

RESPOSTA DA CULTURA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) À
APLICAÇÃO DE CALCÁRIO, ADUBO NITROGENADO E FOSFATADO, EM
MUNICÍPIOS DA ZONA DA MATA, MINAS GERAIS*

Luiz A. Nogueira Fontes
Luiz Julião Braga
Fábio Ribeiro Gomes**

1. INTRODUÇÃO

Entre os fatores que acarretam o baixo rendimento do feijoeiro em Minas Gerais, a pobreza dos solos desgastados pela erosão e pela falta de adubação ocupa lugar de destaque.

Trabalhos experimentais com esta leguminosa têm sido desenvolvidos, visando não somente a criação de variedades melhores e mais produtivas, como também o aprimoramento dos métodos culturais. Uma área de estudos bastante carente de resultados experimentais é a que envolve as relações entre adubação e produção. Na realidade, trabalhos de pesquisa sobre adubação do feijoeiro têm sido conduzidos no Estado de Minas Gerais, mas, ainda assim, há grande necessidade de maior número e melhores estudos a respeito.

Em Minas Gerais, e em especial na Zona da Mata, as pesquisas com adubação do feijoeiro têm sido voltadas principalmente para os aspectos da calagem, adubação nitrogenada e fosfatada. São estas, em verdade, as variáveis que maiores atenções devem merecer num programa de adubação, nessa Zona.

Através da calagem, visam-se as alterações associadas principalmente ao pH do solo, seguindo-se as variações nos teores de cálcio e magnésio (3). Com esta prática, é possível alterar, também, a disponibilidade de potássio, acelerar a decomposição de resíduos e aumentar a mineralização da matéria orgânica, além de outras modificações. Em função da menor ou maior quantidade de calcário aplicada ao solo, poder-se-á, dentro de certos limites, aumentar ou diminuir o teor de fósforo inorgânico do solo (5, 7).

Respostas do feijoeiro à adubação nitrogenada têm sido incertas, necessitando, por isto, de maiores investigações (1, 2, 6). Aparentemente, o êxito da fertilização nitrogenada em

* Aceito para publicação em 9-8-1973.

** Respectivamente, Prof. Adjunto da Universidade Federal de Viçosa, Engº-Agrº da CONDEPE-Goiás e Prof. Titular da Universidade Federal de Viçosa.

feijão está associado com uma melhor época de colocação do adubo no solo, como é sugerido pelo trabalho de MIYASAKA *et alii* (8).

Por outro lado, o feijoeiro responde muito bem à aplicação de adubo fosfatado, na Zona da Mata (4, 9).

Além do conhecimento do comportamento do feijoeiro em relação a cada um daqueles três fertilizantes, é necessário procurar estabelecer a relação entre a resposta ao calcário, à adubação nitrogenada e fosfatada.

A utilização de um delineamento composto oferece a oportunidade de se usar grande número de níveis de calcário, fósforo e nitrogênio, com um pequeno número de combinações, conforme foi usado neste estudo. Ademais, este delineamento permite a utilização dos dados em análises econômicas. Além dos pontos ressaltados acima, objetivou-se, também, neste estudo, medir o comportamento do feijoeiro à aplicação de vários níveis de calcário dolomítico, adubo nitrogenado e fosfatado, avaliando ainda a interrelação entre estes fatores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Durante os anos agrícolas de 1964/65 e 1965/66, foram instalados sete experimentos em vários municípios da Zona da Mata, Estado de Minas Gerais. Entretanto, a ocorrência de condições adversas, logo após o plantio, prejudicou três dos ensaios instalados, que foram eliminados.

Os quatro ensaios aproveitados foram os seguintes: primeiro ensaio de Viçosa (período das "água" de 1964), segundo ensaio de Viçosa (período das "água" de 1965), ensaio de Visconde do Rio Branco (período das "água" de 1965) e ensaio de São Pedro dos Ferros (período da "seca" de 1966). O segundo ensaio de Viçosa foi instalado no mesmo local do primeiro, sem novas adições de fertilizantes, com o objetivo de avaliar o efeito residual dos fertilizantes utilizados no plantio anterior.

Todos os ensaios foram localizados em solo Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico, fase terraço fluvial, textura argilosa.

Análises químicas foram realizadas em amostras de solo de cada área experimental (quadro 1). Os solos dos três locais apresentaram acidez fraca, baixo teor de fósforo e teor médio de matéria orgânica. O teor de potássio foi alto em Visconde do Rio Branco, e médio em Viçosa e São Pedro dos Ferros. Em Viçosa, o teor de cálcio trocável foi alto e o de magnésio baixo. Em São Pedro dos Ferros e Visconde do Rio Branco os teores de cálcio e magnésio foram altos.

Posteriormente, análises químicas mais detalhadas foram efetuadas em amostras de solo retiradas a 10 e 20 cm de profundidade, dentro da parcela experimental, em duas ocasiões: antes do plantio e antes da colheita. Os dados assim obtidos serviram para outros estudos e não serão apresentados no presente trabalho.

Usou-se para todos os experimentos o delineamento factorial 5 x 5 x 5, composto modificado, com 21 tratamentos e três repetições.

Os tratamentos se constituíram de 21 combinações, das 125 combinações possíveis entre os cinco níveis de cada uma das três variáveis estudadas, conforme se vê no quadro 2.

QUADRO 1 - Valores médios de pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, encontrados nas amostras de solo coletadas nos locais dos experimentos*

Local	pH em água (1+1)	M.O. %	P ppm	K	Ca	Mg
				Eq.mg/100g TFSA		
Viçosa	6,20	2,50	2,5	0,26	6,8	0,05
Visconde do Rio Branco	6,10	2,74	5,9	0,65	11,4	2,50
São Pedro dos Ferros	6,90	2,62	9,0	0,24	12,2	1,43

* Análises efetuadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Fitotecnia da U.F.V.

QUADRO 2 - Combinações escolhidas e que constituíram os 21 tratamentos utilizados nos ensaios executados

Trata- mentos	Nitrogênio - kg/ha		P ₂ O ₅ kg/ha	Calcário kg/ha
	No plantio	Em cobertura		
2 2 2	25	25	100	3000
2 2 0	25	25	100	0
2 0 2	25	25	0	3000
0 2 2	0	0	100	3000
2 2 4	25	25	100	6000
2 4 2	25	25	200	3000
4 2 2	50	50	100	3000
1 1 1	25	0	50	1500
1 1 3	25	0	50	4500
1 3 1	25	0	150	1500
1 3 3	25	0	150	4500
3 1 1	25	50	50	1500
3 1 3	25	50	50	4500
3 3 1	25	50	150	1500
3 3 3	25	50	150	4500
0 0 1	0	0	0	1500
0 1 0	0	0	50	0
1 0 0	25	0	0	0
4 4 2	50	50	200	3000
4 2 4	50	50	100	6000
2 4 4	25	25	200	6000

Calcário dolomítico com 80% de valor neutralizante, sulfato de amônio e salitre-do-chile como fontes de nitrogênio e superfosfato simples como fonte de fósforo foram os fertilizantes estudados. Todas as parcelas receberam uma adubação básica de 100 kg/ha de cloreto de potássio.

Os adubos fosfatado e potássico foram aplicados no plantio, e o nitrogenado, com exceção dos níveis 0 e 1, foi aplicado parceladamente, metade no sulco de plantio, sob a forma de sulfato de amônio, e a metade restante, em cobertura, sob a forma de salitre-do-chile, aos 20 dias após a emergência das plantas.

Em todos os ensaios, fez-se, a lanço, a aplicação de calcário, 30 dias antes do plantio.

As parcelas constaram de cinco fileiras de 5 m, com o espaçamento de 0,5 m entre elas; contudo, na colheita, só foram aproveitadas as três fileiras centrais, das quais se excluíram 0,25 m nas cabeceiras, de sorte que a área útil ficou reduzida a 6,75 m².

O plantio foi realizado em sulcos previamente adubados, tendo sido a mistura de fertilizantes revolvida dentro dos sulcos, a fim de evitar o contato direto com as sementes.

Empregou-se excesso de sementes, da variedade 'Rico 23', tendo sido deixadas 10 plantas por metro linear, após o desbaste.

A avaliação das variáveis estudadas se fez pela medição dos seus efeitos sobre a produção de grãos secos pela cultura. Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e de regressão, e constituem o principal enfoque deste relato.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 3, encontram-se as produções médias de grãos, por hectare, obtidas nos três locais.

Os dados de cada ensaio experimental foram submetidos à análise estatística, verificando-se efeito não significante dos tratamentos em São Pedro dos Ferros, e efeitos altamente significantes em Viçosa (primeiro plantio e efeito residual) e em Visconde do Rio Branco.

A análise estatística conjunta dos quatro ensaios indicou que as interações tratamentos x anos e tratamentos x locais foram altamente significantes, evidenciando efeito diferencial dos tratamentos sobre o feijoeiro, em função do ano e local de plantio. Naturalmente, resultados como estes eram esperados, tendo-se em conta as variações múltiplas dos efeitos dos fatores do meio sobre a planta, ao se modificarem os locais e anos de plantio da cultura.

É oportuno observar, ainda, com base na produção média de cada ensaio, que o maior nível de produção de grãos foi atingido no ensaio de São Pedro dos Ferros, instalado no período da "seca". A produção média do segundo ensaio de Viçosa (efeito residual) foi equivalente a 82% da produção do primeiro plantio e semelhante à do ensaio de Visconde do Rio Branco.

Através da análise de regressão, obtiveram-se coeficientes de determinação, com os quais se organizou o quadro 4. No quadro 5, estão os coeficientes de regressão e os respectivos erros padrões, para cada ensaio, para aqueles fatores selecionados.

QUADRO 3 - Produções médias de feijão, em kg/ha, obtidas em três municípios da Zona da Mata de Minas Gerais

Trata- mentos (*)	Viçosa 1º plantio	Viçosa 2º plantio	Visc. do Rio Branco	São Pe- dro dos Ferros	Médias
001	469,7	1043,0	595,7	1582,0	922,6
100	602,3	1227,3	537,0	1638,3	1001,2
202	959,3	1147,3	470,7	1647,3	1136,2
010	200,7	627,7	254,3	1436,3	629,8
111	1598,0	1088,3	775,7	1378,7	1210,2
113	1812,3	1179,0	1185,7	1418,0	1398,8
311	1767,3	1144,7	1082,7	1920,3	1478,8
313	1439,3	1166,0	1279,7	1816,0	1425,2
022	1392,7	957,3	1154,3	1235,3	1184,9
220	1014,0	1226,3	664,3	1519,7	1106,1
222	1571,7	1281,0	1363,0	1847,0	1515,7
224	1649,3	1114,0	1653,0	1663,0	1519,8
422	1844,7	1239,3	1280,3	1550,7	1478,8
424	1750,0	1224,0	1900,7	1885,7	1690,0
131	1533,3	1075,7	1001,3	1887,0	1374,3
133	1616,0	905,0	1647,7	1739,3	1477,0
331	1603,0	1237,7	1176,7	1645,0	1415,6
333	1861,0	1424,3	1128,0	1907,0	1580,1
242	1572,3	1298,7	1364,0	1704,7	1484,9
244	1619,3	1353,0	1914,3	1734,7	1655,3
442	1748,7	1203,0	1480,3	1824,0	1564,0
<hr/>					
Médias	1410,7	1150,6	1153,7	1665,7	

(*) Veja o quadro 2.

Em função dos valores do quadro 4, escolheram-se variáveis e identificou-se a ordem de importância delas em cada experimento. Assim, em Visconde do Rio Branco, o efeito de cada um dos três fertilizantes, quando ignorados os efeitos dos outros dois, mostrou-se significante, tendo sido selecionado o nitrogênio que apresentou o maior valor numérico, 0,7473, seguido pelos valores do fósforo e do calcário, 0,4214 e 0,2928, respectivamente (quadro 4). O efeito do fósforo em presença de nitrogênio - P|N - foi significante, enquanto o calcário em presença de nitrogênio - Cal.|N - não o foi, selecionando-se o primeiro efeito. Em decorrência das seleções acima, testou-se,

a seguir, apenas o efeito do calcário em presença de fósforo e nitrogênio - Cal. | P, N - que se mostrou não significante.

Semelhante interpretação foi utilizada para os dados dos outros experimentos, com base nos valores do quadro 4. No primeiro plantio de Viçosa, os três fatores pesquisados foram importantes, contribuindo significantemente para a produção de grãos. Em Visconde do Rio Branco, fósforo e nitrogênio foram os fatores importantes. No segundo plantio de Viçosa e no plantio de São Pedro dos Ferros, apenas o calcário se destacou.

No primeiro plantio de Viçosa, dentre os efeitos dos três fatores testados, o do calcário, embora significante, foi menos expressivo, conforme os resultados apresentados no quadro 4. Desta forma, este fator foi fixado e as curvas de regressão foram calculadas em função de nitrogênio e fósforo, para os níveis de 0,3 e 6 toneladas de calcário por hectare (figuras 1, 2 e 3).

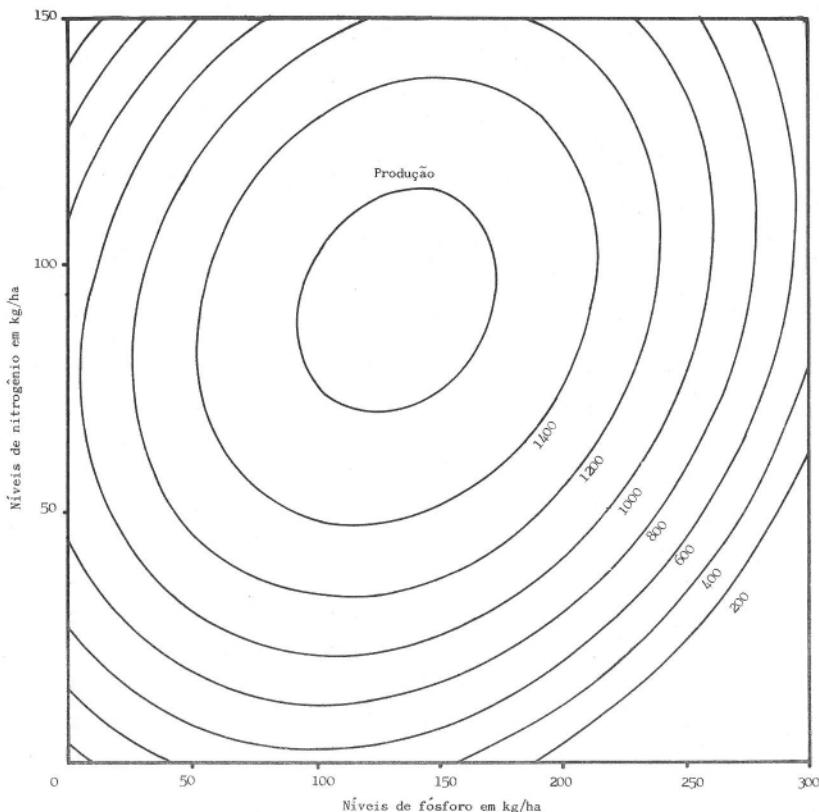


FIGURA 1 - Superfície de resposta do feijoeiro a nitrogênio e fósforo, em ausência de calcário, no primeiro plantio de Viçosa.

QUADRO 4 - Efeitos de calcário, fósforo e nitrogênio, nos três locais estudados, estimados pelos coeficientes de determinação

Fator (1)	Local			
	Viçosa 1º plantio	Viçosa 2º plantio	Visc. do Rio Branco	São Pe- dro dos Ferros
Cal	0,4156*	0,5695*	0,2928*	0,4140*
P	0,4472*	0,1395*	0,4214*	0,1258
N	0,5113*	0,1232*	0,7473*	0,0949
Cal., P	0,6452*	0,6397*	0,5769*	0,4633*
Cal., N	0,7388*	0,5815*	0,8353*	0,5168*
P, N	0,7246*	0,2092	0,8676*	0,1761
Cal., P, N	0,8540*	0,6844*	0,9127*	0,5767*
Erro	0,1905	0,6454	0,4295	1,1448
P Cal.	0,2296*	0,0702	0,2841*	0,0593
N Cal.	0,3232*	0,0120	0,5425*	0,1028
Cal. P	0,1980*	0,5002*	0,1555*	0,3375*
N P	0,2774*	0,0697	0,4462*	0,0503
Cal. N	0,2275*	0,4583*	0,0880	0,4219*
P N	0,2113*	0,0860	0,1203*	0,0812
Cal. P, N	0,1294*	0,4752*	0,0451	0,4006
P Cal., N	0,1152*	0,1029	0,0774	0,0599
N Cal., P	0,2088*	0,0447	0,3358*	0,1134

* Significante ao nível de 5% de probabilidade.

(1) Cal., refere-se a calcário. Os símbolos e suas combinações, como aparecem acima, têm a seguinte interpretação, utilizando-se um exemplo de cada grupo: P - efeito deste fator ignorando os outros dois; P, N - efeito combinado destes dois fatores; Cal., P, N - efeito combinado dos três fatores; P|N - efeito do primeiro fator em presença do segundo; P|Cal., N - efeito do primeiro fator em presença dos dois outros.

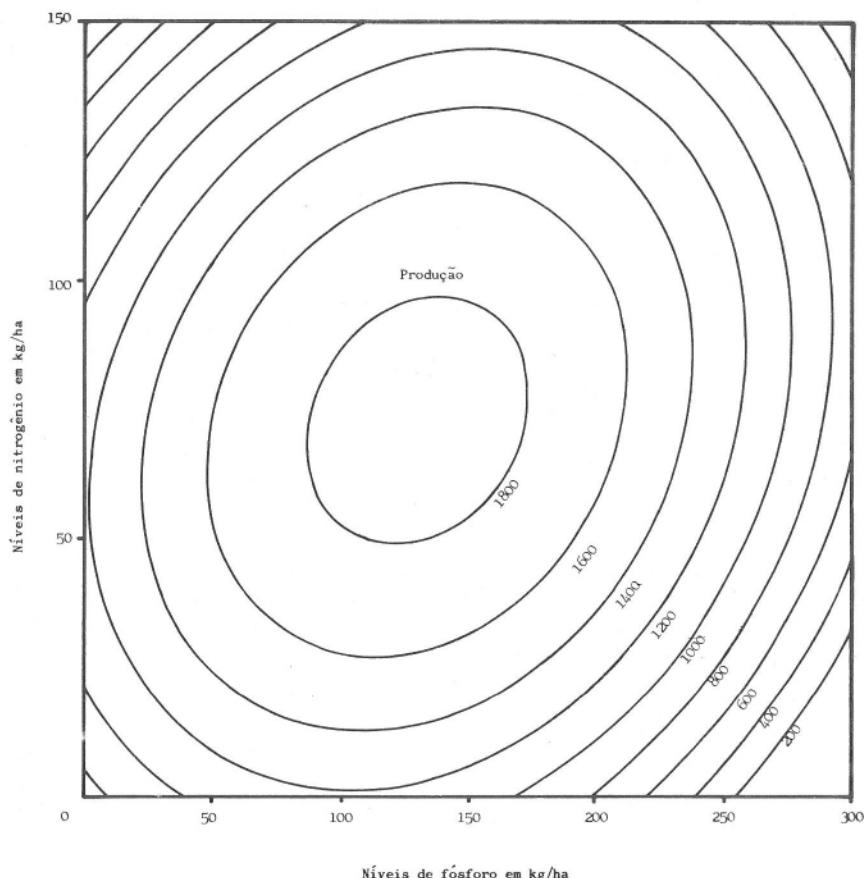


FIGURA 2 - Superfície de resposta do feijoeiro a nitrogênio e fosforo, em presença de três toneladas de calcário, no primeiro plantio de Viçosa.

Na ausência de calcário (figura 1), a produção máxima estimada não atingiu 1800 kg/ha, obtida com níveis de nitrogênio e fósforo, dentro dos limites utilizados no experimento.

Na presença de 3 t de calcário, a produção máxima se elevou (figura 2), verificando-se também uma melhor eficiência na utilização de nitrogênio, caracterizada pela necessidade de uma quantidade menor do elemento para obtenção da produção máxima, do que aquela necessária na ausência de calcário.

Esta tendência se acentuou ainda mais quando se utilizaram 6 t de calcário por hectare (figura 3).

Com o fósforo não se verificou a mesma tendência, pois o nível do elemento necessário para a produção máxima, na ausência de calcário, foi praticamente igual àquele em presença de 3 e 6 t do corretivo (figuras 1, 2 e 3).

Níveis de nitrogênio em kg/ha

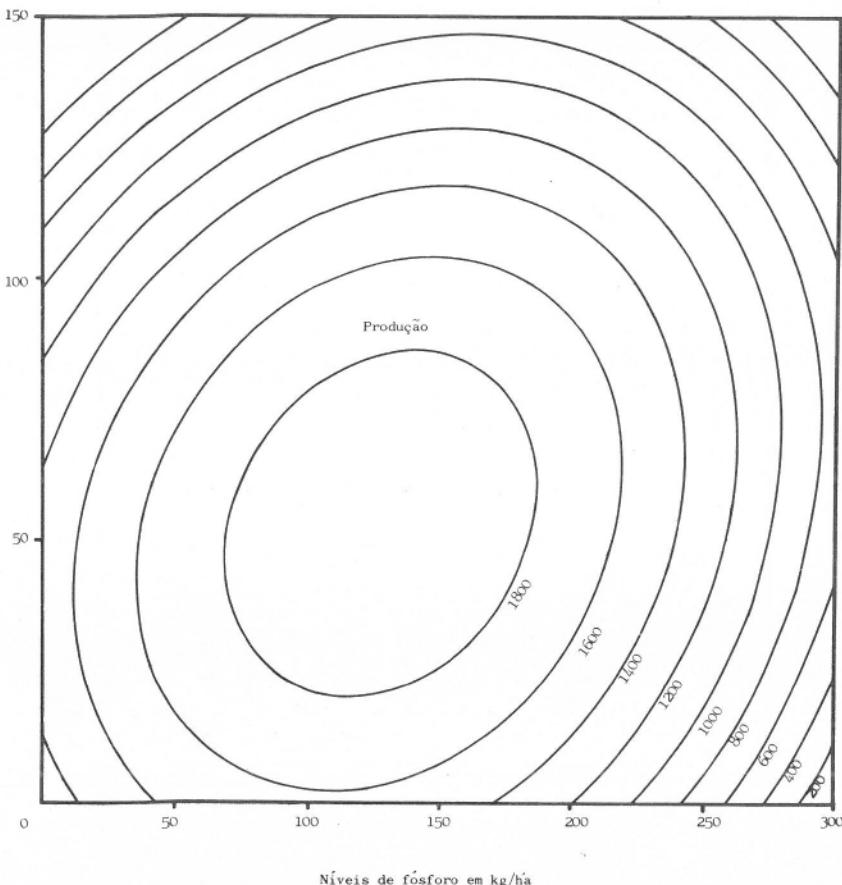


FIGURA 3 - Superfície de resposta do feijoeiro a nitrogênio e fósforo, em presença de seis toneladas de calcário, no primeiro plantio de Viçosa.

Para as condições deste ensaio, a produção máxima, estimada através da regressão múltipla, foi de 1943 kg/ha pela utilização de 5,9 t/ha de calcário, 127 kg/ha de P_2O_5 e 53,7 kg/ha de nitrogênio.

Em Visconde do Rio Branco, verificou-se efeito significante de nitrogênio e de fósforo. A análise de regressão forneceu a superfície de resposta apresentada na figura 4. Apesar de se haver extrapolado os dados 50% além dos limites reais utilizados para os dois fatores, não foi possível obter o ponto de produção máxima, nos limites daquela figura. O ponto de máxima produção foi de 5263 kg/ha, portanto muito acima dos valores reais esperados, e correspondendo aos níveis de 506 kg/ha de P_2O_5 e 760 kg/ha de nitrogênio. Por outro lado, o perfil da

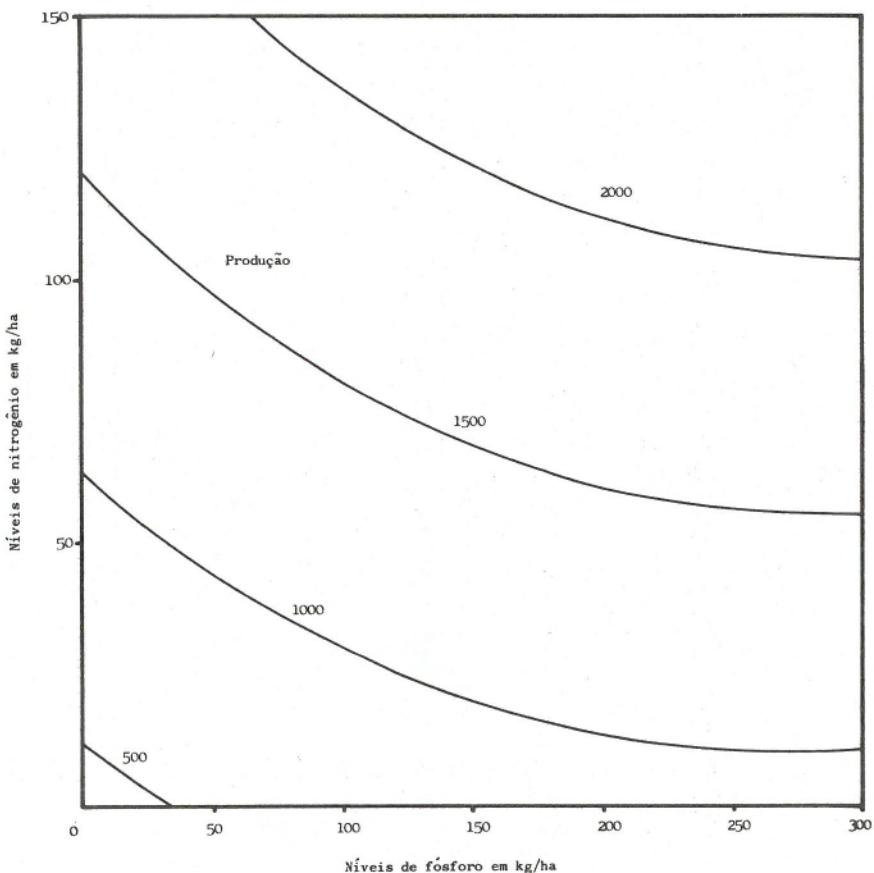


FIGURA 4 - Superfície de resposta do feijoeiro a nitrogênio e fósforo, em Visconde do Rio Branco.

curva de produção deste local evidencia a ocorrência de outro ou outros fatores limitantes da produção, resultando assim numa resposta inconclusiva do feijoeiro aos fatores estudados.

Em São Pedro dos Ferros e no segundo plantio de Viçosa, apenas o calcário se destacou. No primeiro local a contribuição do fator foi mais modesta do que em Viçosa (quadro 4), consequência, talvez, do alto nível de produção daquele local, com uma média de 1665,7 kg/ha para todo o ensaio, contra 1150,6 kg/ha no segundo plantio de Viçosa (efeito residual). A produção máxima estimada se situou ao nível de 1782 kg/ha, para uma aplicação de 5,2 t/ha de calcário. Em Viçosa, esta foi de 1264 kg/ha, equivalendo ao nível de 4,4 t/ha de calcário.

QUADRO 5 - Coeficientes de regressão e os respectivos erros padrões, para cada ensaio experimental, em função do número de fatores selecionados, na equação

$$y = b_0 + b_1 C_{al} + b_2 C_{al^2} + b_3 P + b_4 P^2 + b_5 N + b_6 N^2 + b_7 C_{al} P + b_8 C_{al} N + b_9 C_{al} P N$$

Coefi- cien- tes	Vicosa Primeiro plantio			Visconde do Rio Branco			Vicosa Segundo plantio			São Pedro dos Ferros		
	Coefici- ente de regressão	Erro padrão	Coefici- ente de regressão	Erro padrão	Coefici- ente de regressão	Erro padrão	Coefici- ente de regressão	Erro padrão	Coefici- ente de regressão	Erro padrão	Coefici- ente de regressão	Erro padrão
B ₀	128,263	115,67	380,103	99,12	878,321	107,79	1418,760	51,15				
B ₁	241,376	60,87	-	-	175,684	78,86	104,108	37,42				
B ₂	-13,699	14,22	-	-	-20,007	12,48	-13,494	5,92				
B ₃	8,360	1,82	3,759	17,25	-	-	-	-				
B ₄	-0,043	0,01	-0,007	0,01	-	-	-	-				
B ₅	0,127	0,47	10,344	3,45	-	-	-	-				
B ₆	21,198	3,65	-0,008	0,04	-	-	-	-				
B ₇	-0,137	0,05	-	-	-	-	-	-				
B ₈	-1,776	0,95	-	-	-	-	-	-				
B ₉	0,031	0,03	0,004	0,03	-	-	-	-				

único fator a apresentar efeito residual.

O nível relativamente alto de produção deste ensaio residual, 82% daquela verificada no primeiro plantio, se deveu à ocorrência de condições climáticas adequadas, e a possíveis alterações favoráveis, provocadas pela calagem praticada no primeiro ensaio (5, 7).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Quanto ensaios de campo sobre adubação foram montados em três localidades da Zona da Mata de Minas Gerais - Viçosa, Visconde do Rio Branco e São Pedro dos Ferros -, durante dois anos agrícolas, com o objetivo de testar o efeito da fertilização fosfatada, nitrogenada e de calcário, sobre a produção de grãos pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).

Em Viçosa, onde se realizaram dois plantios consecutivos, testou-se, no segundo plantio, o efeito residual dos fertilizantes e do calcário.

Houve efeito diferencial dos tratamentos, sobre o feijoeiro, em função do local e da estação de plantio.

No primeiro plantio de Viçosa, as três variáveis aumentaram significativamente a produção de grãos de feijão. O nitrogênio foi o fator mais importante, seguido do fósforo e do calcário. Em presença de doses crescentes de calcário, verificou-se aumento progressivo na eficiência do adubo nitrogenado.

O calcário foi o único fator capaz de exibir efeito residual, em Viçosa.

Em São Pedro dos Ferros, o feijoeiro somente respondeu à aplicação de calcário.

A resposta do feijoeiro a nitrogênio e fósforo em Visconde do Rio Branco foi significante, embora pareça que outros fatores interagiram, não permitindo resultados conclusivos.

5. SUMMARY

Four field experiments were laid out in the same soil type, on locations at Viçosa (two trials), Visconde do Rio Branco and São Pedro dos Ferros, in the Zona da Mata, Minas Gerais State, during two growing seasons. The objective was to study the effect of lime, phosphorus and nitrogen on grain yield by dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.).

At Viçosa, the residual effect of the fertilizers and lime were assessed throughout a second planting on the same plots, without further addition of fertilizers or lime.

In Viçosa's first planting, the three factors studied increased the dry beans yield significantly. Nitrogen ranked first, followed by phosphorus and lime. The nitrogenous fertilizer efficiency increased with the increase in lime levels. Dry beans responded to the residual lime in Viçosa's second planting.

At São Pedro dos Ferros lime was the only factor to increase dry beans yield significantly.

Response of dry bean plants to nitrogen and phosphorus at Visconde do Rio Branco were significant, although other factors appeared to interact rendering inconclusive results.

6. LITERATURA CITADA

1. ANDRADE, M.E. de & COIMBRA, R.O. Experimentos de adubação de feijão N-P-K. Belo Horizonte, *X Reunião dos Técnicos em Experimentação*, ano X (nº 6): 11. 1953.
2. ANDRADE, M.E., del PELOSC, E.J.M. & RAPOSO, H. Ensaio para verificar o valor da cianamida como adubo. Belo Horizonte, *X Reunião dos Técnicos em Experimentação*, ano X (nº 6): 12. 1953.
3. BRAGA, J.M., BRAGA, L.J. & FONTES, L.A.N. Efeito da aplicação de calcário sobre os níveis de pH, cálcio, magnésio, fósforo e potássio do solo. *Rev. Ceres*, Viçosa, 18 (98): 279-293. 1971.
4. FONTES, L.A.N., GOMES, F.R. & VIEIRA, C. Resposta do feijoeiro à aplicação de N, P, K e calcário na Zona da Mata, Minas Gerais. *Rev. Ceres*, Viçosa, 12 (71): 265-285. 1965.
5. FOX, R.L., De DATTA, S.K. & SHERMAN, G.D. Phosphorus solubility and availability to plants and the aluminum status of Hawaiian soils as influenced by liming. *Int. Soil Conf. N.Z.* 574-583 (*Soils and Fertilizers* 26 (5): 2787. 1963).
6. GOUVEA, F.C., ANDRADE, M.E. de & COIMBRA, R.O. Feijão - adubação N-P-K. *Boletim da Agricultura*, Minas Gerais, 3 (11): 67-68. 1954.
7. KAILA, A. Effect of liming on the mobilization of soil phosphorus. *Maatalonst Aikakaut*. 37: 243-255. 1965. (*Soils and Fertilizers* 29 (3): 1540. 1966).
8. MIYASAKA, S., FREIRE, E.S. & MASCARENHAS, H.A.A. Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. *Eragantia*, Campinas, 22 (40): 511-519. 1963.
9. VIEIRA, C. & GOMES, F.R. Ensaio de adubação química do feijoeiro. *Rev. Ceres*, Viçosa, 11 (65): 253-264. 1961.