

ENSAIO DE ADUBAÇÃO DE MILHO EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO¹

DIRCE P. P. DE SOUZA BRITTO², ABEILARD FERNANDO DE CASTRO³, CLOVIS NERY³ e FRANCISCO ADEMAR COSTA⁴

Sinopse

Experimentos de campo foram instalados na Estação Experimental de São Simão, Estado de São Paulo, num Latossolo Vermelho-amarelo, sob vegetação de cerrado, durante cinco anos.

Usou-se um plano experimental fatorial 3³ para estudar a influência de várias combinações de N, P₂O₅ e K₂O na produção de milho.

Os adubos foram aplicados nos três primeiros anos; nos dois anos seguintes observou-se o efeito residual.

A mais alta produção de milho foi obtida com o tratamento correspondente a 120 kg/ha N, 60 kg/ha P₂O₅ e 60 kg/ha K₂O.

Em parcelas extras, adjacentes ao fatorial, vários tratamentos contidos no fatorial foram repetidos, porém, com aplicação de zinco. Desses tratamentos, os correspondentes a N₂P₂K₂Zn e N₂P₂K₂Zn foram os que deram maior produção, embora não fôssem, entre si, significativamente diferentes.

O efeito residual do zinco não foi observado.

A análise econômica realizada com as produções obtidas nos 27 tratamentos do fatorial não possibilitou o estabelecimento dos níveis ótimos de N, P₂O₅ e K₂O.

INTRODUÇÃO

As pesquisas em solos sob vegetação de cerrado têm sido grandemente desenvolvidas nos últimos tempos. No Brasil, a área ocupada por esses solos corresponde aproximadamente a 25% do território nacional; daí a imperiosa necessidade de serem encontradas soluções adequadas e econômicas para utilização desses solos, possibilitando o povoamento de extensa área atualmente com população de pouca densidade.

A literatura científica tem indicado o baixo nível de fertilidade dos solos que ocorrem sob cerrado como o mais importante problema a ser vencido. Ocorrendo esses solos em regiões de relevo francamente favorável à mecanização agrícola, a solução do problema da fertilidade do solo possibilitará a intensiva exploração agrícola dessas regiões, mesmo com uma escassa quantidade de mão-de-obra.

Resultados de pesquisas realizadas nos solos sob vegetação de cerrado são encontrados, em forma condensada, nos Anais de I Reunião Brasileira de Cerrado (Jacomini 1963).

Sob a vegetação característica de cerrado ocorrem diversos ou vários solos, formados a partir de materiais originários, climas e relevo variados (Jacomini 1963). Nessas condições, os estudos de fertilidade dos solos sob vegetação de cerrado devem ser conduzidos sem perder de vista a existência de características diversas, decorrentes da própria gênese de cada solo. Torna-se necessário, portanto, relacionar os resultados de fertilidade com a natureza do solo.

O presente trabalho representa mais um esforço no sentido de aumentar o acervo de informações relativas aos solos sob cerrado, particularmente sobre o Latossolo Vermelho-amarelo, fase arenosa (Lemos *et al.* 1960), que ocorre na Estação Experimental de São Simão, Estado de São Paulo.

Partindo das informações já existentes sobre deficiências minerais desses solos, programaram-se experimentos em que os tratamentos correspondentes à ausência de nitrogênio, fósforo e potássio fôssem abandonados, face à patente necessidade dos mesmos. Procurou-se estabelecer os melhores níveis de N, P₂O₅ e K₂O, bem como combinações desses fertilizantes

¹ Recebido 17 out. 1969, aceito 18 jun. 1970.

Apresentado na II Reunião de Cerrado, Sete Lagoas, 1967.

² Eng.º Agrônomo do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS), Docente da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26, Chefe de Pesquisas, e bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq).

³ Eng.º Agrônomo do IPEACS. Chefe da Estação Experimental de São Simão, São Simão, São Paulo.

⁴ Eng.º Agrônomo do Escritório de Pesquisas e Experimentação (EPE).

com o micronutriente zinco. Em todos os tratamentos aplicou-se calcário, considerando-se que a pobreza de bases desses solos é uma característica generalizada. Procurou-se, também, observar o efeito residual dos tratamentos, após três anos de adubação contínua.

MATERIAL E MÉTODOS

Como já foi citado na introdução, verificou-se a necessidade de instalação do presente trabalho, visto a Estação Experimental de São Simão, possuir, entre 860 hectares de sua área total, 645 ha de solos sob vegetação de cerrado que, como é do conhecimento, são solos inferiores, muito pobres em elementos minerais necessários às culturas. A Estação citada atende à região circunvizinha e fica no norte do Estado de São Paulo.

O esquema empregado foi fatorial 3^3 competindo os macroelementos N, P e K em três dosagens. Os adubos representantes desses elementos foram: sulfato de amônio (20% N), superfosfato (20% P_2O_5) e sulfato de potássio (50% de K₂O).

As dosagens usadas foram de 30, 60 e 120 kg/ha, comuns aos três nutrientes, vindo isto corresponder a:

sulfato de amônio:	150, 300 e 600 kg/ha;
superfosfato simples:	150, 300 e 600 kg/ha, e
sulfato de potássio:	60, 120 e 240 kg/ha.

Após a locação do experimento, foram tiradas ao acaso 8 amostras de solo de cada parcela até a profundidade de 0,20 m.

A análise de solo realizada pelo Setor de Solos do IPEACS apresentou o resultado médio seguinte:

pH:	4,8
C (em g/100g solo secado ao ar):	0,60;
N (idem):	0,09;
húmus:	1,69;
relação C/N:	10,7;
Ca ⁺⁺ (mE/100g solo secado ao ar):	1,30;
Mg ⁺⁺ (idem):	0,24;
K ⁺ (idem):	0,04;
P ₂ O ₅ assimilável (mg/100g):	1,61.

A calagem foi aplicada somente nos anos de 1962, 1963 e 1964, que receberam adubação, sendo a correção do solo realizada com uma mistura de 2 t/ha de calcário moído mais 2 t/ha de hidróxido de cálcio (cal apagada). Esta operação foi realizada 15 dias antes da aplicação dos tratamentos e da semeadura do milho, nos anos citados.

Sendo o esquema experimental um fatorial, cada repetição foi constituída de 27 parcelas que comportaram todas as combinações, ficando, como é sabido, confundida parte de tríplice interação. O esquema

teve duas repetições ocupando uma área de 2.700 m², pois cada parcela teve como área bruta 50 m².

O espaçamento adotado para a cultura do milho (cultura teste), foi de 1 m entre linhas por 40 cm entre covas, sendo que após o desbaste ficaram 2 plantas por cova.

Na colheita foi considerada área útil a correspondente às três fileiras centrais com 19 covas cada fileira, retirando-se sempre, relativamente à área bruta, a 1.^a e a 5.^a fileiras e 3 covas de cada cabeceira de fileira; a área útil foi de 22,80 m².

Ao lado da área experimental foram colocadas 5 parcelas de área bruta igual à do experimento, ocupadas pelos tratamentos especificados abaixo, porém, sem repetição:

$NaPoKo$, $NaPoKoZn$, $NaPzKzZn$, $NaPzKzZn$ e $NaPzKzZn$.

O micronutriente Zn foi representado pelo sulfato de zinco ($Zn SO_4 \cdot 7 H_2O$) na quantidade de 26 kg/ha.

Nas parcelas que receberam Zn, a quantidade por linha de 10 m foi de 26 g e todas as parcelas com os tratamentos extras receberam a correção de solo em condições idênticas às do experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados e resultados apresentados referem-se a cinco anos de pesquisa, isto é, de 1962 a 1966.

Só houve aplicação da adubação e calagem nos anos de 1962, 1963 e 1964, sendo que em 1965 e 1966 a finalidade foi verificar o efeito residual das adubações empregadas.

Podemos dividir os resultados em duas partes, sendo a primeira relativa ao fatorial, e a segunda, às comparações NPK com e sem zinco.

Observando os resultados apresentados no Quadro 1, verifica-se que em 1962 (1.^o ano de aplicação dos tratamentos) houve regressão linear positiva para os efeitos de N, P e K, vindo indicar aumento da produção em função do aumento de dosagem.

Em 1963 somente o fósforo manteve a regressão citada em 1962, sendo que em 1964 voltaram a influir significativamente o nitrogênio e o potássio, indicando a análise, para esses últimos nutrientes, desvio da linearidade. Apesar de não significativa a resposta para o fósforo, nota-se aumento de produção relativamente ao aumento da dosagem (Quadro 3).

Na análise dos dados dos 3 anos em que houve adubação, na qual se pesquisou a variação anos, nota-se regressão linear para P e desvio da linearidade para N e K.

A significância para anos informa como melhor ano quanto à produção o de 1964 (Quadro 3).

QUADRO 1. Variâncias e significâncias estatísticas dos efeitos dos elementos N, P e K e de suas interações, nos anos em que houve adubação, com referência à produção em grãos

Fontes de variação	Análises anuais			Análise conjunta de 1962 a 1964	
	1962 Q.M.*	1963 Q.M.	1964 Q.M.	Fontes de variação	Q.M.
N'	449.828**b	898	607.920**	N'	872.528**
N''	5.936	5.049	53.041*	N''	47.730*
P'	37.761**	43.354**	12.483	P'	88.157**
P''	8.917	6.613	321	P''	8.307
K'	31.590*	902	22.019	K'	42.285*
K''	27	3.492	98.414**	K''	47.603*
N'P'	7.200	6.875	7.102	N x P	10.626
Resto	1.402	868	9.173	N x K	3.040
N'K'	432	53	155	P x K	7.969
Resto	4.068	596	7.314	Erro (a)	7.546
P'K'	981	423	121	Anos	4.661.619**
Resto	2.516	1.474	9.402	Anos x N	100.604**
Erro	4.453	3.170	10.474	Anos x P	3.246
				Anos x K	16.630*
C.V.	21%	12%	12%	Erro (b)	5.499
				C.V.	13%

* Q.M. = quadrado médio.

b * = significância 5%, ** = significância 1%.

Na análise conjunta apareceu significância para as interações Anos x N e Anos x K, o que mostra a variação de comportamento de N e de K nos Anos de pesquisa. Fazendo-se os desdobramentos das interações significativas, Anos x N e Anos x K, verificou-se que a variação na 1.ª interação se deu quanto aos níveis de N nos anos de 1962 e 1964, indicando a dose N₀ como melhor, e mostrou, ainda, que em 1963 os níveis de N não se diferenciaram.

Para a 2.ª interação, somente no ano de 1964 houve diferença significativa, indicando a segunda dose de potássio como a suficiente.

É de se notar que o intervalo entre doses aplicadas dos elementos N, P e K não foi o mesmo, pois partiu-se de 30, foi-se a 60 e pulou-se para 120 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O (faltou um termo na progressão aritmética), o que nos levou a calcular os coeficientes dos polinômios ortogonais para o cálculo dos efeitos lineares e quadráticos.

As análises anuais de 1965 e 1966 (Quadro 2) mostram efeito significativo para o fósforo nos dois anos consecutivos variando o comportamento do N e K. Na análise conjunta com as produções dos dois anos residuais, verificou-se efeito positivo dos três nutrientes, indicando ainda 1965 com produção superior a 1966, resultado significativo. Nota-se que nessa análise houve linearidade para N, K e desvio da linearidade para P.

QUADRO 2. Variâncias e significâncias estatísticas da produção de grãos nos anos sem adubação (1965/66) nas quais se estudaram os efeitos residuais

Fontes de variação	Análises anuais		Análise conjunta de 1965 a 1966	
	1965 Q.M.	1966 Q.M.	Fontes de variação	Q.M.
N'	33.760*	19.729	N'	52.552*
N''	2.069	5.432	N''	7.103
P'	61.831**	61.416**	P'	123.247**
P''	27.469*	17.466	P''	44.372*
K'	19.080	27.120*	K'	45.848*
K''	10.312	14.115	K''	24.278
N'P'	17.565	567	N x P	2.689
Resto	19.080	1.323	N x K	12.686
N'K'	11.211	11.744	P x K	9.987
Resto	6.471	5.190	Erro (a)	9.744
P'K'	232	18.773	Anos	20.634
Resto	10.730	1.589	Anos x N	667
Erro	6.212	5.024	Anos x P	282
C.V.	15%	15%	Anos x K	251
			Erro (b)	2.114
			C.V.	9%

Diante da variação apresentada com a aplicação da regressão nas análises conjuntas dos anos de adubação e dos anos residuais, resolveu-se recorrer ao cálculo da diferença mínima significativa obtida pelo teste t, para melhor orientação na indicação da formulação a ser empregada. Com o teste aplicado verificou-se que N₀P₂K₂ é a melhor formulação.

Os dados grifados do Quadro 3 representam as produções obtidas nos níveis que o teste t indicou como os melhores.

QUADRO 3. Produções obtidas (grãos em kg/ha) nos anos com e sem adubação

	Anos com adubação				Anos sem adubação		
	1962	1963	1964	Médias	1965	1966	Médias
N ₁	875	2.017	3.217	2.036	2.165	2.071	2.118
N ₂	1.303	2.102	3.908	2.441	2.190	2.036	2.113
N ₃	1.859	1.994	4.400	2.750	2.418	2.252	2.334
P ₁	1.169	1.860	3.780	2.270	2.007	1.888	1.943
P ₂	1.593	2.072	3.809	2.484	2.355	2.190	2.272
P ₃	1.474	2.181	3.935	2.530	2.410	2.281	2.345
K ₁	1.229	1.986	3.573	2.263	2.113	1.949	2.031
K ₂	1.321	2.082	4.078	2.493	2.319	2.192	2.256
K ₃	1.486	2.045	3.873	2.468	2.339	2.218	2.276
DMS	198	168	305	150	235	211	197

Para confirmação de quais os níveis que realmente seriam os ideais para esse tipo de solo, resolveu-se aplicar a análise econômica no fatorial 3^3 , usando para isto as produções médias dos 3 anos em que houve adubação em decagrama por parcela de 22,80 m² (Quadro 6).

Como pode ser verificado pela equação de produção dada a seguir encontrou-se ponto de sela para N e P, visto que os coeficientes b_{11} e b_{22} apresentaram valores positivos e que, segundo Gomes (1969), é condição necessária para a existência de máximo que as estimativas b_{11} sejam tôdas negativas, o que não ocorreu:

$$Y = 461,71793 + 0,21322 N + 0,13525 P + 0,25702 K + 0,00230 N^2 + 0,00075 P^2 - 0,00064 K^2 - 0,00091 NP + 0,00005 NK.$$

Obtido e resolvido o sistema de equações a partir da equação da produção, encontrou-se:

$$N = -75,40, P_2O_5 = -135,91 \text{ e } K_2O = +203,74,$$

resultados verdadeiramente absurdos, inclusive para K₂O cujo nível máximo empregado no trabalho foi de 120 kg/ha.

No Quadro 4 pode-se notar efeito favorável do Zn e por essa razão os dados foram analisados considerando-se anos como repetições.

QUADRO 4. Comportamento dos tratamentos extras com com zinco e dos tratamentos equivalentes sem zinco, nos cinco anos de experiência (dados em kg/ha)

Tratamentos	Anos com adubação			Anos sem adubação		Médias (1962/66)
	1962	1963	1964	1965	1966	
	N ₀ P ₀ K ₀ Zn	140	579	1.096	886	
N ₁ P ₁ K ₁ Zn	508	1.654	3.658	2.061	1.491	1.874
N ₂ P ₂ K ₂ Zn	1.338	2.439	4.807	2.636	2.346	2.713
N ₃ P ₃ K ₃ Zn	3.026	2.614	5.706	3.110	2.127	3.317
N ₀ P ₀ K ₀	136	395	1.147	614	658	590
N ₁ P ₁ K ₁	664	1.660	2.945	1.798	1.798	1.819
N ₂ P ₂ K ₂	1.118	1.636	4.048	2.318	2.336	2.351
N ₃ P ₃ K ₃	1.996	1.928	4.132	2.445	2.518	2.604

O aumento de ano para ano na produção do tratamento testemunha deve ser atribuído à ação da calagem e do manejo do solo.

Os dados grifados do Quadro 5 referem-se à classificação em 1.º lugar. Nos anos em que houve adubação, o tratamento N₂P₂K₂Zn aumentou de 21% a produção relativamente a N₂P₂K₂, e o N₃P₃K₃Zn aumentou 41% sobre N₃P₃K₃. Nos anos sem adubação, o N₂P₂K₂Zn aumentou 7% sobre N₂P₂K₂ e o N₃P₃K₃Zn aumentou 6% sobre N₃P₃K₃.

QUADRO 5. Resultados do Zn junto à adubação NPK (análise em kg/ha)

Fontes de Variação	1962 a 1964 Q.M.	1965 a 1966 Q.M.
Tratamentos	3.671.922**	1.135.546**
Anos	11.879.524**	127.270
Anos x Tratam.	327.601	84.509
N ₀ P ₀ K ₀ Zn	605	912
N ₁ P ₁ K ₁ Zn	1.940	1.776
N ₂ P ₂ K ₂ Zn	2.861	2.491
N ₃ P ₃ K ₃ Zn	3.782	2.619
N ₀ P ₀ K ₀	559	636
N ₁ P ₁ K ₁	1.757	1.912
N ₂ P ₂ K ₂	2.367	2.327
N ₃ P ₃ K ₃	2.685	2.481
D.M.S.	999	686
C.V.	29%	17%

QUADRO 6. Dados de produção de grãos em dag 22,80m², nos 5 anos do experimento

Tratamentos	Anos com adubação				Anos sem adubação		
	1962	1963	1964	Média	1965	1966	Média
N ₁ P ₁ K ₁	152	379	672	401	410	462	436
N ₁ P ₁ K ₂	130	405	652	398	405	386	395
N ₁ P ₁ K ₃	183	442	747	457	498	457	463
N ₁ P ₂ K ₁	141	415	638	398	418	453	435
N ₁ P ₂ K ₂	249	534	867	550	485	485	435
N ₁ P ₂ K ₃	204	449	700	451	592	542	567
N ₁ P ₃ K ₁	246	533	780	520	504	400	452
N ₁ P ₃ K ₂	188	476	717	460	547	490	519
N ₁ P ₃ K ₃	304	508	823	545	616	590	603
N ₂ P ₁ K ₁	271	458	865	531	446	374	410
N ₂ P ₁ K ₂	224	464	956	548	443	395	420
N ₂ P ₁ K ₃	209	397	908	524	420	429	424
N ₂ P ₂ K ₁	269	487	732	496	446	415	431
N ₂ P ₂ K ₂	255	442	923	540	529	533	531
N ₂ P ₂ K ₃	373	493	872	579	569	489	529
N ₂ P ₃ K ₁	321	450	850	550	523	418	470
N ₂ P ₃ K ₂	330	572	1.020	640	637	588	613
N ₂ P ₃ K ₃	361	521	894	592	481	539	510
N ₃ P ₁ K ₁	346	429	961	578	507	438	472
N ₃ P ₁ K ₂	433	415	1.089	646	559	548	553
N ₃ P ₁ K ₃	392	430	902	575	460	493	431
N ₃ P ₂ K ₁	309	420	933	588	578	520	549
N ₃ P ₂ K ₂	459	488	986	644	578	512	545
N ₃ P ₂ K ₃	509	519	1.161	729	640	545	592
N ₃ P ₃ K ₁	378	409	899	582	505	521	543
N ₃ P ₃ K ₂	444	479	1.153	692	576	561	568
N ₃ P ₃ K ₃	455	440	942	612	558	574	566

Verifica-se efeito positivo do zinco nos anos com adubação, porém, esse elemento não apresentou efeito residual, apesar de os tratamentos $N_2P_2K_2$ e $N_2P_2K_2Zn$ fornecerem um aumento em torno de 7% sobre seus similares sem zinco.

Além da análise apresentada, aplicou-se o teste t, usando-se as variâncias das análises conjuntas dos tratamentos extra e do fatorial, isto para anos com adubação e anos sem adubação. Para a obtenção das D.M.S. foi necessário calcular valores t. Os resultados encontrados foram de 980 e 639 kg/ha para anos com adubação e anos sem adubação, respectivamente, confirmando a conclusão já indicada pela primeira análise.

CONCLUSÕES

O presente trabalho teve a duração de 5 anos consecutivos, tendo-se aplicado fertilizantes nos 3 primeiros anos e estudado nos dois últimos o efeito residual, tal para o fatorial NPK (3^o) como também para os tratamentos extra com zinco e seus similares sem zinco.

As conclusões a que se chegou foram as seguintes:

- a) nos três anos em que foram aplicados fertilizantes no solo Latossolo Vermelho-amarelo, fase arenosa, que ocorre na Estação Experimental de São Simão, os efeitos do nitrogênio, do fósforo e do potássio se fizeram sentir, apresentando-se o tratamento $N_2P_2K_2$, correspondente a 600 kg/ha de sulfato de amônio, 300 kg/ha de superfosfato simples e 120 kg/ha de sulfato de potássio, como o mais indicado, por ter fornecido inclusive efeito residual; a tentativa de determinar os níveis

ideais de N, P_2O_5 e K_2O por meio da análise econômica, porém, não alcançou o resultado desejado devido ao aparecimento de pontos de sela para N e P_2O_5 e de um valor além dos usados nos tratamentos, para K_2O ;

- b) no estudo feito das formulações completas NPK com e sem zinco, verificou-se não haver diferença significativa entre $N_2P_2K_2Zn$ e $N_2P_2K_2$, sendo estas formulações superiores às suas similares sem zinco; para os anos em que se pesquisaram os efeitos residuais, não houve diferença significativa entre as formulações $N_2P_2K_2Zn$, $N_2P_2K_2$, $N_2P_2K_2$ e $N_2P_2K_2$, o que informa que o efeito residual destas formulações se equivaleram, indicando com isto que o zinco não apresentou resultado compensador no que se refere ao efeito residual, apesar de as formulações com zinco terem fornecido, em média, um aumento de 7% na produção;
- c) diante do exposto, apesar de a análise econômica não ter fornecido confirmação para os níveis ideais de N, P_2O_5 e K_2O , podem-se indicar, como melhores formulações, $N_2P_2K_2$ e $N_2P_2K_2Zn$, lembrando, porém, que esta última não apresentou efeito residual.

REFERÊNCIAS

- Gomes, F.P. 1969. Novos aspectos do estudo econômico de ensaios de adubação. *Fertiliz* 34:1-9.
- Jacomini, P.T.K. 1963. Considerações gerais sobre alguns solos de cerrado. Bolm 15, Dep. Pesq. Exp. Agropec. (I Reunião Brasileira do Cerrado), Rio de Janeiro, p. 131-136.
- Lemos, R.C., Bennema, J. Santos, R.D. et al. 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo, Bolm 12, Serv. Nac. Pesq. Agrônomicas, Rio de Janeiro, p. 364-368.

FERTILIZER TRIAL FOR MAIZE ON RED YELLOW LATOSOL UNDER "CERRADO" VEGETATION

Abstract

A five year fertilizer field study was conducted in the São Simão Experimental Station in the State of São Paulo on a red yellow latosol developed under "cerrado" vegetation.

A 3 x 3 factorial experimental design was used to study the influence of various combinations of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on the growth of corn. The fertilizers were applied during each of the first three years of the five year study. Yields were highest on the treatment receiving 120 kg/ha N, 60 kg/ha P_2O_5 , and 60 kg/ha K_2O ($N_2P_2K_2$).

On and adjacent plot area several of treatments in the factorial were treated with zinc. Treatments $N_2P_2K_2$ and $N_2P_2K_2$ with zinc produced the highest corn yields and were not significantly different.

The residual effect of zinc could not be measured.

After analyzing the economical data obtained from the 27 treatments during the three years when fertilizer was applied no conclusions could be drawn as to the most desirable economical rates of fertilizer to use.