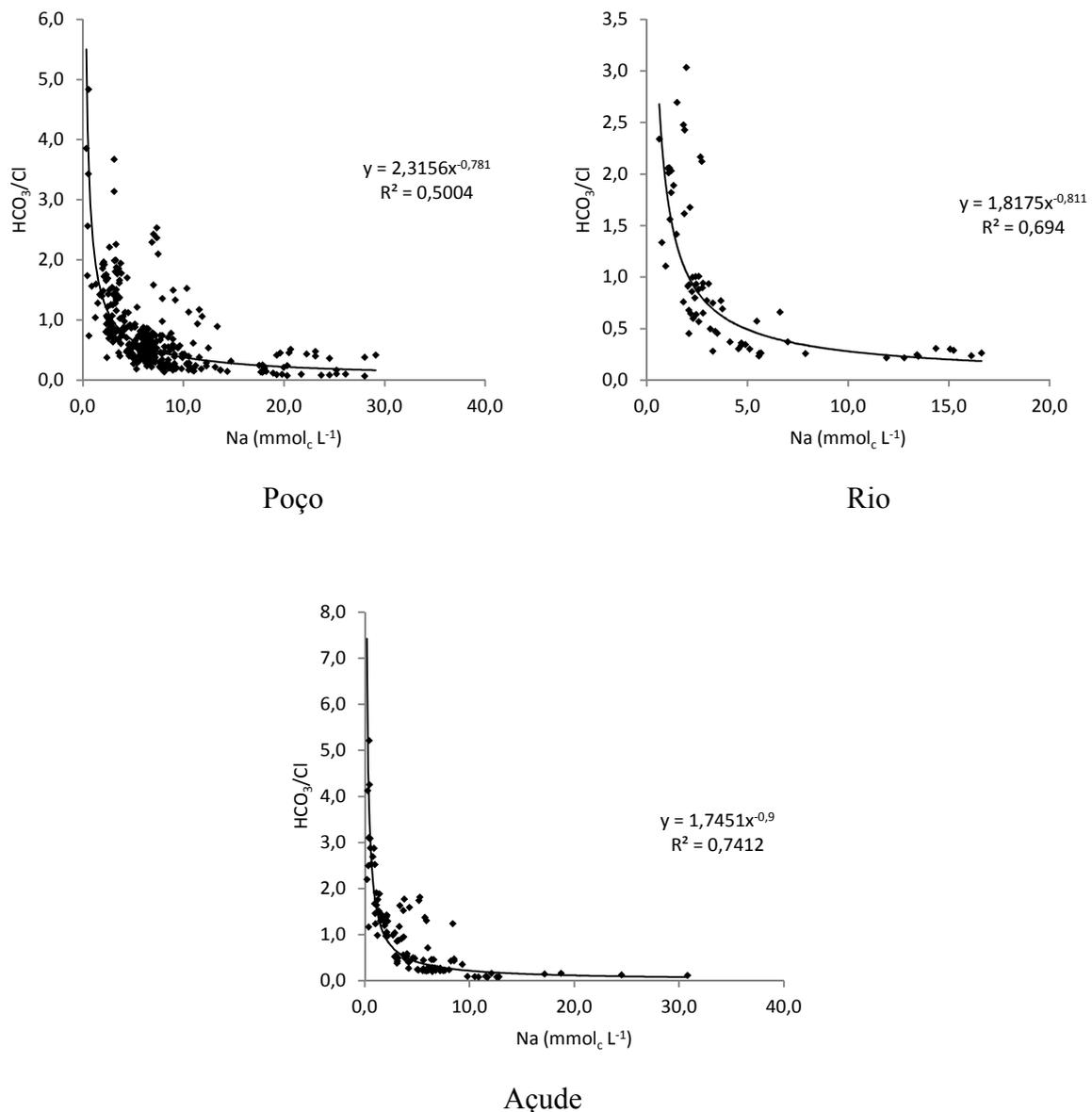


Figura 7. Relação HCO₃⁻/Cl em função da concentração de sódio.

No caso de água com predomínio de cloreto, estes são absorvidos pelas raízes e transportados às folhas onde é acumulado, acarretando queima nas bordas das folhas, principalmente em condições de alta evapotranspiração. Além disso, o excesso de bicarbonato no solo contribui negativamente na estrutura do solo. Isso acontece porque o bicarbonato reage com o cálcio, precipitando-o, conseqüentemente, aumentando a concentração relativa de sódio, causando a dispersão do solo. A precipitação do cálcio na forma de bicarbonato faz diminuir o pH, por isso a aplicação de gesso em solos alcalinos faz baixar o pH do solo. Nesse sentido, é importante também observar a quantidade de cloreto aplicado ao solo tanto na forma de fertilizante, principalmente cloreto de potássio, como via água de irrigação. Um excesso desse nutriente no solo diminui a absorção de N-NO₃⁻ e S-SO₄²⁻, além de pode causar toxicidade principalmente em culturas sensíveis, como a manga, cujo sintoma é semelhante a deficiência de Fe (XU et al., 2000). A toxicidade por cloreto geralmente é resolvida com aplicação de quantidades adequadas de N-NO₃⁻ principalmente via fertirrigação.

Avaliando a relação HCO_3/Cl em função das concentrações de cálcio, magnésio e sódio, observa-se na Figura 5, 6 e 7 que, semelhante ao observado em função da CE, que os valores de HCO_3/Cl diminuem potencialmente com o aumento das concentrações desses cátions. Para água de poço, concentrações menores que 1,15, 1,48 e 1,02 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de Ca, Mg e Na, respectivamente, satisfazem a condição de $\text{HCO}_3/\text{Cl} > 1$. Para água de rio esses valores são de 1,18, 1,08 e 2,09 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ e para açude, 1,02, 0,91 e 1,86 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$.

6 CONCLUSÕES

A relação HCO_3/Cl diminui potencialmente com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, com predomínio de cloreto sendo observado para condutividade elétrica maior que 0,60 dS m^{-1} , 0,52 dS m^{-1} e 0,43 dS m^{-1} , para águas de poço, rio e açude, respectivamente. A relação HCO_3/Cl também diminui potencialmente em função das concentrações de cálcio, magnésio e sódio da água de irrigação. Com base no carbonato de sódio residual, águas com $\text{HCO}_3/\text{Cl} \leq 1$ apresentam maior risco de alcalinização do solo.

7 REFERÊNCIAS

- AUDRY, P.; SUASSUNA, J. A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino: caracterização, variação sazonal, limitação do uso. Recife, CNPq, 128p, 1995.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Trad. de H. R. Gheyi, J. F. de Medeiros e F. A. V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).
- BIE, Z., ITO, T., SHINOHARA, Y. Effects of sodium sulfate and sodium bicarbonate on the growth, gas exchange and mineral composition of lettuce. *Scientia Horticulturae*, n.99, p.215-224. 2004.
- BOAS, R.L.V., BOARETTO, A.E., VITTI, G.C. Aspectos da fertirrigação. In: VITTI, G.C., BOARETTO, A.E. Fertilizantes fluidos. Piracicaba, Potafos, 1996. 343p.
- BOHN, H. L.; McNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. A. Soil chemistry. New York. 2001, 307p.
- BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. Fertigation. San Luis Obispo: California Polytechnic State University. 1995. 295p.
- FERNANDÉZ-FÁLCÓN, M.F., GONZÁLEZ, C.E.A., GARCIA, V. BIEZ, J. The effect of chloride and bicarbonate levels in irrigation water on nutrition content, production and quality of cut roses 'Mercedes'. *Scientific Horticulturae*, n.29, p.373—385, 1986.
- GARG, B.B., GARG, P.P. Salinity and plant nutrition. Effect of sodium carbonate and sodium bicarbonate on the growth and absorption of essential macronutrients and sodium in peas (*Pisum sativum*). *Proc. Natl. Acad. Sci. India*, 46: 694--698. 1980.

- LIMA, E. B. N. R. Modelagem Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá. 206f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 2001.
- MAIA, C. E. Qualidade da água para fertirrigação nas regiões da chapada do Apodi e baixo Açu-RN. 1996, 122f. Monografia de Especialização – ESAM, Mossoró, 1996.
- MEDEIROS, J. F. de. Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “Gat” nos estados do RN, PB e CE. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 1992.
- NORVELL, W.A, ADAMS, M.L. Screening Soybean Cultivars for Resistance to Iron-Deficiency Chlorosis in Culture Solutions Containing Magnesium or Sodium Bicarbonate. *Journal of Plant Nutrition*, n.29, p.1855-1867, 2006.
- PALIWAL, K.W., MALIWAL, G.L. and NAVAWAS, C. Effect of bicarbonate-rich irrigation waters on the yield and nutrient uptake in cotton (*Gossypium sp.*) and linseed (*Linum usitatissimum*). *Ann. Arid Zones*, 17: 164--174. 1978.
- RIBEIRO, M. S.; LIMA, L. A.; FARIA, F. H. de S.; SANTOS, S. R. dos S.; KOBAYASHI, M. K. Classificação da água de poços tubulares do norte do estado de Minas Gerais para irrigação. *REVENG, Viçosa*, v. 18, n. 3, p. 208-218, 2010.
- SANTOS, J. P., AZEVEDO, S.G.; MISTRETTA, G. Novos aspectos da salinização das águas subterrâneas do cristalino do Rio Grande do Norte. São Paulo, SP: IPT, 1984.27p. (Comunicação técnica, 314).
- VALDEZ-AGUILAR, L.A, REED, D.W. Growth and nutrition of young bean plants under high alkalinity as affected by mixtures of ammonium, potassium, and sodium. *Journal of Plant Nutrition*, n.33, p.1472-1488, 2010.
- WHIPKER, B.E.; BAILEY, D.; NELSON, P.V.; FONTENO, W.C. & HAMMER, P.A. A novel approach to calculate acid additions for alkalinity control in greenhouse irrigation water. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 27:959-976, 1996.
- XU, G., MARGEN, H., TARCHITZKY, J. & KAFKAFI, U. Advances in chloride nutrition of plant. *Advances in Agronomy.*, 68, 2000, p.97-150.