

Requerimento de calcário pelo milho e feijoeiro em solos da Amazônia central

Tainah Manuela Benlolo Barbosa⁽¹⁾; José Zilton Lopes Santos⁽²⁾; Matheus da Silva Ferreira⁽³⁾; Iza Maria Paiva Batista⁽⁴⁾; Arnon Afonso de Souza Cardoso⁽⁵⁾; Ives San Diego de Amaral Saraiva⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Doutoranda em Agronomia Tropical, Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus - AM, CEP 69070-000, tainahbenlolo@hotmail.com; ⁽²⁾ Professor do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos - UFAM, ziltonlopes@ufam.edu.br; ⁽³⁾ Engenheiro Agrônomo - UFAM, matheus3ferreira@gmail.com; ⁽⁴⁾ Doutora em Agronomia Tropical - UFAM, izajuba_paiva@yahoo.com.br; ⁽⁵⁾ Mestrando em Agronomia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queros" ESALQ - USP, Piracicaba - SP, arnon@usp.br; ⁽⁶⁾ Iniciação Científica/Engenharia Florestal - UFAM, sevi_san22@hotmail.com.

RESUMO: A acidez dos solos de terra firme da Amazônia limita o rendimento das culturas agrícolas. Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de doses de calcário na nutrição e crescimento do milho e feijoeiro, cultivados em dois solos representativos da região central Amazônica. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de um fatorial 2 x 7, combinando dois solos (ARGISSOLO VERMELHO AMARELO textura média e LATOSSOLO AMARELO Distrófico argiloso) e sete doses de calcário (0; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10 t ha⁻¹). Aos 60 dias após o semeio, as plantas foram colhidas e avaliadas a produção de MSPA, MSR, MST e acúmulo de P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu e Fe na parte aérea. A adição de níveis crescentes de calcário proporcionou aumento na absorção de nutrientes das duas culturas avaliadas. As doses de corretivo necessárias para atingir a MEE na MSPA do milho foram 4,0 e 4,2 t ha⁻¹ nos solos AVAm e LADa, respectivamente, e 4,2 e 4,9 t ha⁻¹ na cultura do feijão. Enquanto a MEE de MSR foi obtida com 3,8 t ha⁻¹ de calcário na cultura do milho em ambos os solos, 3,3 e 4,7 t ha⁻¹ na cultura do feijão para os solos AVAm e LADa, respectivamente.

Termos de indexação: pH do solo, solos amazônicos, calagem.

INTRODUÇÃO

A acidez do solo é um dos fatores que mais limitam o rendimento das culturas agrícolas nos solos de terra firme da Amazônia Central. Em estudo de caracterização dos solos predominantes nesta região, Moreira & Fageria (2009) verificaram que a maior parte das amostras analisadas apresentaram elevada acidez, altas concentrações de alumínio tóxico, baixos níveis de fósforo e de cátions de caráter básico.

Nestas condições, a correção do solo através calagem é a prática mais recomendada para solucionar esse problema, pois apresenta como vantagens, elevar o pH e a saturação por base do solo, fornece cálcio e magnésio, e além disso, com a elevação do pH ocorre redução da toxidez de alumínio, o que pode aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas.

O emprego de quantidades adequadas de corretivo torna-se importante para aumentar a produção, sem afetar os custos. Todavia, vários fatores influenciam a recomendação de calagem, entres os quais destacam-se: a textura, teor de matéria orgânica, bem como tolerância da cultivar à acidez.

Para as culturas anuais cultivadas em solos do cerrado, Fageria (2001) verificaram que a tolerância à acidez segue a ordem: arroz > feijão > milho > soja. Apesar dessa constatação, a real necessidade de calagem para tornarem os solos da região central da Amazônia aptos à exploração agrícola, ainda é desconhecida. Sendo a recomendação de corretivos nesses solos, feita com base na extrapolação de informações de métodos calibrados para outras regiões. Por outro lado, ainda é comum o uso de subdoses de calcário em solos brasileiros.

O objetivo deste trabalho foi determinar as doses adequadas de calcário para as culturas de milho e feijoeiro cultivados em dois solos da região central da Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM. Utilizaram-se amostras de um ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura média (AVAdm) e um LATOSSOLO AMARELO Distrófico argiloso (LADa), sendo os mesmos representativos de uma ampla faixa de solos que já vem sendo explorada com fins agrícolas na região. A coleta foi efetuada a 0-20 cm de profundidade e em único ponto sob vegetação nativa (floresta ombrófila aberta), onde os solos estavam mais preservados e que mantinham suas características físicas e químicas originais.

Após a coleta, os solos foram preparados (terra fina seca ao - TFSA) e caracterizados químicos e granulometricamente, apresentando pH = 4,4 e 3,9; Ca = 0,10 e 0,20 cmol_cdm⁻³; Mg = 0,10 e 0,10 cmol_cdm⁻³; K = 9,0 e 14,0 mg dm⁻³; Al³⁺ = 1,3 e 1,4 cmol_cdm⁻³; H+Al = 6,3 e 9,83 cmol_cdm⁻³; V = 3,7 e 3,3 %; m = 84,3 e 80,5 %; M.O.S = 1,4 e 1,87 dag kg⁻¹ e Argila = 232,0 e 550,0 dag kg⁻¹ para o Argissolo Vermelho Amarelo de textura média e Latossolo Amarelo Distrófico argiloso, respectivamente.

O experimento foi instalado utilizando vasos de polietileno com capacidade para 3,0 dm³ em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de um fatorial 2 x 7, combinando dois solos (Argissolo Vermelho Amarelo textura média e Latossolo Amarelo Distrófico argiloso) e sete doses de calcário (0; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10 t ha⁻¹). O calcário utilizado foi obtido de uma mistura de CaCO₃ + 4MgCO₃.Mg(OH)₂.5H₂O (p.a) na relação estequiométrica Ca:Mg de 3:1. As doses foram definidas conforme curvas de incubação determinadas previamente. Após a aplicação do calcário, o solos foram incubados por 30 dias, com a umidade do solo foi mantida em torno de 70% da capacidade de campo.

Ao término da incubação do calcário, realizou-se, em todas as parcelas, uma adubação básica, adaptada de Allen et al. (1976) e Malavolta (1980), com macro e micronutrientes e balanceadas para que somente as doses de calcário variassem. Esta foi constituída de 100 mg de N; 350 mg de P; 73,3 mg de K; 50 mg de S; 4,5 mg de Zn; 1,4 mg de Cu; 3,5 mg de Mn; 0,6 mg de B; 0,15 mg de Mo por dm³, em seguida os solos foram novamente incubados por 25 dias.

Após a fertilização do substrato e respeitados o período de incubação, procederam-se à semeadura de seis sementes por vaso, utilizando milho, híbrido simples "DKB 390" e feijão, cultivar "Pérola". Aos dez dias após a emergência realizou-se o desbaste, deixando apenas duas plantas por vaso. Foram realizadas adubações em cobertura com 100 mg dm⁻³ de N aos 20, 30 e 40 dias e 73,3 mg dm⁻³ de K, aos 20 e 30 dias após o semeio.

Durante a fase de condução do experimento, procurou manter a umidade em torno de 60 % do volume total de poros, por meio de pesagem diária dos vasos e adição de água deionizada.

Aos 60 dias após o semeio, as plantas foram colhidas, separando-as em parte aérea (folhas + ramos + caule) e raízes. As diferentes partes foram lavadas em água deionizada e secas em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 70°C até atingirem massa constante. Após a secagem foi determinada a massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR), que em seguida foram moídas em moinho tipo Willey e analisadas quimicamente quanto aos elementos P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu e Fe. Sendo o preparo do extrato e determinação analítica dos nutrientes realizados conforme Malavolta et al. (1997). Com base nos teores de nutrientes e na produção de MSPA foi calculado o acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas.

Os dados obtidos foram testados quanto a normalidade pelo método de Shapiro-Wilk ($P < 0,05$) e posteriormente submetidos à análise de variância utilizando o programa Sistema para Análises Estatísticas – SISVAR 5.3. Quando o F foi significativo ($P < 0,05$), os dados de MSPA e MSR foram submetidos ao teste de Tukey para comparar o efeito das diferentes tipos de solo e posteriormente

ajustados a modelos de regressão polinomial, para comparar o efeito dos diferentes níveis de calcário.

Os critérios para escolha dos modelos de regressão foram maior coeficiente de determinação, significância dos coeficientes de regressão até 5% de probabilidade pelo teste de F e significado biológico do modelo. A partir das equações obtidas para produção de matéria seca e conteúdo de nutrientes na parte aérea, foram estimadas as doses de calcário, correspondentes à máxima eficiência econômica (MEE), que neste estudo foi considerado como 90% da máxima eficiência física (MEF). As variáveis que ajustaram a um modelo de regressão linear adotou-se como produção máxima de MSPA e MSR aquela obtida com a maior dose de calcário.

RESULTADOS

Acúmulo de nutrientes na parte aérea das culturas

Em relação à cultura do milho, a calagem influenciou significativamente ($P < 0,05$) o acúmulo de nutrientes na parte aérea, exceto o Cu em ambos os solos que não se ajustou a nenhum modelo matemático (**Tabela 1**). Em relação ao P e Ca, verifica-se que em ambos os solos, o acúmulo na parte aérea foi afetado por níveis crescentes de calcário e os dados ajustaram-se a um modelo quadrático com doses de 3,7 e 4,2 t ha⁻¹ de calcário no AVAm; 4,2 e 3,1 t ha⁻¹ de calcário no LADa, responsáveis pela máxima eficiência econômica de P e Ca, respectivamente. Apesar do acúmulo de Mg ser influenciado também pela adição de doses crescentes de calcário, este apresentou um comportamento linear, sendo a máxima eficiência econômica correspondente a dose de 10 t ha⁻¹ de calcário. Já o acúmulo de K, Zn, Fe e Mn, variaram com os níveis de calcário nos dois solos, ajustando-se ao modelo cúbico. Em relação ao efeito do fator solo, observa-se que o LADa proporcionou um maior acúmulo dos nutrientes na cultura do milho (**Tabela 1**).

Quanto à cultura do feijão, o conteúdo de nutrientes na parte aérea também foi influenciado pelas doses crescentes de calcário (**Tabela 1**). Os dados relativos ao acúmulo na parte aérea de P e Cu em ambos os solos, e de Fe e Mn no LADa apresentaram um comportamento quadrático, com as doses de 3,9 e 4,3 t ha⁻¹ de calcário no solo AVAm e 4,6; 4,4 t ha⁻¹ de calcário no solo LADa responsáveis pela máxima eficiência econômica de P e Cu, respectivamente. Enquanto, as doses 4,5 e 3,5 t ha⁻¹ de calcário no LADa promoveram a máxima eficiência econômica de Fe e Mn. Por outro lado, o acúmulo dos elementos Ca e Mg em ambos os solos tiveram comportamento linear com o fornecimento de doses crescentes de calcário. Já os nutrientes K e Zn, nos dois solos e Fe e Mn no AVAm, o comportamento do acúmulo foliar foi cúbico.

Crescimento das culturas em resposta à calagem

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) da interação entre os fatores tipo de solo e doses de calcário sobre a produção de matéria seca (**Figura 1**), exceto a MSR na cultura do milho (**Figura 1b**). Nota-se que em ambos os solos, os dados de MSPA ajustaram-se a um modelo de regressão quadrática, porém, abaixo

de 1,0 t. ha⁻¹ o LADa apresentou um menor valor em relação ao AVAm. Comportamento semelhante foi observado também para a MSR na cultura do feijoeiro, no entanto, os menores valores de MSR foram observados no solo LADa até a dose de 4,0 t.ha⁻¹ (**Figura 1d**). No entanto, com o fornecimento de doses crescentes de corretivo, maiores valores dessa variável foi observada no solo LADa. As doses de corretivo que promoveram a máxima eficiência econômica para MSPA na cultura do milho foram 4,0 e 4,2 t ha⁻¹ para o AVAm e LADa, respectivamente, e 4,2 e 4,9 t ha⁻¹ na cultura do feijão. As doses de corretivo que promoveram a máxima eficiência econômica para MSR foi 3,8 t ha⁻¹ na cultura do milho, e 3,3 e 4,7 t ha⁻¹ na cultura do feijão para os solos AVAm e LADa, respectivamente.

DISCUSSÃO

Efeito da calagem sobre o acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas

O aumento da absorção de nutrientes pelo milho e feijão em função da aplicação de calcário tem sido verificados em vários trabalhos (Barbosa Filho & Silva, 2000). As respostas positivas da calagem sobre o acúmulo dos macronutrientes na parte aérea das culturas podem ser atribuídas ao aumento da disponibilidade dos nutrientes no solo, decorrentes da redução do alumínio tóxico e elevação do pH para valores entre 6,0 e 6,5 (dados não apresentados), faixa considerada ideal para a maioria das culturas (CFSEMG, 1999).

Em estudo de caracterização dos solos do estado do Amazonas, Moreia e Fageria (2009) verificaram que, independente do ecossistema, 96% das amostras apresentaram pH baixo e muito baixo. Considerando as análises químicas iniciais e de acordo com a interpretação da CFSEMG (1999), os solos estudados apresentam as seguintes características: acidez elevada; altas concentrações de Al³⁺; teores extremamente baixos dos cátions básicos; elevada acidez potencial; e teores baixos de matéria orgânica, sendo o AVAm com 1,4 dag kg⁻¹ de M.O. e o LADa com 1,7 dag kg⁻¹ de M.O. Em trabalho realizado por Fageria (2001) verificaram que os níveis adequados de pH para culturas anuais cultivadas em solos do cerrado são: arroz 5,6, feijão 6,2, milho 6,4 e soja 6,8.

Em relação à absorção P, nota-se que esta foi aumentada em ambas as culturas com a calagem. Este efeito possivelmente pode ser atribuído a restrição da precipitação deste com Fe e Al e adsorção a fase sólida do solo.

No que se refere ao conteúdo de Ca e Mg as respostas positivas da calagem na absorção desses nutrientes podem ser atribuídas ao aumento de teores trocáveis desses nutrientes. Barbosa Filho & Silva (2000) avaliando os efeitos da calagem para o feijoeiro comum, observaram que, a calagem aumentou a absorção de N, P, K, Ca, Mg e Cu e a produtividade do feijoeiro em 37%.

Em relação aos micronutrientes, há uma tendência de diminuição da disponibilidade em função do aumento do pH do solo. No entanto, no presente trabalho apenas o Cu obedeceu à esta tendência e na

cultura do milho. É provável que as respostas positivas dos micronutrientes à calagem sejam atribuídas ao fato da deficiência de micronutrientes catiônicos ocorrer quando há elevação do pH em água acima de 6,0. Considerando que no presente estudo o pH em água ficou em torno de 6,0, desta maneira, não provocou uma diminuição acentuada dos micronutrientes catiônicos no solo.

Efeito da calagem no crescimento das culturas

Os resultados obtidos para a produção de MSPA indicam que a necessidade de calagem é dependente do tipo de solo, pois o solo LADa apresentou um maior potencial de resposta ao calcário quando comparado ao AVAm. É provável que as diferenças entre os atributos que influenciam o tamponamento do solo, como textura tenham influenciado nesses resultados.

Para essa variável, as doses de calcário necessária para atingir a máxima eficiência econômica estão próximas aquelas obtidas pela curva de incubação para atingir o pH 6,0 e 6,5 (dados não apresentados), que correspondem, para cultura do milho, a 4,0 e 4,2 t ha⁻¹ para o AVAm e LADa, respectivamente, e 4,2 e 4,9 t ha⁻¹ na cultura do feijão.

Em relação à produção de MSR, os efeitos positivos e significativos da aplicação do calcário evidenciam as melhorias das condições químicas e físicas proporcionadas pelo produto, aumentando a disponibilidade de nutrientes, favorecendo o desenvolvimento das raízes e ampliando a capacidade da planta em retirar água e nutrientes do solo. Caires et al. (2002) estudando o crescimento de raízes de milho (híbrido AG 9090) em um Latossolo Vermelho distrófico textura média, do estado do Paraná, em função da correção da acidez do solo, verificaram um maior crescimento relativo de raízes na profundidade de 0,10-0,20 m, estando os resultados para esta variável relacionado positivamente com o Ca trocável e negativamente com o Al trocável.

Contudo, a interação significativa entre os fatores tipo de solo e doses de calcário, exceto para a MSR do milho, demonstram que o tipo de solo interfere no requerimento de calagem, e, de forma similar, as doses para atingir a máxima eficiência econômica coincidiram com a recomendação para atingir o pH 6,0 e 6,5 pela curva de incubação, sugerindo que a escolha das doses estão de acordo. Tal premissa é verdadeira, pois nessas doses houve os melhores acúmulos de nutrientes na parte aérea da planta.

É importante destacar, também, que as doses economicamente viáveis para o acúmulo de nutrientes são próximas as obtidas para MSPA e MSR e condizente com a recomendação de calcário para pH 6,0 e 6,5. O que demonstra a importância do requerimento de calagem correto, pois, além da diminuição da acidez, parte da resposta à calagem está associada a disponibilidade de nutrientes no solo que são princípios para obtenção de bons incrementos das culturas.

CONCLUSÕES

A adição de níveis crescentes de calcário proporcionou aumento na absorção de nutrientes das duas culturas avaliadas. As doses de corretivo necessárias para atingir a MEE na MSPA do milho foram 4,0 e 4,2 t ha⁻¹ nos solos AVAm e LADa, respectivamente, e 4,2 e 4,9 t ha⁻¹ na cultura do feijão. Enquanto a MEE na MSR foi obtida com 3,8 t ha⁻¹ de calcário na cultura do milho, em ambos os solos, 3,3 e 4,7 t ha⁻¹ na cultura do feijão para os solos AVAm e LADa, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ALLEN, S. E.; TERMAN, G. L.; CLEMENTS, L. B. Greenhouse techniques for soil-plant-fertilizer research. Muscle Shoals: National Fertilizer Development Center, 55p. 1976.
BARBOSA FILHO, M. P. & SILVA, O. F. Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado em solo de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 35: 1317-1324.

CAIRES, E. F. et al. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26:1011-1022, 2002.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ed. Lavras, 1999. 359p.

FAGERIA, N. K. Resposta de arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em solo de cerrado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 5: 416-424, 2001b.

MALAVOLTA, E. et al. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ed. Piracicaba: POTAFOS, 319p. 1997.

MALAVOLTA, E. Elementos da nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MOREIRA, A. & FAGERIA, N. K. Soil Chemical Attributes of Amazonas State, Brazil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v. 40, 2912 – 2925, 2009.

Tabela 1. Acúmulo de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) na matéria seca da parte aérea do milho e do feijão em solos com diferentes classes textural, em função de doses crescentes de calcário.

Nutrientes	Solos	Milho		Feijão	
		Equação	R ²	Equação	R ²
P	AVAm	$Y = 0,052 + 0,069x - 0,006x^2$	0,76**	$Y = 0,027 + 0,059x - 0,005x^2$	0,93**
	LADa	$Y = 0,053 + 0,089x - 0,007x^2$	0,89**	$Y = 0,011 + 0,055x - 0,004x^2$	0,90**
K	AVAm	$Y = 0,069 + 0,108x - 0,018x^2 + 0,001x^3$	0,79**	$Y = 0,068 + 0,117x - 0,023x^2 + 0,001x^3$	0,96**
	LADa	$Y = 0,065 + 0,163x - 0,031x^2 + 0,001x^3$	0,81**	$Y = 0,018 + 0,161x - 0,032x^2 + 0,002x^3$	0,96*
Ca	AVAm	$Y = 0,042 + 0,040x - 0,003x^2$	0,78**	$Y = 0,028 + 0,020x$	0,93**
	LADa	$Y = 0,033 + 0,049x - 0,005x^2$	0,70**	$Y = 0,007 + 0,047x$	0,99*
Mg	AVAm	$Y = 0,082 + 0,044x$	0,91**	$Y = 0,053 + 0,047x$	0,94**
	LADa	$Y = 0,061 + 0,060x$	0,93**	$Y = 0,025 + 0,068x$	0,96**
Zn	AVAm	$Y = 0,722 + 1,173x - 0,279x^2 + 0,017x^3$	0,49**	$Y = 0,529 + 0,505x - 0,099x^2 + 0,005x^3$	0,82**
	LADa	$Y = 0,555 + 1,429x - 0,337x^2 + 0,019x^3$	0,69**	$Y = 0,458 + 1,225x - 0,262x^2 + 0,015x^3$	0,56**
Fe	AVAm	$Y = 0,735 + 1,726x - 0,336x^2 + 0,019x^3$	0,82**	$Y = 1,301 + 1,288x - 0,256x^2 + 0,014x^3$	0,75**
	LADa	$Y = 0,892 + 2,211x - 0,386x^2 + 0,019x^3$	0,79**	$Y = 1,050 + 1,491x - 0,109x^2$	0,85**
Mn	AVAm	$Y = 1,152 + 3,669x - 0,876x^2 + 0,051x^3$	0,81**	$Y = 1,326 + 1,710x - 0,432x^2 + 0,026x^3$	0,80**
	LADa	$Y = 0,632 + 3,664x - 0,703x^2 + 0,036x^3$	0,93**	$Y = 0,684 + 1,561x - 0,146x^2$	0,74**
Cu	AVAm	$Y = \bar{Y} = 0,111$		$Y = 0,047 + 0,028x - 0,002x^2$	0,68**
	LADa	$Y = \bar{Y} = 0,030$		$Y = 0,013 + 0,092x - 0,007x^2$	0,93*

AVAm: Argissolo Vermelho Amarelo de textura média; LADa: Latossolo Amarelo Distrófico argiloso. * Significante a $P < 0,05$; **

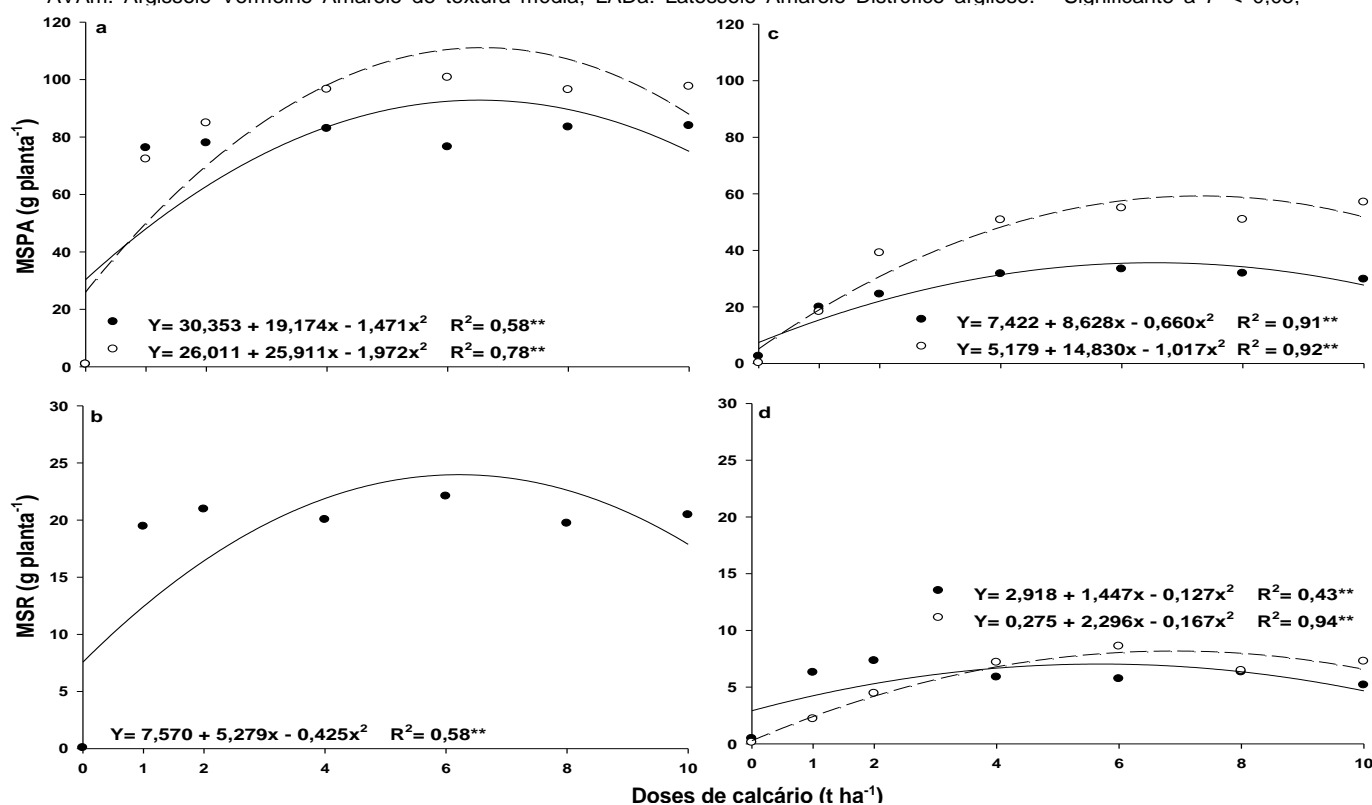


Figura 1. Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca de raízes (MSR) do milho (a, b) e do feijão (c, d) no Argissolo Vermelho Amarelo de textura média (●) e no Latossolo Amarelo Distrófico argiloso (○), em função do fornecimento de doses crescentes de calcário.