

CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA EM ALGUNS SOLOS SOB CERRADO.

I. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E ABSORÇÃO DE FÓSFORO PELO SORGO¹

LUIZ FRANCISCO S. SOUZA², MANLIO S. FERNANDES³, ARY CARLOS X. VELLOSO³
e ABEILARD F. DE CASTRO⁴

RESUMO - Foi feito um experimento, em casa de vegetação, para estudar os efeitos da calagem e da adubação fosfatada (300 kg de P_2O_5 /ha), sobre a produção de massa vegetal e absorção de fósforo por sorgo, em quatro latossolos sob vegetação de cerrado. Não se observou qualquer influência da calagem *per se* sobre a acumulação de matéria seca ou absorção de fósforo pela planta estudada. De forma idêntica, a aplicação de fósforo, sem calagem, não resultou em aumento de matéria seca, ou absorção de fósforo por sorgo, em relação à testemunha, exceto em um dos latossolos, cuja saturação com Al era originariamente baixa. Observou-se expressivo efeito da interação calagem x adubação fosfatada sobre a produção de massa vegetal e na absorção de P pelas plantas. Os resultados mostram que a calagem atuou nesses solos reduzindo a toxidez principalmente do Al trocável, sem que, necessariamente, tenha havido influência da correção de acidez na disponibilidade de P no solo.

Termos para indexação: calcário dolomítico, acidez do solo, absorção de fósforo, fatores fitotóxicos.

LIMING AND PHOSPHORUS FERTILIZATION IN SOILS UNDER CERRADO I. DRY MATTER ACCUMULATION AND PHOSPHORUS UPTAKE BY SORGHUM

ABSTRACT - A study was made, under greenhouse conditions, on the effects of liming and phosphorus fertilizer (300 kg P_2O_5 /ha) application on dry matter accumulation and P-uptake by sorghum plants. Plants were grown in four Oxisols originally under cerrado vegetation. Liming *per se*, had no effects on dry matter accumulation and P-uptake. Likewise, phosphorus application without liming did not result in any increase in dry matter accumulation and P-uptake, except for one Oxisol where Al-saturation level was originally low. There was a positive correlation between P-fertilization and liming on dry matter accumulation and P-uptake by plants. The results showed that the main effect of liming in these soils was on the elimination of phytotoxicity, mainly due to exchangeable aluminum.

Index terms: soil acidity, phosphorus uptake, phytotoxicity factors.

INTRODUÇÃO

Em regiões temperadas, a idéia de que a calagem exerce um efeito benéfico sobre a disponibilidade do fósforo, quando este último é aplicado após a correção do solo, tem tido aceitação generalizada (Pearson 1975). Em solos de regiões tropicais, existem, entretanto, controvérsias quanto aos efeitos da calagem sobre a disponibilidade do fósforo presente no solo antes da correção da acidez.

McClung et al. (1961), numa série de experimentos sobre a adubação do algodoeiro em solos sob vegetação de cerrado do Estado de São Paulo, observaram que o calcário diminuiu as respostas do fósforo aplicado, tendo os autores considerado que pode ter ocorrido uma maior disponibilidade do fósforo nativo do solo, em consequência da calagem.

Segundo Kamprath (1977), estudos com solos ácidos indicam que a calagem tem efeito benéfico sobre a disponibilidade de fósforo naqueles solos que contêm um nível apreciável de alumínio trocável. Considera, o autor, que a calagem de solos que não contêm alumínio trocável não aumenta a disponibilidade do P para as plantas.

Adams & Pearson (1967) apresentaram resultados nos quais o nível de saturação de alumínio prejudicial ao algodão variou de 5%, num solo barro-arenoso, para 30% em solos de textura mais pesada (barro-siltoso e barro-argiloso). Kamprath (1970) menciona resultados obtidos na Carolina

¹ Aceito para publicação em 17 de junho de 1983.

Parte da tese apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

² Eng^o Agr^o, M.Sc., EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMPF), Caixa Postal 07, CEP 44380 - Cruz das Almas, BA.

³ Eng^o Agr^o, Dep. de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, km 47 Rodovia Rio-São Paulo, CEP 23460, Seropédica, RJ.

⁴ Eng^o Agr^o, Ph.D., EMBRAPA - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), Rua Jardim Botânico, 1024, CEP 22460 - Rio de Janeiro, RJ.

do Norte, onde o crescimento do milho não foi afetado quando a saturação de alumínio não foi superior a 44%. Contudo, para um crescimento ótimo de soja e algodão, uma saturação de alumínio de 20% ou menos foi necessária. Volkweiss & Ludwick (1971) consideram que, para a maioria das culturas do sul do Brasil, o limite prejudicial da saturação de alumínio está na faixa de 20% a 25%. Gonzales et al. (1978), em trabalho estudando o efeito residual da calagem em Latossolo Vermelho-Escuro sob cerrado, de Brasília, observaram que foi necessário reduzir a saturação de alumínio para menos de 10%, para obter a mais alta produção de soja no experimento.

Constitui o objetivo específico deste trabalho, o estudo dos efeitos da calagem e da adubação fosfatada sobre a produção de matéria seca e sobre o fósforo absorvido por plantas de sorgo, em amostras de quatro solos sob vegetação de cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de quatro Latossolos distróficos, coletadas nos Estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, na profundidade 0-20 cm, todos sob vegetação de cerrado.

As análises físicas e químicas foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Vettori (1969). A capacidade de troca de cátions dos solos foi determinada pela soma de Ca, Mg e Al extraíveis com KCl 1N mais K e Na extraíveis com ácido diluído. Os solos apresentam-se moderadamente ácidos com teores de carbono orgânico inferiores a 1,5% (Tabela 1). Os teores de argila se situaram entre 43-47%.

TABELA 1. Características químicas dos solos estudados^a.

Solos	Prof. cm	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺⁺	S ^b	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	T ^c	V ^d	Al	C	P
		KCl	H ₂ O												
													%		ppm
1-LVA	0-20	4,0	5,0	0,2	0,2	0,07	0,01	0,48	3,91	0,6	4,99	10	56	0,9	1,21
2-LR	0-20	4,4	5,4	0,6	0,2	0,08	0,01	0,89	4,33	0,2	5,42	16	18	0,4	1,43
3-LVA	0-20	4,0	4,8	0,2	0,1	0,07	0,01	0,38	4,11	0,9	5,39	7	70	0,9	1,06
4-LR	0-20	3,9	5,3	0,6	0,4	0,07	0,02	1,09	4,98	1,4	7,47	15	56	0,9	1,47

^a Determinações feitas no Laboratório de Solos do CNPMF/EMBRAPA.

^b Soma de base trocáveis

^c $S + H^+ + Al^{+++}$

^d Calculado através da fórmula $100 S/T$

^e Calculado através da fórmula $100 Al^{+++} / Al^{+++} + S$.

Para a análise de fósforo nas plantas, o material vegetal foi triturado em moinho tipo Wiley e incinerado a uma temperatura de 450°C, em presença de acetato de magnésio (Leece & Short 1967). As cinzas foram dissolvidas em ácido nítrico concentrado. O fósforo foi determinado pelo método do vanadato-molibdato (Jackson 1958).

As amostras de solo usadas neste experimento foram previamente incubadas com calcário e fertilizante fosfatado em vasos plásticos, em laboratório. A aplicação de calcário foi feita 60 dias antes da aplicação do fosfato. Utilizou-se calcário dolomítico de uso comercial, cujo PRNT foi de 76,6. As quantidades de calcário foram calculadas pelo critério: $(2,0 \text{ -meq Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) \times f$ que, em laboratórios de fertilidade do solo no Brasil, tem sido utilizado como alternativa ao cálculo através do alumínio trocável, sempre que possibilitar quantidade de calcário maior que este último. Para valores de *f*, foram tomados 1,5 e 3,0. Os totais aplicados foram: Solo 1 (LVA), 3.150 - 6.300 (Ca₁ e Ca₂); Solo 2 (LR), 2.350 - 4.700; Solo 3 (LVA), 3.350 - 6.700; Solo 4 (LR), 2.050 e 4.100, respectivamente. O período de incubação, após a aplicação do adubo fosfatado, foi de 120 dias. Foram usados seis tratamentos com três repetições (Fig. 1). O superfosfato triplo foi utilizado como fonte de fósforo, adotando-se, para todos os solos, uma adubação de 300 kg de P₂O₅/ha, que correspondeu à aplicação de 65,5 mg de P/kg de solo. Após 120 dias de incubação com P, foi instalado o ensaio em casa de vegetação, num delineamento inteiramente casualizado, tendo-se procedido a sorteio para a distribuição dos vasos. Tomou-se 1 kg de solo por vaso e antes do plantio fez-se, em todos os vasos, uma adubação de lastro, aplicada sob a forma de soluções (Tabela 2). A adubação foi precedida de secagem e destorroamento de solo de cada vaso, sobre uma lona plástica, seguindo-se a aplicação das soluções e mistura com o volume total do solo. Utilizou-se o sorgo como planta indicadora, tendo sido plantadas dez sementes por vaso, efetuando-se, aos 9 dias após o plantio, desbaste para cinco plantas. O experimento foi co-

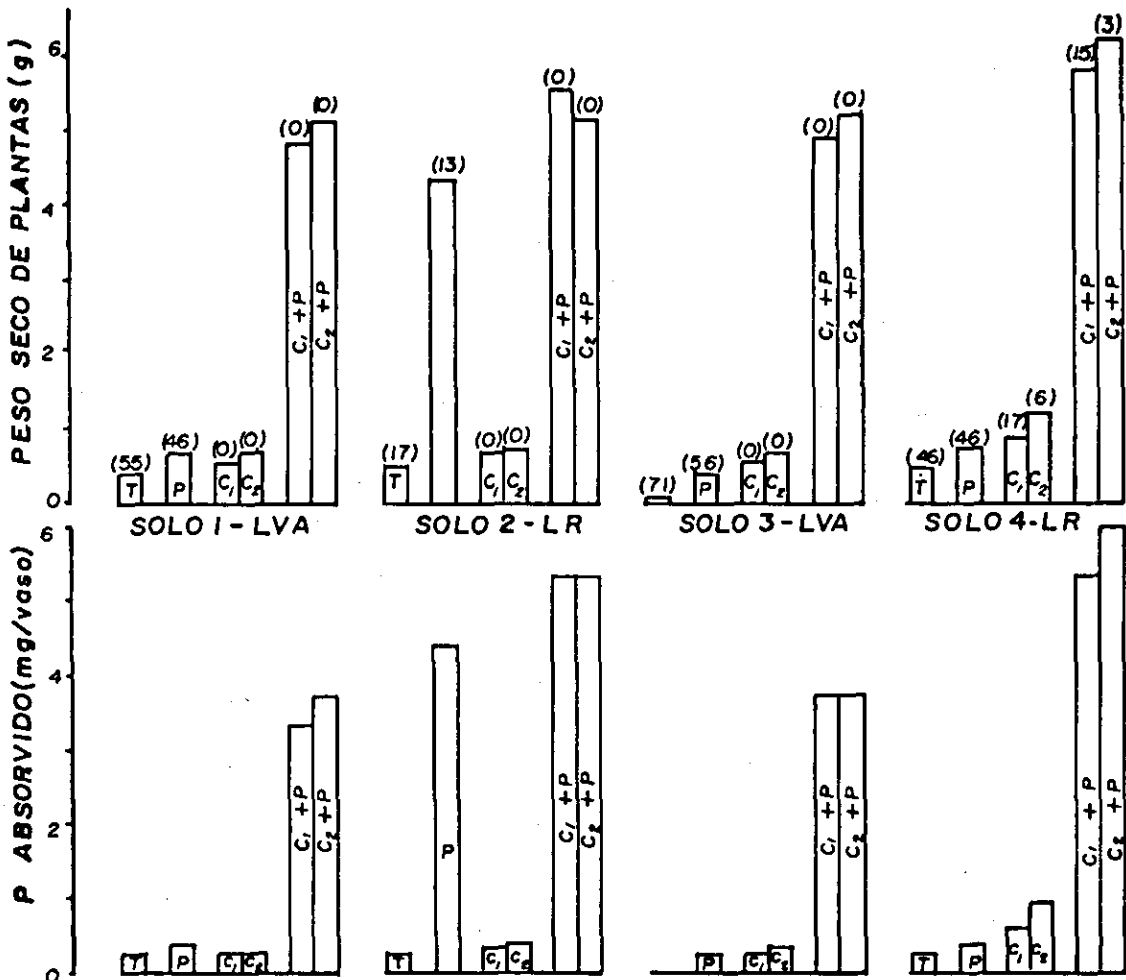


FIG. 1. Peso seco e fósforo absorvido por plantas de sorgo. Os números entre parênteses no topo das colunas de peso seco referem-se à saturação de alumínio dos solos, quando do plantio, e no topo das colunas de P absorvido, referem-se a P%.

T - Testemunha
 Cal₁ e Cal₂ - doses 1 e 2 de calcário (v. M/M)
 Cal₁ + P^c e Cal₂ + P - doses 1 e 2 de calcário + fósforo.

TABELA 2. Quantidades e fontes de nutrientes utilizados na adubação de lastro, para o ensaio em casa de vegetação.

Nutrientes	kg/ha	mg/kg solo	Fontes ^a
N	300	150	(NH ₄) ₂ SO ₄ ^b
K	125	62,5	NH ₄ NO ₃
Zn	4,5	2,2	ZnSO ₄ · 7H ₂ O
Cu	3,8	1,9	CuSO ₄ · 5H ₂ O
B	1,8	0,5	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O

lhido 50 dias após o plantio, cortando-se as plantas ao nível do solo. Após secagem do material vegetal na estufa com circulação de ar, a 70°C, até o peso constante, determinou-se o peso de matéria seca e o teor de fósforo na parte aérea das plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca

Como pode ser visto na Fig. 1, nenhum dos quatro solos apresentou produção significativa-

^a A exceção do N-NH₄NO₃, aplicado 15 dias depois, os demais nutrientes foram aplicados no plantio.

^b Através do (NH₄)₂SO₄ foram fornecidos 86 mg de S/kg de solo.

mente superior à testemunha pela aplicação somente do calcário. Comportamento idêntico ocorreu em relação à aplicação exclusiva do fósforo, para os solos 1, 3 e 4, nos quais foi bastante expressivo o efeito da interação calagem x fósforo. Observou-se uma exceção para o solo 2: a produção de matéria seca do tratamento que recebeu somente o fósforo foi estatisticamente superior às produções dos tratamentos-testemunhas, Ca_1 e Ca_2 , e não diferiu da produção dos tratamentos que receberam calagem e adubação fosfatada.

Este comportamento, diferente do solo 2, está, possivelmente, associado à saturação de alumínio. Calculando-a em relação à CTC "efetiva" do solo (Coleman et al. 1959, Kamprath 1970), através da fórmula $100 Al/Al + Ca + Mg$, quando da época do plantio do sorgo, observa-se que somente no solo 2 ela foi suficientemente baixa para garantir um bom desenvolvimento das plantas, sem a necessidade de correção da acidez. Os valores calculados para a saturação de alumínio estão no topo das colunas na Fig. 1.

Trabalhos sobre a saturação de alumínio afetando o desenvolvimento e produção de plantas cultivadas têm mostrado uma ampla faixa de variação, dentro da qual prejuízos podem ocorrer. Esta amplitude tem sido atribuída, com maior ênfase, ao grau de sensibilidade das espécies cultivadas nas condições de acidez, mas também a diferenças entre os próprios solos.

Fósforo absorvido pelas plantas

A Fig. 1 mostra que a calagem sem a adubação fosfatada não promoveu uma absorção de fósforo estatisticamente superior a do tratamento testemunha, para nenhum dos solos.

Tem havido uma tendência, bastante generalizada nas conclusões de trabalhos experimentais sobre adubação em que foram observados efeitos expressivos da aplicação de calcário e de fósforo sobre a produção de plantas ou sobre a absorção de P, de se creditar os resultados à influência do primeiro sobre a disponibilidade do segundo, sem uma verificação mais atenta. Tais efeitos podem, no entanto, estar associados ao fato de que a calagem permite à cultura desenvolver um melhor sistema radicular, que explora então um maior volume de solo para absorver fosfatos; podem ser devidos a uma

crescente liberação de P da matéria orgânica, por causa de um aumento na velocidade de sua decomposição; podem também ser devidos ao decréscimo na concentração de íons de ferro e de alumínio na solução do solo, que podem estar interferindo na absorção e translocação de fosfatos das raízes para a parte aérea (Russel 1973, Kamprath 1977, Adams 1978), situações, essas, que não traduzem necessariamente uma influência direta sobre a disponibilidade do fósforo aplicado.

No caso presente, em que não se verificou influência da calagem sobre a disponibilidade do P, é possível que o suprimento dos nutrientes cálcio e magnésio, associado à eliminação de fatores fitotóxicos da acidez, tenham contribuído para a maior absorção de P pelas plantas.

Apenas para o solo 2, único que originariamente se apresentava com uma baixa saturação de alumínio, observou-se significativa absorção do fósforo pelas plantas, no tratamento que recebeu exclusivamente a adubação fosfatada. Para os demais solos, o aumento da absorção foi altamente dependente da aplicação do calcário, o que demonstra a interferência de fatores fitotóxicos, passíveis de eliminação pela calagem, no processo de absorção. Comparações entre as percentagens de fósforo na parte aérea das plantas, envolvendo os tratamentos P, $Ca_1 + P$ e $Ca_2 + P$, refletem esta conclusão (Fig. 1).

Correlações lineares entre a produção de matéria seca e a percentagem de fósforo na parte aérea das plantas, assim como entre a produção de matéria seca e o fósforo absorvido pelas plantas, todas significativas ao nível de 1% de probabilidade, mostram o quanto estiveram associadas estas variáveis (Tabela 3).

Relacionamento da produção de matéria seca e do fósforo absorvido por plantas de sorgo, com as características químicas estudadas nos solos.

Este relacionamento foi estabelecido através de correlações lineares entre as variáveis estudadas. Os valores de r encontram-se na Tabela 3. Obteve-se correlação significativa entre produção de matéria seca ou fósforo absorvido e todas as variáveis consideradas. Nos Latossolos Vermelho-Amarelos, as maiores correlações foram obtidas em relação ao P disponível (positiva) e ao alumínio trocável (ne-

TABELA 3. Coeficiente de correlação linear entre a produção de matéria seca e fósforo absorvido por sorgo e as características químicas dos solos estudados.

Variáveis	Solo 1-LVA	Solo 2-LR	Solo 3-LVA	Solo 4-LR
MS ^a x P disponível	0,680**	0,806**	0,665**	0,728**
MS x pH	0,625**	0,419**	0,604**	0,707**
MS x Alumínio	-0,649**	-0,378*	0,668**	-0,680**
MS x Cálcio+ Magnésio	0,623**	0,420**	0,638**	0,722**
p ^b x P disponível	0,653**	0,837**	0,577**	0,710**
P x pH	0,577**	0,371*	0,433**	0,619**
P x Alumínio	-0,610**	-0,340*	-0,518**	-0,689**
P x Cálcio+ Magnésio	0,601**	0,348*	0,484**	0,729**

* Significativo a 5% de probabilidade

** Significativo a 1% de probabilidade

a matéria seca total

b fósforo absorvido.

gativa). Nos Latossolos Roxos, os maiores valores de r foram verificados em relação ao P disponível e ao Ca + Mg (exceção apenas para o solo 2, no que se refere ao P absorvido, cujo segundo maior valor de r ocorreu em relação ao pH).

As correlações obtidas refletem o efeito fitotóxico do alumínio, notadamente para os Latossolos Vermelho-Amarelos, além de destacar a importância de um suprimento adequado de fósforo disponível em todos os solos estudados, para proporcionar um bom desenvolvimento de plantas.

Com referência ao problema de fitotoxicidade do alumínio trocável, dever-se-ia esperar para o solo 4, que se apresentou com os maiores teores deste íon, valores de r mais elevados nas correlações com esta variável. Este solo, no entanto, se apresentou originariamente com teores de Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ mais elevados do que os solos 1 e 3 e existem evidências, na literatura, de que a presença destes cátions no solo modera a ação fitotóxica do alumínio (Foy 1974, Rhue 1979).

As baixas correlações encontradas para o solo 2, em relação ao alumínio trocável, refletem os baixos teores deste íon naquele solo, e, conseqüentemente, a sua menor interferência, tanto na produção de matéria seca, como na absorção de fósforo por plantas de sorgo, no solo em questão.

Tanto a calagem como a adubação fosfatada mostram-se altamente necessárias à produção de

matéria seca de plantas de sorgo, nos solos 1 (LVA), 3 (LVA) e 4 (LR). Neles, a produção sem um destes fatores não foi diferente daquela obtida com o tratamento testemunha. Foi bastante expressivo, nestes solos, o efeito da interação calagem x adubação fosfatada. O solo 2 (LR) teve um comportamento diferente, quanto a estes aspectos, atribuído à sua originariamente mais baixa saturação de alumínio, que permitiu, pela aplicação exclusiva da adubação fosfatada, produção não diferente dos tratamentos que receberam calagem e superfosfato triplo.

CONCLUSÃO

A principal atuação da calagem, neste experimento, foi sobre a eliminação de fatores fitotóxicos, principalmente Al⁺⁺⁺, além, naturalmente, do aporte de Ca e Mg, extremamente deficientes nos solos estudados.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, F. Liming and fertilization of Ultisols and Oxisols. In: ANDREW, C.S. & KAMPRATH, E.J. eds. Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Melbourne, CSIRO, 1978. p.377-94.
- ADAMS, F. & PEARSON, R.W. Crop response to lime in the southern United States and Puerto Rico. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F. eds. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p.161-206. (Agronomy, 12).

- COLEMAN, N.T.; WEED, S.B. & MCCRACKEN, R.J. Cation exchange capacity and exchangeable cations in Piedmont soils of North Carolina. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 23:146-9, 1959.
- FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.W. ed. *The plant root and its environment*. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974.
- GONZALES, E.; LOBATO, E. & SOARES, W. Residual effects of lime on the clayey dark red latossol. *Agronomic-Economic research on tropical soils. Annual report for 1976-1977*. Raleigh, North Carolina State University, 1978.
- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall Inc., 1958. 498p.
- KAMPRATH, E.J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 34:252-4, 1970.
- KAMPRATH, E.J. Phosphorus fixation and availability in highly weathered soils. In: FERRI, M.G. ed. *IV Simpósio sobre o cerrado: bases para utilização agropecuária*. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia Ltda, 1977. p.333-47.
- LEECE, D.R. & SHORT, C.C. A routine procedure for the nutrient-element analysis of peach leaves utilizing atomic absorption spectroscopy. s.l., New South Wales Department of Agriculture-Division of Science Services, 1967. (Chemistry Branch Bulletin, August).
- MCCLUNG, A.G.; FREITAS, L.M.M. de; MIKKELSEN, D.S. & LOTT, W.L. A adubação do algodoeiro em solos de campo cerrado no Estado de São Paulo. s.l., IBEC Research Institute, 1961. 35p. (Boletim, 27).
- PEARSON, R.W. Soil acidity and liming in the humid tropics. New York, Cornell International Agricultural, 1975. 66p. (Bulletin, 30).
- RHUE, R.D. Differential aluminum tolerance in crop plants. In: MUSSEL, H. & STAPLES, R.C. eds. *Stress physiology in crop plants*. New York, John Wiley & Sons, 1979. p.61-80.
- RUSSEL, E.W. *Soil conditions and plant growth*. 10 ed. London, Longman Group Limited, 1973. 849p.
- VETORRI, L. *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. EPE. Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
- VOLKWEISS, S.J. & LUDWICK, A.E. O melhoramento do solo pela calagem. Porto Alegre, UFRS, 1971. 30p. (Boletim Técnico, 1).