

RELAÇÃO CÁLCIO E MAGNÉSIO NA FERTILIDADE DE UM LATOSSOLO VERMELHO ESCURO DISTRÓFICO CULTIVADO COM ALFAFA

Calcium and magnesium ratio in the fertility of a dystrophic dark red latosol cultivated with alfalfa

Adônis Moreira¹, Janice Guedes de Carvalho², Antônio Ricardo Evangelista³

RESUMO

Realizou-se com este trabalho com o objetivo de verificar os efeitos da relação Ca e Mg na fertilidade de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico, fase cerrado, cultivado com alfafa (*Medicago sativa* L.). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de cinco relações Ca:Mg: 1:0; 1:1; 2:1; 3:1 e 4:1 (3,9 t ha⁻¹) e mais um tratamento adicional com a mesma relação 3:1, porém, com o dobro da quantidade aplicada (7,8 t ha⁻¹). As quatro coletas de solo realizadas durante a condução do experimento consistiram nas subparcelas. Os resultados mostraram que com o aumento da relação K/(Ca+Mg) ocorre diminuição do teor de Ca e Mg na matéria seca da parte aérea e da quantidade Ca e Mg trocável, que as saturações de K, Ca e Mg estão diretamente relacionadas com a produção de matéria seca total e o aumento da relação K/(Ca+Mg) diminui o índice de pH e aumenta a acidez potencial do solo.

Termos para indexação: *Medicago sativa*, K/Ca+Mg, saturação de K, saturação de Ca, saturação de Mg, fertilidade do solo.

ABSTRACT

The objective of this work was to verify the effect of the calcium and magnesium ratio in the fertility of a dystrophic Dark Red Latosol (Oxisol), phase savanna, cultivated with alfalfa (*Medicago sativa* L.). The used experimental design was a randomized split-plot with four replicates. The treatments consisted of five Ca:Mg ratios 1:0; 1:1; 2:1; 3:1 and 4:1 at a recommended dosage of 3.9 t ha⁻¹ and an additional treatment with the same ratio of 3:1, however with the double of the applied amount (7.8 t ha⁻¹). Four soil samples were collected during the experiment consisting in the subtreatments. The results showed that with an increase of the relationship K/(Ca+Mg) a reduction of the Ca and Mg content of the aerial dry matter and of the exchangeable Ca and Mg content happens. The saturations of K, Ca and Mg are directly related with the total dry matter production and the increase of the relationship K/(Ca+Mg) reduces the pH index and increases the potential acidity of the soil.

Index terms: *Medicago sativa*, K/Ca+Mg, K saturation, Ca saturation, Mg saturation, soil fertility.

(Recebido para publicação 10 de janeiro de 2005 e aprovado em 27 de maio de 2005)

INTRODUÇÃO

Os solos do cerrado, em geral, em condições naturais, apresentam alta acidez e baixo conteúdo de Ca e Mg, tanto na camada arável, como no subsolo (SOUSA & RITCHEY, 1988). Esse fenômeno ocorre devido, principalmente, à intensa meteorização que prevaleceu durante a sua formação (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985). Os mesmos solos apresentam acidez elevada e pobreza de bases, com altos teores de hidrogênio e alumínio prevalecendo no complexo de troca (LOPES, 1984).

Nesse ecossistema, o crescimento das raízes é reduzido na presença de excesso de alumínio, sendo igualmente afetado pela deficiência de cálcio, limitando a absorção de água e de nutrientes com conseqüente redução na produtividade das culturas (SOUSA et al., 1987; SOUSA & LOBATO, 2004).

A prática mais empregada para elevar o pH e diminuir o teor de alumínio trocável desse solo é a calagem. Com aplicação do calcário, além da correção da acidez, os teores de cálcio e de magnésio são aumentados havendo uma alteração na relação entre o Ca, Mg e K na solução do solo (SOUSA et al., 1987). No corretivo da acidez, normalmente, são utilizados os calcários calcíticos, magnesianos ou dolomíticos; os calcíticos têm, em média, menos de 5 dag kg⁻¹ de MgO, os magnesianos entre 5 e 12 dag kg⁻¹ de MgO e os dolomíticos mais de 12 dag kg⁻¹ de MgO (ALVAREZ & RIBEIRO, 1999).

O excesso de Ca em relação ao Mg na solução do solo pode prejudicar a absorção desse último, assim como o excesso de Mg o excesso de magnésio também prejudica a absorção de cálcio, o mesmo ocorrendo com relação ao potássio (MALAVOLTA et al., 1997; MOORE et al., 1961).

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental/CPAA - Caixa Postal 319 - 69011-970 - Manaus, AM - Bolsista CNPq - adonis@cpaa.embrapa.br

² Engenheira Agrônoma, Dra., Professora Titular do Departamento de Ciência do Solo - Universidade Federal de Lavras/UFLA - Caixa Postal 3037 - 37200-000 - Lavras, MG - Bolsista CNPq - janicegc@ufla.br

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Titular do Departamento de Zootecnia - Universidade Federal de Lavras/UFLA. Bolsista CNPq.

Diversos trabalhos (GOMES et al., 2002; HUNTER, 1948; MOREIRA et al., 1999; SIMSOM et al., 1979) mostram que a produção da alfafa não é alterada, em razão das variações nas relações Ca e Mg do calcário. Bull (1986), estudando o efeito da relação K/(Ca+Mg) na produção de matéria seca, observou uma diminuição significativa na absorção de Ca e Mg quando houve elevação nessa relação com o aumento da concentração de K na solução do solo. O mesmo autor sugere que as relações entre 1/20 e 1/25 são as mais apropriadas para o cultivo de leguminosas forrageiras.

Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da relação cálcio e magnésio do corretivo na fertilidade de um Latossolo Vermelho Escuro, distrófico fase cerrado, cultivado com alfafa.

MATERIALE MÉTODOS

O experimento foi conduzido, em condições de casa-de-vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado nas coordenadas geográficas 21°14'6" S e 45°0' W, Estado de Minas Gerais.

O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Escuro, fase cerrado, com as seguintes características químicas, na camada de 0-25 cm de profundidade: pH em água = 4,8; P (Mehlich 1) = 2,0 mg dm⁻³; K (Mehlich 1) = 40 mg dm⁻³; Ca (KCl) = 0,4 cmol_c dm⁻³; Mg (KCl) = 0,1 cmol_c dm⁻³; Al (KCl) = 0,4 cmol_c dm⁻³; H+Al = 4,85 cmol_c dm⁻³ (tampão SMP); S = 5,13 mg kg⁻¹; C (Walkley-Black) = 1,79 dag kg⁻¹ e V = 11%. O solo foi coletado no município de Lavras, Minas Gerais. Após a secagem, o solo foi uniformizado e passado em peneira de malhas de 2 mm.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de cinco relações cálcio e magnésio: 1:0; 1:1; 2:1; 3:1 e 4:1, na dose equivalente a 3,9 t ha⁻¹, valor esse utilizado para elevar a saturação por base a 80% e mais um tratamento adicional com a mesma relação 3:1, porém, com o dobro da quantidade aplicada (7,8 t ha⁻¹). As quatro coletas de solo realizadas durante a condução do experimento consistiram nas subparcelas.

Sessenta dias após aplicação dos tratamentos, o solo recebeu adubação básica, segundo Malavolta (1980), em mg kg⁻¹, de: P, 200 (fosfato monoamônico - MAP); K, 50

(KCl), S, 50 (K₂SO₄), B, 0,5 (H₃BO₃), Co, 0,01 (CoCl₂.H₂O), Cu, 1,5 (CuSO₄.5H₂O), Mo, 0,1 (H₂MoO₄), Mn, 3,5 (MnSO₄.H₂O) e Zn, 5,0 (ZnSO₄.7H₂O). As sementes de alfafa foram inoculadas com *Rhizobium meliloti*. No segundo e quarto cortes foram efetuadas adubações de manutenção com 50 mg kg⁻¹ de KCl, e no terceiro corte, com B, Cu, Mn e Zn, nas mesmas quantidades e fontes utilizadas na instalação do experimento.

Foram semeadas dez sementes, escarificadas e infectadas com o inoculante, em vasos plásticos com cinco litros de capacidade. Após o desbaste foram mantidas cinco plantas uniformes. Foi utilizada a cultivar Crioula como planta teste. Os vasos foram irrigados até que atingissem 70% do valor total de poros (VTP), e pesados diariamente, a fim de se determinar a quantidade de água a ser repostas.

O primeiro corte da alfafa, para determinação da produção de matéria seca, foi realizado aos 90 dias após o plantio e os cinco subseqüentes a cada trinta dias. Amostras de solo foram retiradas antes do plantio, após o primeiro, terceiro e sexto cortes. Em cada amostra foi analisado pH_(água), P, K, Ca, Mg, Al e H+Al. Foram estudadas as relações K/(Ca+Mg) no solo (BULL, 1986; DUETE, 1995) e saturações de K, Ca e Mg (TOMÉ JUNIOR, 1997). Na matéria seca total foram determinados os teores de K, Ca e Mg na matéria seca da parte aérea (MALAVOLTA, 1992), conforme Malavolta et al. (1997).

De acordo com o delineamento proposto, os resultados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F e correlações a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independentemente dos tratamentos, o índice de pH e os teores trocáveis de Ca e Mg diminuíram com a sucessão de cortes da alfafa, havendo uma redução média de 21%, 33% e 58%, respectivamente, do plantio até o sexto corte. Com relação ao Al trocável e a acidez potencial (H+Al), no mesmo período houve aumento médio de 50%, nessas duas variáveis. O K trocável, devido às adubações de cobertura realizadas logo após o segundo e quarto corte, somente apresentou diminuição no seu teor em decorrência da exportação do nutriente, quando se compara os valores obtidos antes do plantio e após o primeiro, terceiro e último cortes (Tabela 1).

TABELA 1 – Resultados das análises químicas do solo antes do plantio, após o primeiro, terceiro e último corte. Média de quatro repetições¹.

Relação Ca:Mg	Proporção Ca:Mg (gramas/vaso)	pH (água)	K (mg dm⁻³)	Ca ----- (cmol_c dm⁻³) -----	Mg (cmol_c dm⁻³)	Al	H+Al
----- Antes do plantio -----							
1:0	9,75	0,00	6,4	99,3	2,3	0,1	2,3
1:1	4,88	4,88	6,3	84,7	2,2	2,0	2,8
2:1	6,50	3,25	6,0	89,3	1,9	1,1	3,4
3:1	7,31	2,44	6,3	80,7	2,9	1,2	2,8
4:1	7,80	1,95	6,1	94,0	3,2	1,1	3,2
3:1	14,62	4,88	6,6	64,0	3,5	1,7	2,2
----- Após o primeiro corte -----							
1:0	9,75	0,00	6,2	37,8	2,9	0,3	2,5
1:1	4,88	4,88	6,2	44,0	2,2	1,9	2,9
2:1	6,50	3,25	5,8	49,0	2,9	1,1	3,8
3:1	7,31	2,44	6,2	49,8	2,9	1,4	2,8
4:1	7,80	1,95	5,9	65,8	3,2	1,2	3,1
3:1	14,62	4,88	6,4	64,0	3,5	1,7	2,5
----- Após o terceiro corte -----							
1:0	9,75	0,00	5,2	99,3	1,8	0,3	4,1
1:1	4,88	4,88	5,0	74,3	1,4	0,6	4,6
2:1	6,50	3,25	5,1	107,0	1,4	0,8	5,7
3:1	7,31	2,44	5,1	71,5	1,5	0,7	4,5
4:1	7,80	1,95	5,0	94,3	1,8	0,6	5,5
3:1	14,62	4,88	5,7	48,8	2,4	0,9	3,9
----- Após o último corte -----							
1:0	9,75	0,00	4,8	66,0	1,8	0,1	4,4
1:1	4,88	4,88	4,9	65,3	1,3	0,8	4,1
2:1	6,50	3,25	4,8	64,3	1,6	0,6	4,8
3:1	7,31	2,44	4,7	57,0	1,6	0,3	4,5
4:1	7,80	1,95	4,9	55,5	1,7	0,4	4,5
3:1	14,62	4,88	5,8	44,3	3,0	0,9	2,8

¹Nos cinco primeiros tratamentos foram aplicados uma dose equivalente a 3,9 t ha⁻¹ de calcário e no último foi aplicada uma dose equivalente a 7,8 t ha⁻¹.

Jackson & Reisenauer (1984) relatam que a exportação de cátions básicos (Ca e Mg) acarreta diminuição do pH do solo, que segundo Smucker (1984) também pode ser influenciado pela atividade das raízes, aumentando o conteúdo de CO_2 no solo. Para Mills et al. (1989), a atividade dos microorganismos do solo, em particular os que atuam na desnitrificação, na deaminação, na nitrificação quimiotrófica, na redução do sulfato e na oxidação do S^{2-} , entre outros, podem também diminuir o pH do solo.

A maior solubilidade do MgCO_3 aliado ao aumento da concentração de Mg nos tratamentos estudados não afetou o índice de pH e a acidez potencial do solo não corroborando os resultados de Sfredo et al. (1978), que ao estudarem os equilíbrios entre o Ca e o Mg na correção da acidez do solo observaram a presença de correlação significativa e positiva entre a quantidade MgCO_3 aplicada e o pH e uma correlação negativa entre a quantidade MgCO_3 e o teor de Al trocável.

Os efeitos da relação $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ e das saturações de K, Ca e Mg com a matéria seca total e os teores foliares de K, Ca e Mg são apresentados na Tabela 2. Os resultados mostraram interação significativa ($p \leq 0,05$) entre o $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ com a matéria seca total e com o teor de potássio na matéria seca da parte aérea, porém, essa relação não teve significância com os teores foliares de cálcio e magnésio.

Observou-se que com a elevação da relação $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$, houve, apesar de não significativo, um decréscimo no teor de Ca e Mg na matéria seca da parte aérea (Tabela 2), o que caracteriza a presença de interação negativa entre esses cátions (MALAVOLTA et al., 1997; EPSTEIN & BLOOM, 2005). Esses resultados apoiam Bradway & Bussler (1968), que também verificaram a presença de interação negativa entre o Ca e o K e com Omar & Kobbia (1966), no que se refere aos íons K e Mg.

A produção de matéria seca total apresentou correlação significativa com as saturações de K, de Ca e

de Mg, mostrando que essas variáveis podem ser mais um indicativo para estimar a produção (Tabela 2). Com relação aos teores na matéria seca da parte aérea, observou-se também, que o K e o Ca tiveram correlação significativa com as saturações de Ca, enquanto que o Mg teve somente com a saturação de Mg.

A saturação de cálcio apresentou correlação significativa e positiva ($p \leq 0,05$) com o Ca trocável. O inverso ocorreu com o potássio, enquanto que o Mg trocável não apresentou significância (Figura 1). A saturação de Mg também apresentou correlação significativa e positiva ($p \leq 0,05$) com o Ca e Mg e negativa com K, o que demonstra novamente os efeitos de inibição interiônica (MALAVOLTA et al., 1997). Independentemente da correlação estudada, os valores de saturação de cálcio (Tabela 2 e Figura 1) ficaram abaixo da faixa considerada adequada, que é de 0,5 a 0,7 (TOMÉ JÚNIOR, 1997). Segundo Malavolta et al. (1997), esses elementos competem pelos mesmos sítios de absorção, sendo essa inibição do tipo competitiva.

Esse resultado contradiz uma expectativa inicial, haja vista, que a alfafa é uma planta exigente em fertilidade, sendo que o valor da saturação por base recomendada para essa cultura é de 80% (WERNER et al., 1998), valor esse utilizado na determinação das doses desse experimento. Com relação à saturação de Mg (Tabela 2 e Figura 1), na média dos tratamentos, os valores encontrados no presente estudo ficaram dentro da faixa de 0,10 a 0,15, indicada como adequada por Tomé Júnior (1997).

Verifica-se na Figura 2, que com o aumento dos valores nas relações $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ houve uma diminuição do índice pH e dos teores trocáveis de Ca e Mg. O inverso ocorreu com o K trocável e o teor de H+Al. Observou-se também, que o Al trocável não foi afetado pela relação $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Duete (1995), em quatro solos da microrregião de Irecê, Bahia.

TABELA 2 – Relação entre K/Ca+Mg, saturação de K, Ca e Mg com a matéria seca total (MS total) e com os teores K, Ca e Mg presentes na matéria seca da parte aérea¹.

K/Ca+Mg		
Variável (?)	Equação	r
MS total (g)	$\hat{y} = 18,232 - 103,44*x$	0,96
Teor de K (g kg ⁻¹)	$\hat{y} = -0,141 + 0,012*x$	0,75
Teor de Ca (g kg ⁻¹)	$\hat{y} = 0,107 - 0,002^{ns}x$	0,33
Teor de Mg (g kg ⁻¹)	$\hat{y} = 0,087 - 0,005^{ns}x$	0,32
Saturação de K		
MS total (g)	$\hat{y} = -11,081 + 1245,60*x$	0,62
Teor de K (g kg ⁻¹)	$\hat{y} = 0,022 - 0,0002^{ns}x$	0,26
Teor de Ca (g kg ⁻¹)	$\hat{y} = 0,016 + 0,00009^{ns}x$	0,24
Teor de Mg (g kg ⁻¹)	$\hat{y} = 0,017 + 0,0003^{ns}x$	0,37
Saturação de Ca		
MS total (g)	$\hat{y} = 4,356 + 23,046*x$	0,75
Teor de K (g kg ⁻¹)	$\hat{y} = 0,961 - 0,039*x$	0,68
Teor de Ca (g kg ⁻¹)	$\hat{y} = -0,048 + 0,020*x$	0,84
Teor de Mg (g kg ⁻¹)	$\hat{y} = 0,371 - 0,020^{ns}x$	0,40
Saturação de Mg		
MS total (g)	$\hat{y} = 6,765 + 37,516*x$	0,64
Teor de K (g kg ⁻¹)	$\hat{y} = 0,378/7 - 0,016^{ns}x$	0,53
Teor de Ca (g kg ⁻¹)	$\hat{y} = 0,201 - 0,065^{ns}x$	0,40
Teor de Mg (g kg ⁻¹)	$\hat{y} = 0,039 + 0,020*x$	0,76

* Significativo a 5% pelo teste F; ^{NS} Não-significativo.

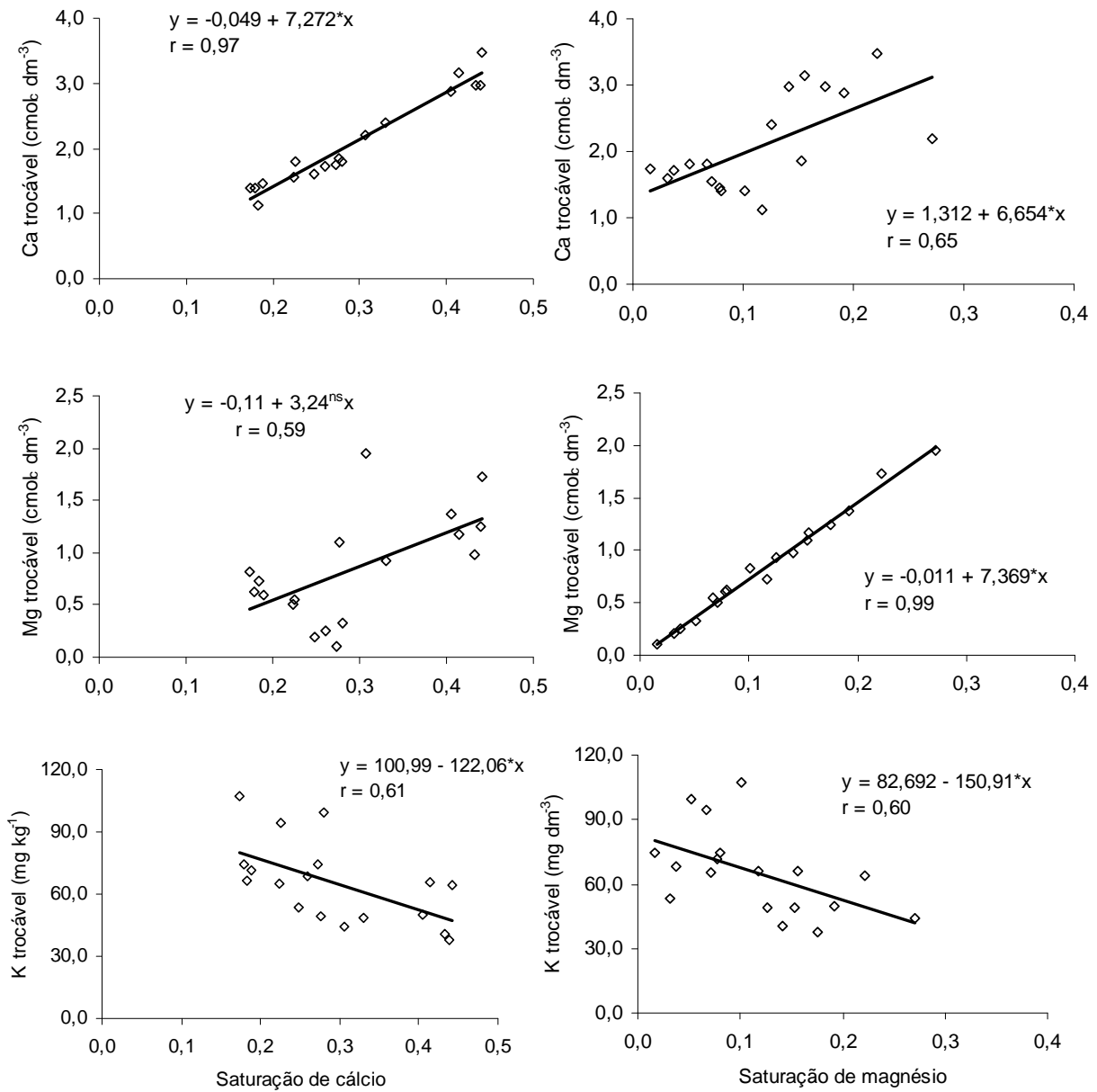


FIGURA 1 – Influência da saturação de Ca e de Mg nas quantidades de K, Ca e Mg trocável no solo.

* Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

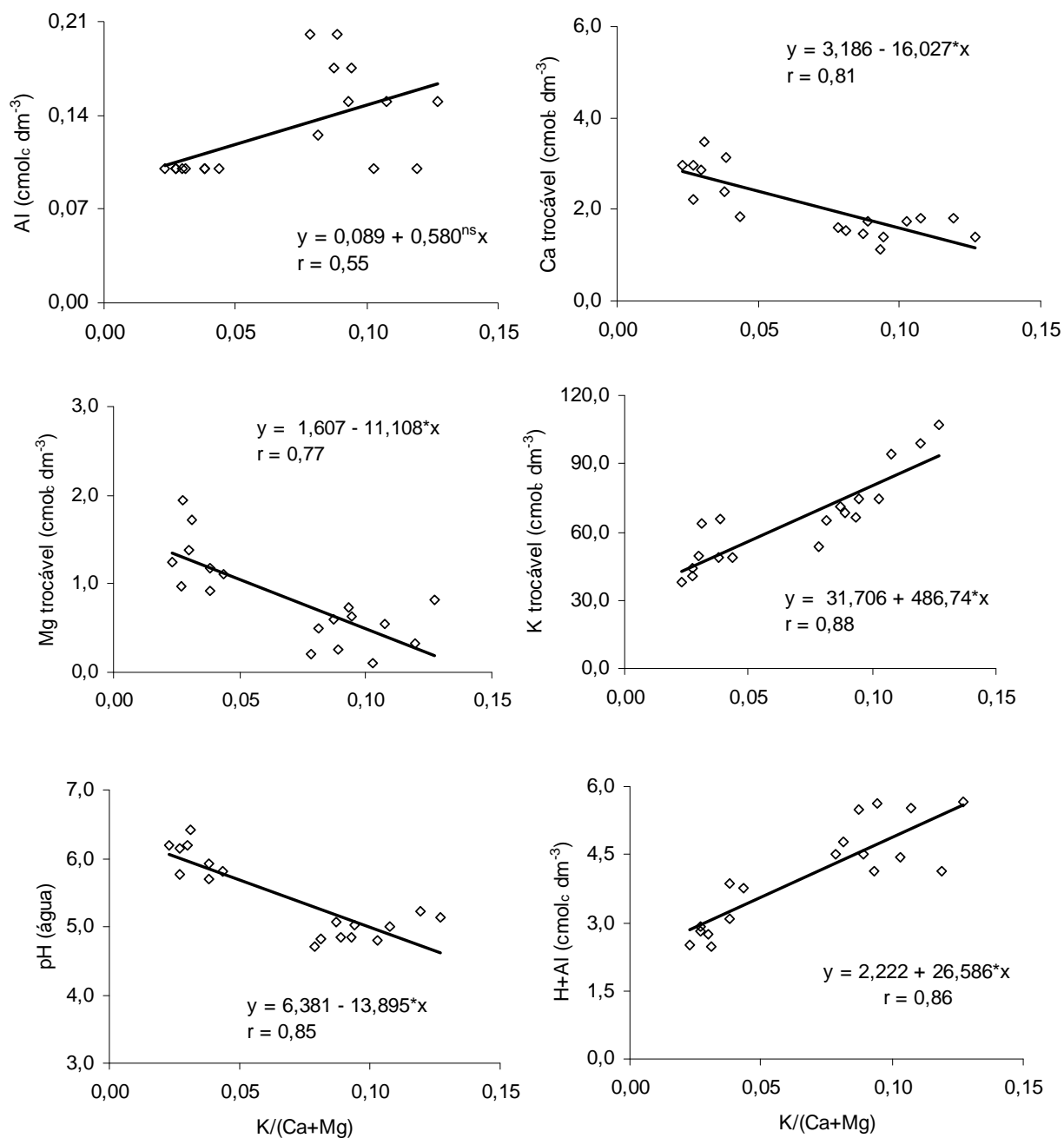


FIGURA 2 – Influência da relação $K/(Ca+Mg)$ no pH nas quantidades de K, Ca, Mg, Al e H+Al trocável no solo.
* Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

CONCLUSÕES

Com aumento da relação K/(Ca+Mg) ocorre uma diminuição do teor de Ca e Mg material seca da parte aérea e na quantidade de Ca e Mg trocável do solo;

As saturações de K, Ca e Mg do solo estão diretamente relacionadas com a produção de matéria seca total da alfafa, cultivar Crioula;

O aumento da relação K/(Ca+Mg) diminui o índice de pH e aumenta a acidez potencial do solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Eds.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. [S.l.: s.n.], 1999. p. 43-60.
- BRADWAY, R.; BUSSLER, W. Supply and absorption of cation in log term experiment wit oats. **Potash Review**, [S.l.], v. 9, n. 15, p. 9, 1968.
- BULL, L. T. **Influência da relação K/(Ca+Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramíneas e leguminosas forrageiras**. 1986. 107 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.
- DUETE, W. L. C. **Estudo da relação K/(Ca+Mg) e diagnose por subtração de P, S e micronutrientes em solos calcários da microrregião de Irecê-BA**. 1995. 134 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 400 p.
- GOMES, F. T.; BORGES, A. C.; NEVES, J. C.; FONTES, P. C. R. Influência de doses de calcário com diferentes relações cálcio: magnésio na produção de matéria seca e na composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1779-1786, 2002.
- HUNTER, A. S. Yield and composition of alfalfa as affected by variations in the calcium-magnesium ratio in the soil. **Soil Science**, Baltimore, v. 67, p. 53-62, 1948.
- JACKSON, T. L.; REISENAUER, H. M. Crop response to lime in the Western United States. In: ADAMS, F.; DINAUER, R.; GATES, K. E.; BUXTON, D. R. (Eds.). **Soil acidity and liming**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 333-347.
- LOPES, A. S. **Solos sob “cerrado”**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Potafos, 1984. 162 p.
- MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124 p.
- MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: Potafos, 1985. 136 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MILLS, A. L.; BELL, D. E.; HERLIKY, A. R. Microbes, sediments and acidified water: the importance of biological buffering. In: RAO, S. S. (Ed.). **Acid stress and aquatic microbial interactions**. Boca Raton: CRC, 1989. p. 1-20.
- MOORE, D. P.; OVERSTREET, R.; JACOBSON, L. Uptake of magnesium and its interactions with calcium in excised barley roots. **Plant Physiology**, Washington, v. 36, p. 290-295, 1961.
- MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G.; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio: magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 249-255, 1999.
- OMAR, M. A.; KOBBI, T. Some observations on the interrelationships of potassium and magnesium. **Soil Science**, Baltimore, v. 101, p. 437-440, 1966.
- SFREDO, G. J.; DEFELIPO, B. V.; ALVAREZ, V. H.; BRAGA, J. M. Equilíbrios Ca/Mg na correção da acidez e produção de matéria seca do sorgo num Latossolo Bruno distrófico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 25, p. 491-498, 1978.

- SIMSOM, C. R.; COREY, R. B.; SUMMER, M. E. Effect of varying Ca:Mg ratios on yield and composition of corn (*Zea mays*) and alfalfa (*Medicago sativa*). **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 10, p. 153-162, 1979.
- SMUCKER, A. J. M. Carbon utilization and losses by plant root systems. In: BARBER, S. A.; BOUDIN, D. R.; KRAL, D. M.; HAWKINS, S. L. (Eds.). **Roots, nutrients and water influx, and plant growth**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 27-46.
- SOUSA, D. M. G.; CARVALHO, L. J. C. B.; MIRANDA, L. N. Correção da acidez do solo. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologia e estratégia de manejo**. São Paulo: Nobel, 1987. p. 99-127.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: _____. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: EMBRAPA, 2004. p. 81-96.
- SOUSA, D. M. G.; RITCHEY, K. D. Acidez do solo e sua correção. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO; SAVANAS: ALIMENTO E ENERGIA, 6., 1988, Brasília. **Anais...** Brasília: CPAC, 1988. p. 15-32.
- TOMÉ JUNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1997. 247 p.
- WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageira. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p. 263-273.