

DESENVOLVIMENTO DO FEIJOEIRO (Phaseolus vulgaris L.) CULTIVAR
'Goiano precoce' E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DA ACIDEZ
DO SOLO Latosol Roxo distrófico.

Eng^o. Agr^o. OSMAR MUZILLI
Professor Assistente do Setor de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Paraná.

Orientação:
Prof. OSWALDO PEREIRA GODOY.

Dissertação apresentada
à Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz" da Universidade
de São Paulo, para obtenção do
título de Mestre.

P I R A C I C A B A
1 9 7 4

H O M E N A G E M

à minha espôsa

Maria do Rocio

e ao meu filho

Márcio.

À memória dos professores

-Raul Edgard Kalckmann

e

Luiz Natal Bonin,

mestres e amigos inesquecíveis,

D E D I C O .

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Oswaldo Pereira Godoy, pelo interêsse, dedicação e orientação segura no preparo e execução dêste trabalho.

Aos Professores Carlos Bodziak Jr., André Martin Louis Neptune e Eurípedes Malavolta, pelas facilidades, críticas e sugestões.

Ao Professor Lívio Luiz de Almeida, pelo apôio e incentivo.

Ao Engenheiro Agrônomo Sidival Lourenço, pelo incentivo, sugestões e pela revisão do texto.

Ao Engenheiro Agrônomo Hermano Gargantini, pela orientação e facilidades na execução das análises de solo.

Ao Engenheiro Agrônomo Francisco José P. Zimmermann, pela orientação na análise estatística dos dados.

Ao Conselho de Ensino e Pesquisas da Universidade Federal do Paraná, pela concessão de bôlsa de estudos.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização dêste trabalho.

INDICE

	Páginas
1. INTRODUÇÃO.	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Generalidades sôbre a acidez do solo e a calagem.	3
2.2. pH do solo, calagem e produção do feijoeiro	6
2.3. Efeitos do alumínio trocável sôbre o feijoeiro	9
2.4. Absorção de nutrientes e exigências mine - rais pelo feijoeiro.	11
2.5. Efeitos da calagem na absorção de nutrien - tes pelo feijoeiro	12
2.5.1. Nitrogênio.	12
2.5.2. Fósforo	13
2.5.3. Potássio.	13
2.5.4. Cálcio.	14
2.5.5. Magnésio.	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1. Características do solo, coleta e preparo.-	16
3.2. Delineamento experimental.	18
3.3. Determinação das doses de calcário	19
3.4. Calagem e adubação fosfatada e potássica .-	20
3.5. Semeadura, adubação nitrogenada, tratos cul - turais e irrigação do feijoeiro.	21
3.6. Corte e preparo das plantas para análise química	22
3.7. Análises químicas de solo.	23
3.8. Análises químicas das plantas.	24
3.9. Análises estatísticas.	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.	26
4.1. Efeitos da calagem e da adubação fosfatada e potássica, em algumas características quí - micas do solo.	26
4.2. Desenvolvimento vegetativo do feijoeiro. .-	27
4.3. Produção de matéria sêca pelas plantas . .-	35

4.4.	Concentração e acumulação de nutrientes.	- 38
4.4.1.	Nitrogênio	- 38
4.4.2.	Fósforo	- 41
4.4.3.	Potássio.	- 44
4.4.4.	Cálcio.	- 47
4.4.5.	Magnésio.	- 50
4.5.	Efeito qualitativo da adubação na concentração de nutrientes.	- 55
5.	CONCLUSÕES	- 57
6.	RESUMO.	- 59
7.	SUMMARY	- 61
8.	BIBLIOGRAFIA.	- 63
	APÊNDICE.	

-----:-----

1. INTRODUÇÃO.

Considerada uma das principais causas do baixo rendimento de muitas culturas, a acidez do solo é um problema que há muito desafia os pesquisadores, quer os fitotecnistas, quer os especialistas em fertilidade de solos e nutrição de plantas.

Os efeitos prejudiciais dessa acidez, têm sido atribuídos a inúmeras causas que, agindo isolada ou conjuntamente, induzem a uma série de condições desfavoráveis ao desenvolvimento da maior parte das culturas.

Dêsse modo, sabe-se que a disponibilidade da maioria dos nutrientes às plantas é sensivelmente afetada pela reação do solo e que, no caso particular das leguminosas, a acidez contribui ainda para a diminuição da população e da atividade de bactérias fixadoras de nitrogênio.

Em condições de elevada acidez, pode ocorrer também, a presença de íons livres de alumínio e manganês, com prejuízo para o desenvolvimento das plantas, por induzirem problemas de toxidez, atrofiando o sistema radicular e inibindo a absorção e translocação de certos nutrientes.

A maior ou menor tolerância das culturas à acidez dos solos, está portanto ligada à capacidade de absorção de nutrientes e à resistência à toxidez de Al^{+3} e/ou Mn^{+2} , características que dependem da espécie e mesmo das variedades dentro de uma espécie.

Nêsse aspecto, o feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) se destaca como cultura geralmente sensível e os efeitos prejudiciais da acidez dos solos refletem-se na sua produtividade.

A ação dos elementos climáticos, a baixa fertilidade dos solos, a não utilização de sementes selecionadas, a incidência de pragas e moléstias e ainda, a adoção de práticas culturais inadequadas são outros fatores que contribuem para a baixa produtividade do feijoeiro em nosso País.

O trabalho a seguir relatado, visa estudar as influências negativas da acidez do solo Latosol Roxo

distrófico sôbre o desenvolvimento e a absorção de alguns nu
trientes pelo feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.), cultivar
'Goiano precoce', bem como, fornecer subsídios aos estudos
de correção dessa acidez.

-----:-----

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Generalidades sôbre a acidez do solo e a calagem.

Apesar dos avanços verificados nas últimas décadas, visando a compreensão da natureza da acidez do solo, existem ainda dúvidas em tórno de conceitos e terminologias.

Atualmente, na maioria dos laboratórios do País, a acidez dos solos tem sido expressa nos laudos de análise, pelo pH (acidez ativa, iônica ou atual), que representa a concentração de íons H^+ e OH^- medida potenciométricamente na solução do solo, e pelo teor de Al^{+3} trocável (acidez trocável ou nociva), extraído por solução de sal neutro, como o KCl (MALAVOLTA, 1967, pg. 135-136; WUTKE, 1972, pg. 149-150).

Com relação ao valor pH, de acôrdo com SLATZ & PETERSON, citados por COLEMAN & THOMAS (1967, pg. 25), esta é a característica de solo mais comumente mensurada, sendo certamente o critério mais amplamente utilizado no julgamento de quando e quanto um solo é ácido.

Com relação à acidez trocável, VEITCH (1902) demonstrou que, em solos minerais, esta era devida quase que totalmente a íons monoméricos de Al^{+3} e, em menores proporções, a íons de Fe^{+3} , Mn^{+2} e Zn^{+2} , o que foi confirmado posteriormente por inúmeros pesquisadores (PAVER & MARSHALL, .. 1934; SCHOFIELD, 1949; LOW, 1955; CHERNOV, 1964). Já em solos orgânicos, segundo YUAN (1959, 1963), a maior parte da acidez trocável parece ser devida a íons H^+ , uma vez que é difícil extrair o Al^{+3} da matéria orgânica.

De acôrdo com BRAUNER & outros (1966), embora a acidez trocável, extraída pelo KCl, nem sempre represente o Al^{+3} trocável, tal determinação pode no entanto ser utilizada em trabalhos de rotina; para estudos de maior precisão, que exigem um conhecimento exato da concentração de Al^{+3} trocável, sugerem a determinação colorimétrica pelo método do aluminon.

Com relação aos efeitos prejudiciais da acidez no desenvolvimento vegetal, verificou-se que, em solução nutritiva, as plantas podem crescer satisfatoriamente em condições de grande variação de pH, desde que não haja toxidez ou deficiência de elementos, conforme é

demonstrado no clássico trabalho de ARNON & JOHNSON (1942).

Assim, nos solos, os efeitos prejudiciais da acidez são indiretos, na grande maioria induzindo a uma série de condições desfavoráveis às culturas. Dentre esses efeitos indiretos destaca-se a disponibilidade de nutrientes, sensivelmente afetada pelas variações de pH, sendo que, de um modo geral, a faixa de pH entre 5,5 a 6,5 é a que reúne a maior soma de condições favoráveis a essa disponibilidade (TRUOG, 1948; THORNE & SEATZ, 1963, pg.271-275; PRATT, 1966; BUCKMAN & BRADY, 1966, pg. 144; MALAVOLTA, 1967, pg. 148; WUTKE, 1972, pg. 164-165) .

A respeito da disponibilidade de nitrogênio, VAN SCHREVEN (1958, pg. 137-163) cita que a reação do solo pode afetar não só o desenvolvimento de rizóbios e a produção de nódulos, mas também, o crescimento e a absorção total desse nutriente pelas leguminosas; destaca também que, em solos ácidos, a produção e a absorção de N mineral podem ser favorecidas pela calagem.

Quanto ao fósforo, é bastante conhecido o fenômeno de fixação em forma de fosfatos de alumínio e ferro nos solos ácidos (HEMWALL, 1957), como também é conhecido o efeito da calagem na liberação desse nutriente (TRUOG, 1953). Deve-se considerar ainda, que a calagem acelera a mineralização do fósforo orgânico (THOMPSON, 1957, pg. 248; MELLO & outros, 1973, pg.108).

Com relação ao potássio, trabalhos conduzidos por YORK & ROGERS (1947) e HOOVER & outros (1948) mostraram uma relação antagônica entre a calagem e o teor de K^+ no solo. Mais recentemente, trabalhos conduzidos por PRATT & outros (1958), tentando mostrar a relação entre o comportamento desse nutriente e a acidez dos solos, permitiram concluir que o Ca^{+2} deprime mais a liberação do K^+ do que outros elementos como o H^+ , o NH_4^+ e o Al^{+3} .

O valor pH pode servir ainda como indicador da possibilidade de ocorrência de níveis nocivos de acidez trocável, bem como, pode indicar a disponibilidade de bases trocáveis existentes no solo, já que, conforme explicam COLEMAN & THOMAS (1967, pg. 33), quando a acidez do solo é neutralizada pela calagem, o Al^{+3} monomérico trocável, estando presente, se precipita, os hidróxidos de Al^{+3} ou Fe^{+3} sofrem hidrólise e os sítios de troca dos colóides são

ocupados por íons de Ca^{+2} e de Mg^{+2} .

PRATT (1966) mostrou a relação entre o Al^{+3} solúvel e o pH das soluções, evidenciando que, acima de pH 5,2, houve pouca ou quase nenhuma ocorrência de Al^{+3} solúvel; acima de 7,5 começaram a aparecer os aluminatos solúveis. Num levantamento da fertilidade dos solos do Estado de São Paulo, GARGANTINI & outros (1970) verificaram uma estreita relação entre os valores de pH e o teor de Al^{+3} trocável; em 87,6% dos solos com pH abaixo de 5,5, o teor de Al^{+3} trocável era superior a 0,5 me/100 ml de terra, enquanto que nos solos com pH acima daquele valor, 96,0% dos casos revelaram teores de Al^{+3} trocável inferiores a 0,5 me/100 ml de terra, nível acima do qual admitem ocorrer problemas de toxidez às culturas.

MUZILLI & KALCKMANN (1971), correlacionando os valores de pH com os teores de Ca+Mg trocáveis, determinados em 7.854 amostras de solos analisadas no Estado do Paraná, encontraram uma correlação direta e significativa entre aqueles valores; regra geral, para pH dos solos com valores acima de 5,0, o teor de Ca+Mg era superior a 2,5 me/100 ml de terra, nível considerado adequado para quase todas as culturas.

A diagnose da necessidade de calagem em solos ácidos, tem sido procedida através de inúmeros métodos, que se fundamentam basicamente em um dos seguintes critérios: a) neutralização da acidez trocável; b) suprimento de Ca+Mg a um nível adequado; c) elevação do pH a um valor considerado ótimo à disponibilidade de nutrientes no solo e sua absorção pelas plantas (KAMPRATH, 1967; WUTKE, 1972, pg. 166).

Tentativas têm sido feitas procurando estabelecer faixas de pH adequadas às diferentes espécies; uma idéia desses trabalhos pode ser observada em BUCKMAN & BRADY (1966, pg. 418) ou em MALAVOLTA (1967, pg. 149).

O diagnóstico da necessidade de calagem visando a neutralização da acidez trocável, se baseia em ensaios de laboratório, através dos quais KAMPRATH (1967) sugeriu que, para solos minerais, o fornecimento de 1,5 a 2,0 toneladas de calcário/hectare, para cada equivalente miligrama de Al^{+3} trocável/100 g de terra, seria suficiente para eliminar o Al^{+3} livre, bem como, para proporcionar um suprimento de Ca^{+2} e de Mg^{+2} adequado para o desenvolvimento

das plantas.

Sob êsse aspecto, é interessante ressaltar que, de acôrdo com os trabalhos já citados (GARGANTINI & outros, 1970; MUZILLI & KALCKMANN, 1971), em solos com pH acima de 5,5 a prática de calagem poderá ser dispensada.

O diagnóstico da necessidade de calagem em função do pH do solo pode ser baseado, dentre outros métodos, na correlação dêsse valor com a saturação de bases do solo, conforme sugerem CATANI & GALLO (1955), ou pelo método de Shoemaker, McLean e Pratt (SHOEMAKER & outros, 1961), ou ainda, através do método da extração de H^+ ou prótons com solução normal de acetato de cálcio (pH 7,0) (CATANI & ALONSO, 1969).

Deve-se chamar atenção ainda, para o fato de que, o nível de pH em solos minerais, no qual se obtém um ótimo desenvolvimento das plantas, não se aplica a solos orgânicos, onde a alta capacidade de troca de cations (CTC) cria condições de resistência à elevação do pH (poder de tamponamento); dêsse modo, quanto mais elevado fôr o teor de matéria orgânica, maior será a CTC do solo e portanto maior deverá ser a quantidade de corretivo a utilizar, para se obter determinada variação do pH (BUCKMAN & BRADY, 1966, pg. 408).

Finalmente, deve ser ressaltada a importância do valor pH que, embora não constitua uma característica fixa do solo, é um importante indicador das condições de acidez e de fertilidade, podendo atuar positivamente na diagnose da correção da acidez, já que se presta para correlações de grande importância prática.

2.2. pH do solo, calagem e produção do feijoeiro.

MIYASAKA & outros (1965) estudaram durante 2 anos os efeitos da calagem, adubação verde e adubação mineral, na produção de feijoeiro cultivado em área de solo arenoso com vegetação de cerrado do Estado de São Paulo, cujo pH inicial era 5.2; considerando a produção total dos 2 anos, foi verificado um aumento de 86% em relação à testemunha, apenas pela aplicação de calcário. Em presença de adubação mineral, o efeito isolado do calcário foi da ordem de 21% e, quando a êsse tratamento se associou a adubação

verde, o efeito isolado do calcário elevou-se a 32%. A resposta média à calagem foi da ordem de 34% em relação aos tratamentos onde não se aplicou o corretivo.

MASCARENHAS & outros (1965), num ensaio de calagem e adubação mineral conduzido durante 2 anos na região de Itapeva (SP), em solo com pH 4.0, obtiveram aumento de 33% de produção no primeiro ano e de 48%, como efeito residual, no segundo ano, quando procederam a calagem em cultura do feijoeiro. Verificaram ainda que a calagem favoreceu a ação do adubo nitrogenado, o mesmo ocorrendo com o adubo fosfatado no 1º ano, cujo efeito residual tendeu a diminuir no 2º ano; a adubação potássica apresentou efeito nulo, tanto em ausência como em presença de calagem.

MIYASAKA & outros (1966-a), em 7 ensaios de calagem e adubação mineral conduzidos em solo terra roxa misturada do Estado de São Paulo, cujos valores de pH variavam entre 5.6 a 6.6, constataram sempre efeito depressivo da calagem na produção, em presença de NPK, S e micronutrientes; os autores atribuíram esse efeito à dose de calcário usada (4 t/ha), que consideraram exagerada, recomendando cautela na execução da calagem. Evidenciaram ainda que não se constatou qualquer relação entre os graus de depressão e os valores de pH ou teores de $H+Al$, Ca^{+2} e Mg^{+2} no solo.

Em 4 ensaios semelhantes, conduzidos em solo massapé-salmorão do Estado de São Paulo, MIYASAKA & outros (1966-b) obtiveram efeito favorável da calagem, em presença de adubação mineral, apenas em um dos locais, com pH 5.8, sendo depressivo o efeito nos demais, cujos valores de pH variavam entre 6.3 e 6.8. Também nêstes casos, o efeito depressivo foi atribuído à aplicação de dose elevada de corretivo (4 toneladas por hectare).

Em solos dos municípios de Tietê e Tatuí (SP), onde foram conduzidos os mesmos ensaios e cujos valores de pH variavam entre 5.0 e 5.6, MIYASAKA & outros (1966-c) obtiveram efeito positivo mas não significativo da calagem em presença de adubação mineral, apenas no solo de pH mais elevado, 5.6, enquanto que nos demais, pH 5.0 a 5.5 o efeito foi nulo.

Seguindo ainda o mesmo esquema experimental, MIYASAKA & outros (1966-d) conduziram 5 ensaios em solo

terra roxa misturada no sul do Planalto Paulista, cujos valores de pH variavam entre 4.6 a 5.5; testada em 2 locais (pH 4.6 e 5.0) a calagem só proporcionou aumento significativo no solo com pH 4.6.

VIEIRA (1967, pg.44) considera que a faixa de pH mais favorável ao feijoeiro está entre 6.0 e 7.5 .

De 5 experimentos conduzidos com a cultura do feijão-de-arranca (Phaseolus vulgaris L.) em solos de tabuleiro do Estado de Pernambuco, apenas em um local (pH 5.7) foi obtido resultado positivo à aplicação de calcário, executada 20 dias antes da semeadura; nos demais, os resultados negativos ou nulos foram atribuídos à aplicação do corretivo por ocasião da semeadura, associada à irregularidade de precipitação (BRASIL-SUDENE, 1967).

Em 2 áreas de campo cerrado recém-desbravado do Planalto Paulista, com pH 4.0 e 4.9, MASCARENHAS & outros (1967) conduziram ensaios de calagem e adubação mineral, obtendo numa média de 2 anos, aumentos de 33 e 43% na produção de feijoeiro, devidos à aplicação de calcário na base de 2 t/ha, feita com 6 meses de antecedência à semeadura; observaram ainda que, para ambos os locais, os aumentos devidos à calagem foram menores no primeiro ano. A eficiência da calagem dependeu ainda da presença de adubo fosfatado, que foi o principal nutriente limitante da produção.

CORDEIRO (1967-a e 1967-b) constatou, em solos castanho-escuro e vermelho-amarelo dos municípios de Pelotas e São Lourenço, no Rio Grande do Sul, com pH 4.7 , efeito significativo da calagem na produção do feijoeiro , mesmo quando o corretivo foi aplicado por ocasião do plantio; já em solos gley-húmicos de banhado do Colégio Camaquã (Pelotas, RS), cujo pH era 4.6, não houve resposta significativa do feijoeiro à calagem.

Em trabalho conduzido em solo da série "Luiz de Queiroz", no município de Piracicaba (SP), GODOY (1968) aplicou 2,5 e 5,0 t de calcário por hectare, respectivamente em área onde o pH era 5,7 e 5,9 e o teor de Ca^{+2} correspondente era de 2,3 e 2,4 me/100 g de solo; a análise química, feita cerca de 100 dias após a calagem, revelou idênticos valores de pH (6,4) e pouca variação nos teores de Ca^{+2} (4,0 a 4,4 me/ 100 g de solo) para ambos os casos, embo

ra uma dose fôsse o dôbro da outra. Contudo, o efeito sôbre a produção do feijoeiro, em 4 colheitas, foi melhor na área que recebeu a menor dose de calcário.

MASCARENHAS & outros (1969) estudaram os efeitos da calagem e adubação mineral nitrogenada e fosfatada na produção de feijoeiro "da sêca", em área recém-desbravada de Latosol Vermelho-amarelo do Vale da Ribeira (SP), fortemente ácido (pH 4,3). Verificaram aumento médio na produção em tôrno de 80%, utilizando 4,0 t de calcário/hectare; constataram ainda boa interação entre a calagem e a adubação fosfatada; a resposta à adubação nitrogenada foi praticamente nula.

GUAZZELI & PEREIRA (1971) relatam ensaios de campo com a cultura do feijoeiro, conduzidos nos Estados de Minas Gerais e Goiás, sendo que, em Uberaba (MG) a calagem não produziu efeito em solo com pH 4,9, enquanto que em solo de cerrado de Goiás, na maioria dos casos, verificou-se efeito favorável à aplicação de calcário.

Pelos aspectos apresentados, verifica-se a impossibilidade de se proceder a uma generalização do assunto, já que os experimentos, em sua maioria, não são comparáveis entre sí, devido às variações relacionadas com o tipo de solo e suas diferentes condições de fertilidade, condições climáticas, tratamentos empregados, etc; contudo, conforme recomenda MALAVOLTA (1971), parece realista fixar como metas nas pesquisas de nutrição e adubação do feijoeiro, os estudos de correlações das respostas com os níveis de nutrientes no solo e nas plantas.

2.3. Efeitos do alumínio trocável sôbre o feijoeiro.

No que se refere aos efeitos tóxicos do Al^{+3} trocável sôbre o desenvolvimento dos vegetais, segundo RORISON (1958, pg. 43-61) a presença de altas concentrações dêsse íon afeta as plantas, saturando as células livres do córtex e inibindo o crescimento radicular; êsses efeitos ocorrem nos primeiros estágios de desenvolvimento, após os quais, se os danos não forem pronunciados, a planta poderá se recuperar.

POSSIGHAN & BROWN, citados por RORISON

(1958, pg. 43-61) afirmam que o Al^{+3} , por sí só, inibe a divisão celular, por antagonismo com o Fe^{+3} necessário ao processo, o qual é retirado do núcleo celular.

JOSHYN & LUCA, também citados por RORISON (1958, pg. 43-61) afirmam que o Al^{+3} propicia a formação de um excesso de pectinas nas paredes das células novas, as quais perdem a sua plasticidade.

Segundo PRATT (1966), o Al^{+3} interfere nas funções biológicas do sistema radicular, cerceando o seu crescimento e provocando a sua morte.

WUTKE (1972, pg. 162) diz supor-se que tais efeitos tóxicos sejam devidos à inibição da divisão celular dos tecidos meristemáticos da raiz, por ligação do Al^{+3} com ácidos nucleicos.

PIERRE & STUART (1933) constataram que a adição de altas doses de adubo fosfatado em solos ácidos, reduzia a ação injuriosa do Al^{+3} , não apenas pela sua precipitação na solução do solo, mas ainda, pela precipitação no interior das plantas, havendo ao mesmo tempo, um adequado suprimento de fósforo para o desenvolvimento vegetal.

WRIGHT (1943) e WRIGHT & DONAHWE (1953) afirmam que a precipitação de fósforo em forma inativa no interior das plantas pode ser também um dos efeitos prejudiciais do excesso de Al^{+3} no solo, interferindo no metabolismo normal do nutriente.

WALLIHAN (1948) sugere que o Al^{+3} e talvez o fósforo sejam retidos à superfície radicular por algum mecanismo de troca, e não que o Al^{+3} contido nas raízes seja precipitado internamente em forma de fosfato de alumínio.

RAGLAND & COLEMAN (1962) observaram que a presença de Al^{+3} em um substrato contendo fósforo, ou o pré-tratamento das raízes em solução contendo Al^{+3} , intensifi-caram a absorção de fósforo por raízes destacadas de feijoeiro.

RUSCHELL & outros (1968) verificaram que, a partir de 3 ppm adicionado à solução nutritiva, o Al^{+3} parece ter interferido na concentração de P nas raízes, cuja porcentagem foi maior, não afetando contudo o teor dêsse nutriente na parte aérea; acima de 7 ppm, o Al^{+3} se concentrou

em maiores dosagens, tanto nas raízes como na parte aérea, tendo concluído os autores que os efeitos prejudiciais verificados no desenvolvimento do feijoeiro, eram causados por excesso de Al^{+3} e não por deficiência de P nas plantas.

FOY & outros (1957), em ensaios de campo, constataram que certas variedades de feijoeiro eram mais tolerantes à acidez provocada pelo Al^{+3} trocável, apresentando um bom desenvolvimento radicular mesmo em solos ácidos com altos teores daquele íon, o que lhes permitia uma melhor utilização dos nutrientes e da água nas camadas profundas do solo.

2.4. Absorção de nutrientes e exigências minerais pelo feijoeiro.

Os estudos da marcha de absorção de nutrientes permitem conhecer as quantidades, bem como, os períodos em que os mesmos são absorvidos em maior proporção pelas plantas (HAAG & outros, 1957).

GALLO & MIYASAKA (1961), estudando em condições de campo as curvas da produção de matéria seca e de absorção de macronutrientes pelo feijoeiro, cultivar 'Chumbinho opaco', em ausência e presença de adubação, constataram ser o N o nutriente absorvido em maior quantidade, seguido do K, do Ca, do Mg, do S e do P. Em presença de adubação, a absorção desses nutrientes foi mais intensa no período compreendido entre o florescimento e o início da frutificação; na ausência de adubação, a intensidade de absorção variou para cada nutriente.

COBRA NETTO (1967) estudou, em condições de campo, as exigências em macronutrientes pelo feijoeiro, cultivar 'Roxinho', constatando que a maior produção de matéria seca ocorreu no período de florescimento e que, até esse período, as plantas já haviam absorvido 98% do Ca, 81% do Mg, 80% do K, 73% do N, 71% do P e 69% do S, do total absorvido em todo o ciclo vegetativo; considerando ainda o ciclo completo, o N foi o nutriente mais absorvido, seguido do K, do Ca, do S, do Mg e do P.

HAAG & outros (1967) procederam estudo semelhante com o cultivar 'Chumbinho opaco' cultivado em vasos contendo Latosol Roxo adubado; verificaram que as concentrações de N, P e K eram mais elevadas por ocasião

do florescimento e decresciam, de um modo geral, com o desenvolvimento da planta; a concentração de Ca aumentou com o desenvolvimento da planta e as concentrações de Mg e de S apresentaram-se praticamente constantes durante todo o ciclo. De modo geral, a absorção de todos os nutrientes foi mais intensa a partir do período de florescimento até o início da formação de vagens, principalmente de N, K e Ca; a absorção se deu na ordem: N, seguido de K, de Ca, de Mg, de S e de P, considerando-se o total de nutrientes contidos na planta.

2.5. Efeitos da calagem na absorção de nutrientes pelo feijoeiro.

MASCARENHAS & outros (1963) constataram que a calagem aumentou significativamente os teores de Ca, Mg e N, mas não modificou os de P e K nas folhas de feijoeiro cultivado em Latosol Vermelho-amarelo, de acidez elevada (pH 4,3), do Vale da Ribeira (SP). Nas sementes, os efeitos da calagem sobre o teor de nutrientes, não foram significativos; porém, tal prática favoreceu o teor de Ca naquêles órgãos quando em presença de N e prejudicou o teor de P, quando em ausência de N; em ausência de P, a calagem favoreceu os teores de Ca, de P e de K nas vagens, mas diminuiu ou não afetou os teores de Mg e de Fe.

2.5.1. Nitrogênio.

MASCARENHAS & outros (1965) verificaram, na presença de calcário, efeitos positivos de sulfato de amônio na produção do feijoeiro, em ensaios conduzidos no campo; na ausência de calcário, houve efeito negativo do adubo nitrogenado.

BARKER & outros (1966) constataram efeito favorável da correção na acumulação de amônio por plantas de feijoeiro.

BROWN & outros (1969), estudando em condições de campo, os efeitos da calagem e da adubação mineral NPK, na composição química e produção de plantas de espinafre e feijoeiro, destacaram efeitos significativos da calagem no teor^{de} N-nítrico em vagens de feijoeiro, por ter sido a nitrificação favorecida pela elevação do pH.

2.5.2 Fósforo.

EHRLER & outros (1958) verificaram que a absorção de P pareceu não depender do teor de Ca, ao passo que a absorção de Ca pareceu estar relacionada com o teor de P no meio de cultura; já a quantidade de Mg influenciou no teor de P no feijoeiro, sem no entanto afetar a absorção de Ca.

FONTES & outros (1965) observaram melhor aproveitamento do adubo fosfatado em presença de calagem, cultivando o feijoeiro em condições de campo; não verificaram porém, efeitos da interação P-Ca na produção.

MIYASAKA & outros (1965) observaram que a calagem favoreceu o efeito do superfosfato, mas prejudicou a ação da fosforita na produção de feijoeiro cultivado em solo arenoso de cerrado.

BROWN & outros (1969) verificaram que a calagem tendeu a elevar o teor de P nas plantas, em solo onde a disponibilidade desse nutriente era baixa, mais do que em solo com alto nível de P, o que atribuíram estar relacionado com o vigor das raízes, já que a produção não foi afetada.

2.5.3. Potássio.

Com respeito ao potássio, CAROLUS (1938) verificou que a aplicação isolada de cátions K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} no solo, estimulou a sua absorção pelo feijoeiro; entretanto, a adição de K^+ combinado com Mg^{+2} reduziu tanto a absorção de Ca como a de Mg e, quando combinado com Ca^{+2} , reduziu a absorção de Mg. A adição de Ca^{+2} promoveu intensa absorção de Mg e, em alguns casos, beneficiou também a absorção de K.

BROWN & outros (1969) constataram que a calagem diminuiu a concentração de K nas vagens de feijoeiro, quando em ausência de adubação potássica, mas aumentou quando em presença da mesma.

RAINS & FLOYD (1970) verificaram que, em presença de Ca^{+2} , os tecidos novos do caule do feijoeiro mostraram uma absorção preferencial para Na sobre K, enquanto que em tecidos adultos a absorção de Na diminuiu e a de K aumentou; sugerem os autores que o Ca^{+2} pode exercer um

efeito fisiológico relacionado com o desenvolvimento e a absorção de íons por tecidos adultos.

2.5.4. Cálcio.

Estudando as relações entre o pH e os teores de Ca^{+2} e de Mg^{+2} do solo e os teores de Ca e de Mg nas plantas de feijoeiro, FONDER (1929) constatou correlação altamente positiva entre o teor de Ca^{+2} na solução do solo e o seu teor nas hastes e folhas das plantas; não verificou contudo, correlação entre o pH do solo e o teor de Ca nas plantas.

FLEMING (1956) verificou que os teores de Ca nas raízes, parte aérea e vagens de feijoeiro, aumentaram conforme aumentou a concentração do nutriente na solução nutritiva. Constatou também que os teores de P e de K nas plantas não foram afetados pelos níveis de Ca^{+2} na solução, embora altos níveis de P^{-3} e de K^{+} na mesma reduzissem a concentração de Ca na parte aérea das plantas; uma vez que o teor de P nas raízes cresceu com os níveis de K^{+} na solução, sugere o autor que o efeito depressivo sobre o teor de Ca na parte aérea das plantas seria devido à fixação desse nutriente nas raízes, pelas altas concentrações de P^{-3} .

BUREN & PEECK (1963) verificaram que o aumento das concentrações de Ca nas vagens do feijoeiro, provocado pelo aumento do teor desse nutriente na solução nutritiva, determinou uma maior firmeza das vagens, que apresentaram menor tendência em se desprenderem e em se partirem, comparadas com aquelas que se formaram em solução com baixo nível de Ca.

BROWN & outros (1969) verificaram que a concentração de Ca nas vagens de feijoeiro aumentou significativamente em presença de adubação nitrogenada e de calagem, enquanto que a adubação fosfatada provocou redução; o efeito do N foi explicado pelo aumento da atividade do íon H^{+} , devido ao processo de nitrificação, enquanto que o P^{-3} provavelmente teria causado a formação de fosfatos insolúveis, que reduziram a disponibilidade de Ca^{+2} .

2.5.5. Magnésio.

Com relação à absorção de Mg pelo feijoei

ro, FONDER (1929) constatou que os teores dêsse nutriente nas hastes e folhas foram variáveis, não se correlacionando com o pH ou com o teor de Mg^{+2} do solo.

De acôrdo com JESSEN, citado por VAN SCHREVEN (1958), o metabolismo do N em feijoeiro deficiente em Mg, foi prejudicado por uma reduzida produção de carbohidratos. Confirmando o fato, MICHAEL, também citado por VAN SCHREVEN (1958) encontrou baixo teor de proteínas em plantas de feijoeiro deficientes em Mg.

BROWN & outros (1969) verificaram que a adição de P^{-3} ao solo reduziu a concentração de Mg no feijoeiro, o que atribuíram a uma redução da disponibilidade de Mg^{+2} no solo, em consequência de reações entre os dois nutrientes.

-----:-----

3. MATERIAIS E MÉTODOS.

Plantas de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) foram cultivadas em vasos contendo Latosol Roxo distrófico oriundo da região Oeste do Estado do Paraná e mantidas em casa de vegetação do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (fotos 1 e 2).

O cultivar testado foi o 'Goiano precoce'.

Trata-se de planta de hábito de crescimento determinado, porte baixo, com ciclo vegetativo ao redor de 70 dias em condições de campo, folíolos de tamanho médio, coloração verde-amarelada, flôres em tom lilás-claro e sementes gr^udas, de forma oblonga e sem depressão no hilo (ALMEIDA & outros, 1971).

3.1. Características do solo, coleta e preparo.

De acôrdo com a equipe de pedologia do MINIS
TÉRIO DA AGRICULTURA - DIVISÃO DE PESQUISAS PEDOLÓGICAS (1972)*, que procede o levantamento de solos do Estado do Paraná, os solos Latosol Roxo distrófico são muito profundos, formados a partir de rochas eruptivas básicas, de coloração arroxeada, porosos, muito friáveis e acentuadamente drenados. São de baixa fertilidade natural, geralmente bem supridos de C e razoavelmente de K^+ . Tanto no horizonte A como no B, os teores de P solúvel, bem como os valores de pH são baixos. Os teores de Ca+Mg são razoáveis na superfície e baixos nos horizontes superficiais. Quanto ao Al^{+3} trocável, tanto no horizonte A como no B, ocorre grande variação, desde teores baixos até alguns bastante elevados. São solos que normalmente apresentam baixa saturação de bases.

O solo utilizado foi coletado em canada arável de uma área de terra recém-desbravada e nunca cultivada, situada a 9 km a NO do município de Cascavel, no Oeste do Estado do Paraná, tendo-se o cuidado de remover antes, qualquer vegetação existente na superfície.

Após a coleta foi homogeneizado em betoneira previamente limpa, sêco ao ar durante 2 dias, peneirado em malha de 1 cm de diâmetro, ensacado em sacos plásticos e transportado para Piracicaba (SP), sendo que posteriormente

(*) Comunicação particular.



Foto 1. Casa de vegetação do Departamento de Agricultura e Horticultura da ESALQ-USP, onde foi conduzido o experimento.



Foto 2. Detalhe do experimento após a emergência das plantas.

foi espalhado sôbre uma lona e mantido dessa forma durante 3 dias, dentro de casa de vegetação com circulação forçada de ar, no Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo.

Na ocasião, retiraram-se amostras de vários pontos, as quais foram homogeneizadas e analisadas no laboratório da Secção de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônômico, em Campinas (SP), obtendo-se os valores apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Análise química do solo para fins de reconhecimento.

ELEMENTO	TEOR	INTERPRETAÇÃO
pH	4,80	fortemente ácido.
C (%) *	3,90	alto.
Teores em me/100 ml TFSA:		
Al ⁺³	1,80	alto.
Ca+Mg	1,30	baixo.
PO ⁻³	0,02	baixo.
K ⁺	0,18	médio.

*: Para transformar em % de matéria orgânica, multiplicar por 1.724.

3.2. Delineamento experimental.

Empregou-se um delineamento experimental com distribuição totalmente casualizada, envolvendo os se guintes tratamentos do solo:

1. Sem calagem (Testemunha).
2. Calagem para neutralização de metade do teor de acidez trocável do solo, expressa em Al⁺³ trocável. (Cal p/1/2 Al).
3. Calagem para neutralização total do teor de acidez trocável do solo, expressa em Al⁺³ trocável. (Cal p/ Al =),
4. Calagem para elevação do pH do solo a 6,5 (Cal p/pH6,5).
5. Igual ao tratamento 1, em presença de adubação mineral NPK.
6. Igual ao tratamento 2, em presença de adubação mineral NPK.
7. Igual ao tratamento 3, em presença de adubação mineral NPK.
8. Igual ao tratamento 4, em presença de adubação mineral NPK.

Foram feitas 4 repetições por tratamento, sendo cada repetição constituída de 1 vaso contendo 5 Kg de solo peneirado em malha de 1 cm de diametro.

3.3. Determinação das doses de calcário.

A determinação das doses de calcário necessárias para corrigir a acidez do solo nos níveis desejados, foi baseada no "método da incubação" (PRATT, 1966) e consistiu na "incubação", em sacos plásticos, por um período de aproximadamente 60 dias, de amostras de 500g de solo (TFSA) com doses crescentes de corretivo, equivalentes a 0-2-4-6-8-10-12-14-16-18 e 20 t/ha*, onde se adicionou 20 ml de água destilada/100 g de solo, correspondente a aproximadamente 1/3 da porcentagem de espaço poroso do solo.

Como corretivo, empregou-se calcário dolomítico friável, produzido no município de Castro (PR), cuja análise química, realizada no laboratório de Química da ESAIQ-USP, revelou teor de 29,8% de CaO e de 18,9% de MgO.

A fim de se obter um "poder relativo de neutralização total" (PRNT) igual a 100%, o calcário foi peneirado em malha de 60 mesh/polegada (VOLKWEISS & LUDWICK, 1969).

A porcentagem de espaço poroso do solo foi determinada pela fórmula " $\% EP = \frac{\text{densidade aparente}}{\text{densidade real}} \times 100$ ", onde a densidade aparente, determinada pela relação $\frac{\text{pêso}}{\text{volume}}$ de solo, foi igual a 1,10 g/cm³ e considerou-se, como densidade real o valor, médio 2,65 g/cm³ (BUCKMAN & BRADY, 1966, pg. 69 e 73).

A "incubação" foi iniciada em 25/4/72 e decorridos 70 dias, o solo apresentava as características químicas mostradas no quadro 2, segundo análise química realizada nos laboratórios da Secção de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônômico, em Campinas (SP).

(*) Para efeito de cálculo, considerou-se o pêso de 1 ha igual a 2.000.000 de kg de solo.

Quadro 2. Análise química do solo para determinação da necessidade de calcário pelo método da "incubação". Médias de 3 repetições.

Doses de calcário		pH	C %	Teores em me/100 ml TFSA:			
g/kg	t/ha			Al	Ca + Mg	PO ₄	K
0	0	4.6	3.90	1.90	2,00	0.02	0.24
1.0	2.0	5.0	4.00	0.90	3.50	0.01	0.22
2.0	4.0	5.4	4.10	0	4.70	0.01	0.23
3.0	6.0	5.7	3.80	0	6.50	0.01	0.23
4.0	8.0	5.9	3.80	0	7.50	0.01	0.21
5.0	10.0	6.2	3.90	0	8.60	0.01	0.21
6.0	12.0	6.5	3.80	0	11.00	0.01	0.20
7.0	14.0	6.6	3.80	0	11.20	0.01	0.19
8.0	16.0	6.7	3.80	0	12.30	0.01	0.19
9.0	18.0	6.8	3.80	0	13.40	0.01	0.19
10.0	20.0	7.0	3.60	0	14.30	0.01	0.19

Com base em tais resultados, foram estabelecidas as seguintes doses de calcário, a serem empregadas nos diferentes tratamentos;

TRATAMENTOS	Doses de calcário	
	g/kg solo	t/ha
1. Sem calagem	0	0
2. Calcário para neutralização de metade do teor de acidez trocável..	1,0	2,0
3. Calcário para neutralização total do teor de acidez trocável	2,0	4,0
4. Calcário para elevação do pH a 6.5	6,0	12,0

3.4. Calagem e adubação fosfatada e potássica.

Em 15/7/72, foram aplicadas as doses de calcário estabelecidas, misturando-se intimamente o corretivo (com 100% de PRNT) com o solo contido em vasos de barro perfurados no fundo e pintados internamente com Neutrol ~~X~~ (*), nas doses correspondentes a cada tratamento.

Em seguida, adicionou-se 1 litro de água destilada em cada um dos vasos, que foram protegidos com sacos plásticos e mantidos à sombra.

Após 2 meses, procedeu-se à adubação fosfatada e potássica, misturando intimamente os adubos com o solo contido em cada vaso; novamente o material foi irrigado com 500 ml de água destilada/vaso, protegido com sacos (*); Otto Burmgarten, SP.

plásticos e mantidos à sombra.

Como fonte de adubo fosfatado, foi usado o superfosfato simples, fórmula comercial, com 19-21% de P_2O_5 , 25-28% de CaO e 12% de S , na dose de 3,0 g de adubo por kg de solo, correspondendo a aproximadamente 0,60 g de P_2O_5 /kg de solo.

A fonte de adubo potássico foi o cloreto de potássio, fórmula comercial, com 60-62% de K_2O e 47% de Cl , aplicado na dose de 1,0 g de adubo por kg de solo, correspondendo a aproximadamente 0,60 g de K_2O /kg de solo.

Em 31/1/73, por meio de trado, coletaram-se amostras de solo de cada um dos vasos, as quais foram analisadas na Seção de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo, obtendo-se os valores mostrados no quadro 3.

3.5. Semeadura, adubação nitrogenada, tratamentos culturais e irrigação do feijoeiro.

A semeadura foi realizada em 17/2/73, ou seja, cerca de 7 meses após a calagem e cerca de 5 meses após a adubação mineral fosfatada e potássica, colocando-se 10 sementes em cada vaso, à profundidade de aproximadamente 2 cm.

O adubo nitrogenado, aplicado sobre a superfície do solo, foi parcelado em 3 vezes, sendo a primeira parcela aplicada 2 dias antes da semeadura, usando-se 400 ml/vaso de uma solução a 0,3% de $NaNO_3$ (p.a.).

A emergência ocorreu 5 dias após a semeadura e 2 dias depois procedeu-se ao desbaste, mantendo-se 4 plantas em cada vaso.

Quando as plantas tinham 7 dias de idade, foi aplicada a segunda parcela de adubo nitrogenado e 10 dias após, a terceira, empregando-se cada vez, 400 ml/vaso de solução a 0,6% de $NaNO_3$ (p.a.).

No total, considerando-se as 3 aplicações, foram fornecidos aproximadamente 0,20 g de N /vaso, de forma a se ter uma relação 1:3:3 para $N:P_2O_5:K_2O$.

Periodicamente, procedeu-se a polvilhamento com Folidol em pó, para controle preventivo de pragas.

A irrigação dos vasos foi feita com água

Quadro 3. Análise química do solo contido nos vasos, após a calagem e a adubação fosfatada e potássica, por repetição.

C a l	R e p	pH	Sem adubação PK					Com adubação PK					
			C %	Teores trocáveis*				pH	C %	Teores trocáveis*			
				Al	CaMg	PO ₄	K			Al	CaMg	PO ₄	K
1	A	4,40	3,30	2,40	1,50	0,02	0,25	4,60	3,10	0,80	5,00	0,25	1,00
	B	4,50	3,20	1,90	1,50	0,02	0,30	4,60	3,10	0,80	3,90	0,25	0,95
	C	4,50	3,00	1,60	1,40	0,02	0,33	4,60	3,20	1,30	4,00	0,35	1,00
	D	4,50	3,10	1,80	1,40	0,02	0,36	4,60	3,10	0,80	3,50	0,29	1,00
Médias		4,50	3,10	1,90	1,50	0,02	0,31	4,60	3,10	0,90	4,10	0,28	1,00
2	A	4,70	3,00	1,10	3,10	0,02	0,24	4,70	3,00	0,60	4,80	0,25	1,00
	B	4,70	2,80	1,10	3,30	0,02	0,28	4,70	3,20	0,70	6,70	0,28	1,00
	C	4,80	3,20	1,00	3,50	0,01	0,30	4,70	2,90	0,90	5,20	0,16	1,00
	D	4,70	3,00	1,20	3,00	0,01	0,28	4,70	2,90	0,70	5,50	0,15	1,00
Médias		4,70	3,00	1,10	3,20	0,02	0,27	4,70	3,00	0,70	5,50	0,21	1,00
3	A	5,00	3,10	0,70	4,70	0,02	0,30	5,00	3,10	0	8,40	0,30	1,00
	B	5,00	3,20	0,90	5,00	0,02	0,26	5,00	3,10	0	7,50	0,32	1,00
	C	5,00	2,90	0	5,50	0,02	0,29	5,00	3,10	0	8,10	0,21	1,00
	D	5,00	3,00	0	5,00	0,02	0,25	5,00	3,00	0	8,00	0,23	1,00
Médias		5,00	3,00	0,40	5,50	0,02	0,27	5,00	3,10	0	8,00	0,26	1,00
4	A	6,40	3,00	0	10,40	0,02	0,30	6,20	2,80	0	11,10	0,16	1,00
	B	6,30	3,00	0	9,90	0,01	0,26	6,00	2,90	0	12,20	0,16	1,00
	C	6,20	3,00	0	10,60	0,01	0,30	6,30	3,00	0	12,50	0,19	1,00
	D	6,30	2,90	0	11,00	0,01	0,27	6,20	3,00	0	12,80	0,19	1,00
Médias		6,30	3,00	0	10,50	0,01	0,28	6,20	2,90	0	12,10	0,17	1,00

*: em me/100 ml TFSA.

distilada, sendo que a quantidade de água aplicada em cada vaso era variável de acordo com a maior ou menor necessidade, determinada através de observação visual do grau de umidade na superfície do solo, evitando-se a ocorrência de percolação por excesso de água.

3.6. Corte e preparo das plantas para análise química.

Quando as plantas atingiram a fase compreendida entre o pleno florescimento e o início da frutificação, procedeu-se o corte da parte aérea e a retirada das raízes do solo. Essa fase foi escolhida, baseada no fato de que, em vários trabalhos realizados, ficou evidenciado ser essa a ocasião em que o feijoeiro atinge a máxima produção de matéria seca, bem como, se dá a máxima absorção da maior parte dos nutrientes pela planta (GALLO & MIYASAKA, 1961; COBRA NETTO, 1967; HAAG & outros, 1967). A data de corte variou entre 30 e 37 dias de idade das plantas, em função dos tratamentos aplicados.

A parte aérea, cortada ao nível do solo, foi imediatamente lavada por imersão e agitação em água distila-

da contendo um pouco de detergente (ODD)* ; em seguida, o material foi enxaguado por imersão, em porções sucessivas de água destilada, para remoção do detergente (LOTT & outros, 1956).

A separação das raízes do solo, foi feita por meio de peneiramento do material. Uma vez retiradas, as raízes foram lavadas em jato de água corrente e, por imersão e agitação, em solução de HCl 0,02 N, seguida de lavagem por imersão em porções sucessivas de água destilada (COBRA NETTO, 1967).

Tanto a parte aérea como as raízes, uma vez lavadas, foram enxugadas em papel mata-borrão, acondicionadas em sacos de papel perfurados e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65-70°C durante 48-60 horas.

Uma vez secas, parte aérea e raízes foram pesadas separadamente em balança "Metler" com precisão de ... 0,001 g; em seguida procedeu-se à moagem em moinho "Wiley", peneira 20, acondicionando-se o material em frascos plásticos. Os valores de pesagem obtidos foram referidos ao peso médio de uma planta por vaso.

3.7. Análises químicas de solo.

Os métodos analíticos empregados em todas as análises químicas de solo realizadas, são os preconizados pelo Programa Nacional de Análise de Solo.

As determinações de pH e de C (%) foram feitas segundo métodos citados por CATANI & outros (1954).

Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, foram extraídos com solução de KCl N.

A determinação de Ca+Mg foi efetuada pelo método de titulação com EDTA (GLÓRIA & outros, 1964) e a do Al^{+3} trocável por titulação com solução de NaOH 0,025 N, usando o azul de bromotimol como indicador.

Fósforo e potássio foram extraídos com H_2SO_4 0.05 N.

A determinação do PO_4^{-3} foi feita colorimetricamente, pelo método de redução a frio com ácido ascórbico (RAMOS, 1961) e a do K^+ por fotometria de chama.

A interpretação dos resultados foi baseada nos índices preconizados pela Secção de Fertilidade do Solo
*Orniex S/A, SP.

do Instituto Agrônômico (GARGANTINI & outros, 1970).

3.8. Análises químicas das plantas.

As análises químicas das plantas para determinação dos teores porcentuais de N, P, K, Ca e Mg, foram realizadas nos laboratórios de Nutrição Mineral de Plantas, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Na determinação do nitrogênio, utilizou-se o método do microKjedahl (MALAVOLTA, 1965).

Para os demais nutrientes analisados, as determinações foram feitas a partir de extrato obtido por extração nítrico-perclórica. Nesse extrato, determinou-se o fósforo pelo método fotocolorimétrico (LOTT & outros, 1956), fazendo-se a leitura em aparelho "Klett-Summerson"; o potássio por fotometria de chama e o cálcio e o magnésio por espectrofotometria de absorção atômica, em aparelho "EEL", de acordo com as instruções de uso do mesmo.

3.9. Análises estatísticas.

As análises de variância adotadas no presente estudo, foram feitas de acordo com o seguinte esquema, baseado em GRANER (1966):

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.
Adubação (A)	1
Calagem (C)	3
Interação(AxC)	3
Resíduo	24
Total	31

Nos casos em que a interação apresentou valores de "F" significativos, procedeu-se ao desdobramento da interação.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.
Adubação	1
Calagem em ausência de NPK	3
Calagem em presença de NPK	3
Resíduo	24
Total	31

*: E.E.L. Analytical Methods - Atomic Absorption, vol.1

Para a análise estatística da concentração de nutrientes, expressa em porcentagem, os valores foram transformados em $x = \text{arc sen de } \sqrt{\%}$ (SNEDECOR, 1945).

Aplicou-se ainda o Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para comparação das médias dos resultados da produção de matéria seca, e da concentração e acumulação de nutrientes pelas plantas, bem como, foram calculados os respectivos coeficientes de variação, ao nível de 5% de probabilidade.

-----:-----

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO4.1. Efeitos da calagem e da adubação fosfatada e potássica, em algumas características químicas do solo.

Os resultados mostrados anteriormente nos quadros 2 e 3, evidenciam interessantes relações entre a elevação do pH, a neutralização da acidez trocável e a disponibilidade de Ca+Mg, de PO_4^{-3} e de K^+ no solo.

Pode ser observado inicialmente que, para a completa neutralização da acidez trocável, foi necessária e suficiente, na maior parte dos casos, a aplicação de 2,0 t. de calcário/hectare, para cada equivalente miligrama de Al^{+3} trocável/100 ml de solo, o que concorda, em linhas gerais, com as conclusões de KAMPRATH (1967) e de MUZILLI & KALCKMANN (1969). A utilização de metade dessa dose, permitiu reduzir à metade o teor inicial de acidez trocável do solo, Para a elevação do pH a 6.5, foi necessária a quantidade de corretivo equivalente a 12,0 t/ha, aspecto que destaca um elevado poder de tamponamento do solo estudado (BUCKMAN & BRADY, 1966, pg. 408).

Com relação à redução do teor de Al^{+3} trocável e a elevação do teor de Ca+Mg trocáveis em função do aumento do pH do solo, constata-se que, acima de pH 5.0, não mais ocorreu Al^{+3} trocável, semelhante às observações de PRATT (1966) e de GARGANTINI & outros (1970); por outro lado, quando o pH era inferior a 5.0, o teor de Ca+Mg trocáveis estava abaixo de 2.5 me/100 ml de solo, crescendo esse valor à medida que se elevou o pH, em concordância com a constatação de MUZILLI & KALCKMANN (1971). COLEMAN & THOMAS (1967, pg. 1-42), explicam essas relações, bem como, as ~~causas~~ ^{causas} que as determinam.

Com respeito ao fósforo, os resultados mostraram não ter ocorrido nenhuma alteração na sua disponibilidade quando a acidez do solo foi corrigida, à semelhança do que observou FASSBENDER (1969), em um solo Andosol, da Costa Rica, onde a elevação do pH de 4.3 a 5.2 não provocou variação significativa na disponibilidade de fósforo no solo.

A disponibilidade de K, por sua vez, sofreu um ligeiro decréscimo à medida que a acidez do solo foi sendo neutralizada, concordando com as conclusões de YORK & ROGERS (1947), HOOVER & outros (1948) e PRATT & outros (1958).

Merece destaque ainda, o fato de que, nos tratamentos que receberam adubação mineral, provavelmente o cálcio contido no adubo fosfatado chegou a neutralizar praticamente a metade do teor de acidez trocável, bem como, elevou o teor de Ca+Mg, deixando praticamente de afetar contudo, o pH do solo. A neutralização da acidez trocável pelo adubo fosfatado, pode ser devido à adição de cálcio ao solo, provocando a precipitação do Al^{+3} trocável, conforme constatarem PIERRE & STUART (1933); variações de pH e do teor de Ca+Mg trocáveis pela aplicação de adubos fosfatados, foram também constatadas por BRAGA & AMARAL (1971), em solo de Viçosa (MG).

As figs. 1, 2 e 3, obtidas a partir dos valores médios contidos no quadro 3, facilitam a verificação desses efeitos.

4.2. Desenvolvimento vegetativo do feijoeiro.

As observações feitas durante o desenvolvimento das plantas, de acordo com os tratamentos, até o período de pleno florescimento, aos 30-37 dias após a emergência, foram as seguintes:

A. Em ausência de adubação mineral NPK:

A.a. Sem calagem:

Plantas cortadas aos 37 dias de idade, sem ter ocorrido o florescimento, Porte baixo e pouco desenvolvido, com secamento e queda prematura das folhas cotiledonares. As folhas mais velhas eram pequenas e apresentavam folíolos com forte clorose internerval; as folhas mais novas apresentavam pontuações pardas no limbo, seguindo-se a queda dos folíolos. Em alguns casos, os folíolos mais novos apresentavam pigmentações cloróticas (Fotos 3 e5, vaso nº6)

A.b. Calagem para neutralização de metade da acidez trocável:

Plantas cortadas aos 37 dias de idade, sem ter ocorrido o florescimento, Porte baixo e secamento das margens das folhas cotiledonares, seguido da queda prematura das mesmas. As folhas mais velhas eram pequenas, apresentavam forte clorose internerval e necrose nas extremidades e nas margens dos folíolos e as folhas mais novas apresentavam pontuações cloróticas ou pardas no limbo, bem como, queda dos folíolos (Fotos 3 e 6, vaso nº 21).

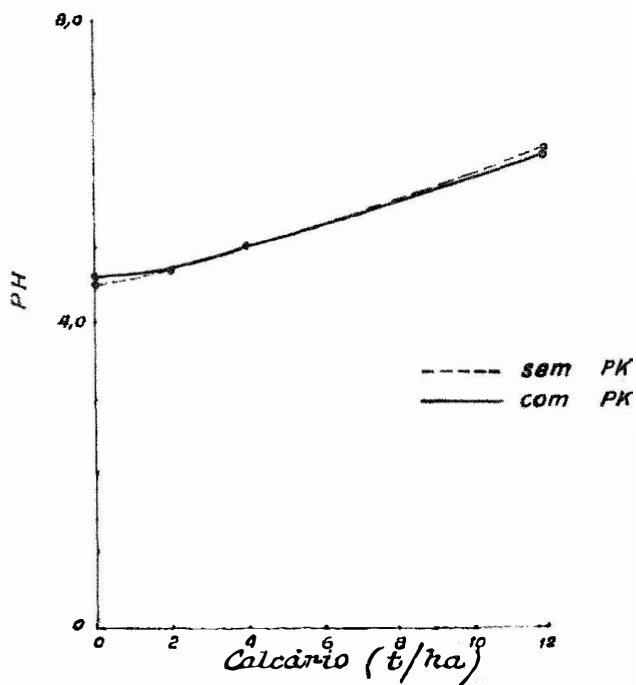


Fig. 1. Influência da adubação mineral fosfatada e potássica sobre o pH do solo.

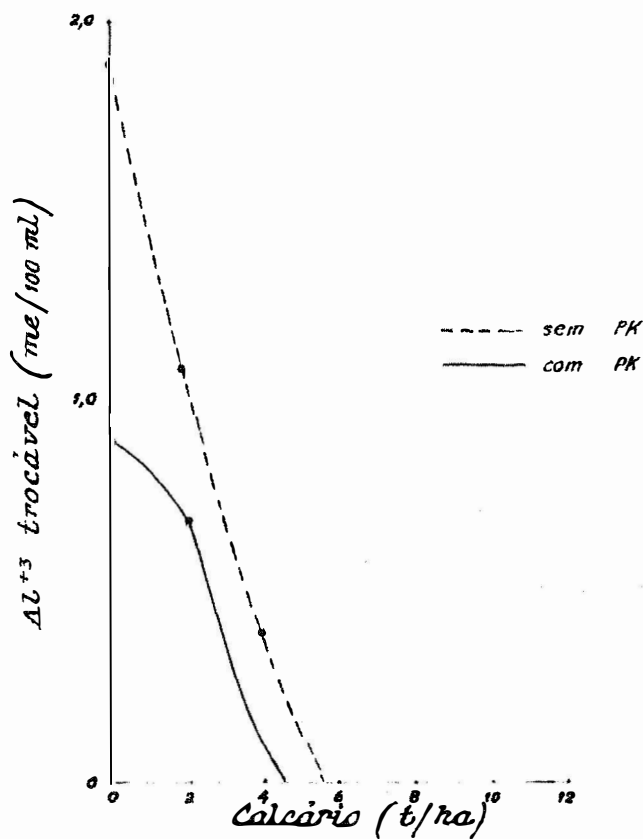


Fig. 2. Influência da adubação mineral fosfatada e potássica sobre o teor de Al^{+3} trocável do solo.

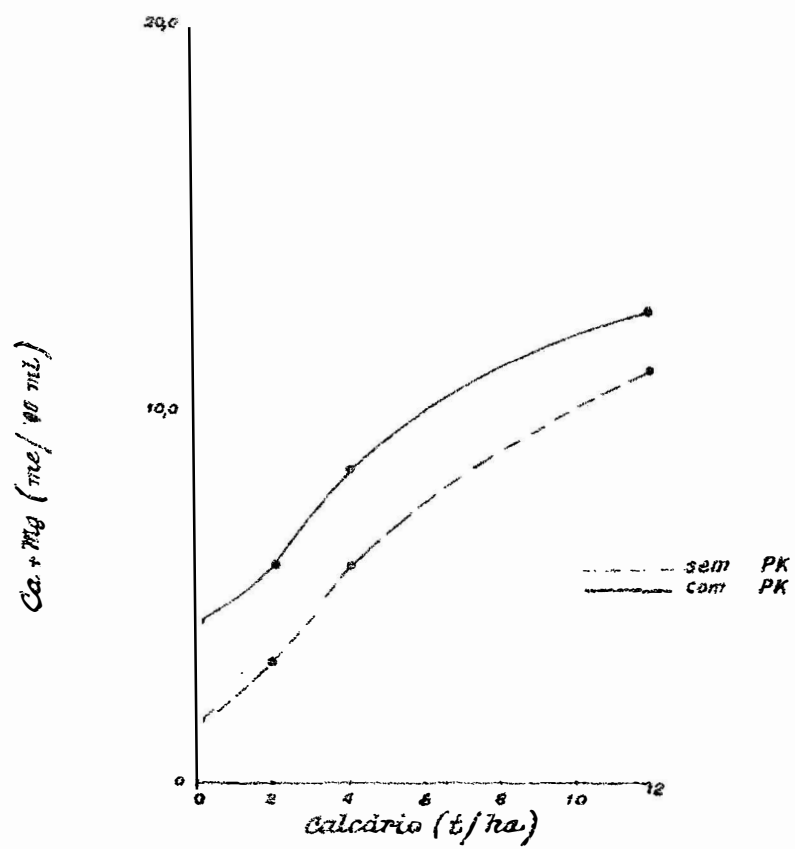


Fig. 3. Influência da adubação mineral fosfatada e potássica sobre o teor de Ca+Mg do solo.

A.c. Calagem para neutralização total da acidez trocável.

As plantas d'êste tratamento eram de porte baixo e foram cortadas aos 37 dias de idade, sem ter ocorrido florescimento; apresentavam clorose seguida de secamento e queda prematura das folhas cotiledonares. As folhas mais velhas eram pequenas e acusavam forte clorose internerval, algumas revelando ainda necrose das margens e queda de folíolos; as folhas mais novas eram de coloração normal, embora pouco desenvolvidas. Algumas delas apresentavam pontuações esbranquiçadas e posteriormente pardas, seguindo-se a queda dos folíolos (Fotos 3 e 7, vaso nº 30).

A.d. Calagem para elevação do pH a 6,5:

As plantas d'êste tratamento revelavam porte abaixo do normal, tendo florescido aos 33 dias após a emergência. Apresentavam clorose, secamento e queda prematura das folhas cotiledonares. As folhas mais velhas eram de tamanho médio, apresentando clorose que progrediu das margens para o centro do límbo dos folíolos, algumas delas apresentando ainda necrose marginal; as folhas mais novas, embora pouco desenvolvidas, eram de coloração normal ou apresentavam clorose internerval pouco acentuada (Fotos 3 e 8, vaso nº 45).

B. Em presença de adubação mineral NPK:

B.a. Sem calagem:

As plantas floresceram aos 35 dias após a ~~germinação~~ ^{emergência} e apresentavam porte abaixo do normal, com folhas cotiledonares revelando clorose e secamento das margens para o centro do limbo, algumas delas caindo prematuramente. As folhas mais velhas eram de tamanho normal, apresentando fraca clorose internerval e pontuações esbranquiçadas no limbo; as folhas mais novas apresentavam pontuações esbranquiçadas entre as nervuras, tornando-se posteriormente pardas e os folíolos se apresentavam arqueados (Fotos 4 e 5, vaso nº 8).

B.b. Calagem para neutralização de metade da acidez trocável:

As plantas eram de porte quase normal e floresceram aos 32 dias após a emergência, com folhas cotiledonares mostrando clorose seguida de necrose do ápice e margens.

As folhas mais velhas eram de tamanho normal e algumas apresentavam pontuações esbranquiçadas, enquanto outras apresentavam clorose internerval e queda dos folíolos; as folhas mais novas eram normais ou apresentavam pontuações pardas no limbo dos folíolos (Fotos 4 e 6, vaso nº 19).

B.c. Calagem para neutralização total da acidez trocável:

As plantas deste tratamento eram de porte aparentemente normal, florescendo aos 30 dias após a ~~emergência~~ emergência e mostrando secamento marginal e queda de algumas das folhas cotiledonares. As folhas mais velhas apresentavam aspecto normal ou leve clorose inicial entre as nervuras e as folhas mais novas eram de aspecto normal (Fotos 4 e 7, vaso nº 36).

B.d. Calagem para elevação do pH a 6,5:

As plantas floresceram aos 30 dias após a ~~emergência~~ emergência e eram de porte normal; mostravam secamento marginal e queda de algumas das folhas cotiledonares. As folhas mais velhas eram bem desenvolvidas e, da mesma forma que as folhas mais novas, eram de aspecto normal (Fotos 4 e 8, vaso nº 48).

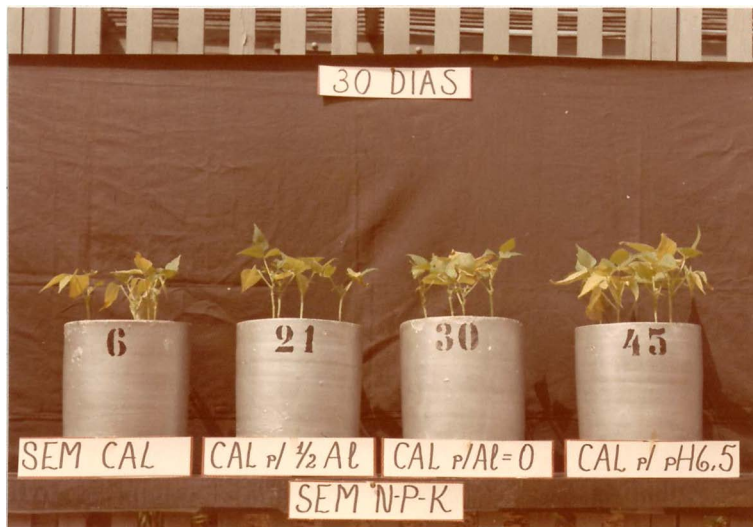


Foto 3. Efeitos dos níveis de calagem no desenvolvimento do feijoeiro em ausência de adubação mineral NPK. Plantas com 30 dias de idade.



Foto 4. Efeitos dos níveis de calagem no desenvolvimento do feijoeiro em presença de adubação mineral NPK. Plantas com 30 dias de idade.



Foto 5. Efeitos de adubação NPK, na ausência de calagem.



Foto 6. Efeitos de adubação NPK, com calagem para a neutralização de metade do teor de acidez trocável.



Foto 7. Efeitos da adubação NPK, com calagem para neutralização total da acidez trocável.



Foto 8. Efeitos da adubação NPK, com calagem para elevação do pH do solo a 6,5.

As características de desenvolvimento observadas mostraram que, ao se omitir a adubação mineral NPK, o florescimento só ocorreu quando o pH do solo foi elevado ao redor de 6,5.

Em presença de adubação mineral NPK, o florescimento ocorreu em todos os níveis de acidez do solo, tendendo a ser mais precoce quanto menor esse nível.

No que se refere aos demais sintomas observados, não foi possível caracterizar a verdadeira causa dos mesmos, já que essa caracterização só pode ser feita com segurança através do emprêgo de técnicas de estudo mais precisas, como a diagnose por subtração usando soluções nutritivas; contudo, certos sintomas podem ser comparados com os descritos por COBRA NETTO (1967); por exemplo, clorose dos folíolos das folhas mais velhas, com nervuras destacadas no fundo, surgindo posteriormente áreas esbranquiçadas em várias partes do limbo, foram caracterizadas pelo autor como sintomas de deficiência de nitrogênio. Queda prematura de folhas cotiledonares, caules eretos e finos, desenvolvimento reduzido da parte aérea, áreas internervais cloróticas no limbo das folhas mais velhas, seguidas de pontuações marrons foram caracterizadas como sintomas de deficiência de fósforo. Plantas de porte reduzido, folhas mais velhas pouco desenvolvidas, com necrose nas extremidades e nas margens dos folíolos, caracterizaram sintomas de deficiência de potássio. Caules mal desenvolvidos, pontuações cloróticas ou pardacentas no limbo, com desprendimento de folíolos das folhas mais novas, foram sintomas relacionados com a deficiência de cálcio. Já a ocorrência de clorose internerval pouco acentuada nos folíolos das folhas mais velhas, pontuações esbranquiçadas no limbo dos folíolos mais novos, que se mostraram arqueados, foram sintomas atribuídos à deficiência de magnésio.

No presente estudo, evidentemente pode ter havido mascaramento dos sintomas observados, pela ocorrência de deficiências múltiplas; mas de qualquer forma, parecem ter predominado aquelas relacionadas principalmente com deficiências de P, K, Ca e Mg descritas pelo autor.

Em vista dessas observações, é viável admitir-se que a acidez, agindo na disponibilidade de nutrientes no solo e na absorção desses nutrientes pelas plantas, é

importante fator a influir tanto no desenvolvimento como na época de ocorrência de florescimento do feijoeiro, retardando o processo quanto mais elevado fôr o nível de acidez no solo e chegando mesmo a inibi-lo, quando a essa acidez se associa a falta de nutrientes.

4.3. Produção de matéria sêca pelas plantas.

Os pêsos de matéria sêca produzida na parte aérea e nas raízes, foram analisados estatisticamente por meio do teste "F", constatando-se que tanto a calagem como a adubação mineral exerceram efeito significativo sôbre a produção de matéria sêca pelo feijoeiro. Foi significativa ainda, a interação entre calagem e adubação; desdobrando-se os efeitos dos níveis de calagem, em ausência e em presença de adubação, os resultados foram também significativos.

As médias dos diferentes tratamentos e as diferenças mínimas significativas para comparação dessas médias, são apresentadas no quadro 4.

Quadro 4. Produção de matéria sêca (mg/planta) na parte aérea e nas raízes do feijoeiro, no período de pleno florescimento. Médias de 4 repetições.

Níveis de calagem	Parte aérea		Raízes	
	Sem NPK	Com NPK	Sem NPK	Com NPK
Testemunha	560	1394	250	423
Cal p/ 1/2 Al	590	1835	281	695
Cal p/ Al = 0	660	1935	331	728
Cal p/ pH 6.5	896	2795	419	890
d.m.s. (Tukey) a 5%	312		102	
C.V. (%)	11,97		10,64	

A partir dêsses valores, foram construídas as curvas de produção de matéria sêca na parte aérea e nas raízes (Figs. 4 e 5).

Observa-se que, em ausência de adubação mineral, houve uma tendência de desenvolvimento da parte aérea das plantas à medida que se elevou o nível de correção da acidez do solo, sendo êsse desenvolvimento mais pronunciado quando se procedeu à calagem para elevação do pH próximo a 6.5, único tratamento que acusou diferença estatisticamente significativa em relação à testemunha pelo teste de Tukey, o mesmo se verificando com o desenvolvimento das raízes.

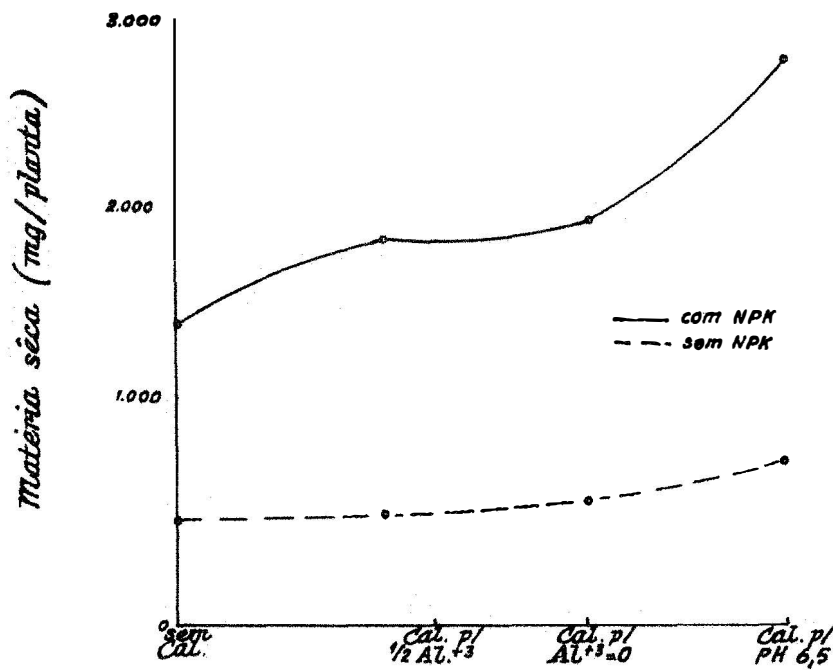


Fig. 4. Curvas de produção de matéria sêca na parte aérea (mg/planta) em ausência e em presença de adubação mineral. Médias de 4 repetições.

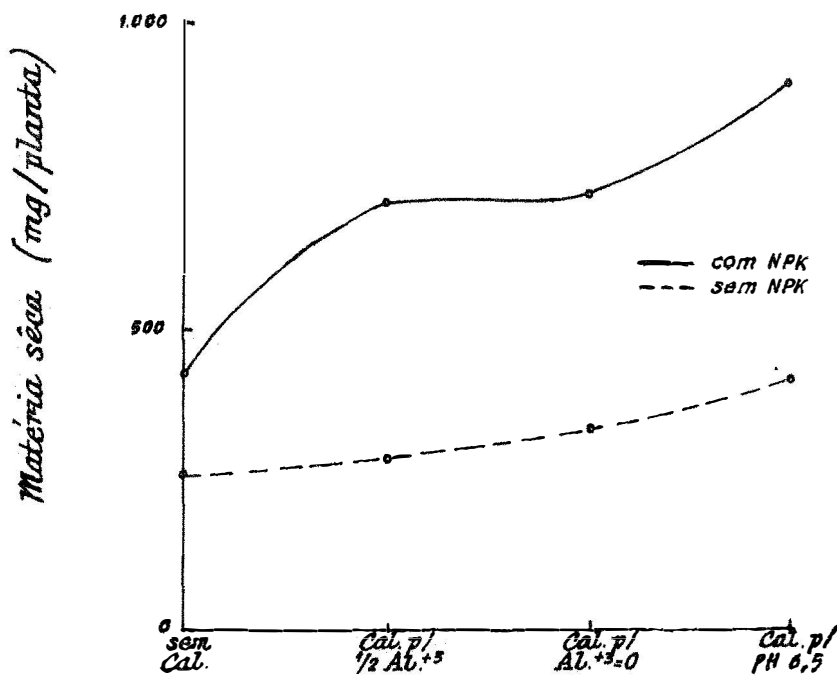


Fig. 5. Curvas de produção de matéria sêca nas raízes (mg/planta) em ausência e em presença de adubação mineral. Médias de 4 repetições.

Já na presença de adubação mineral, a neutralização de metade do teor de acidez trocável do solo foi suficiente para influir significativamente na produção de matéria sêca, tanto da parte aérea como das raízes, em relação à testemunha; quando se neutralizou toda a acidez trocável, o mesmo efeito foi observado, porém êsse tratamento não diferiu significativamente da neutralização parcial dessa acidez. O efeito da calagem para elevação do pH a 6.5, também em presença de adubação destacou-se acentuadamente e diferiu significativamente dos demais tratamentos, ao se comparar os valores pelo teste de Tukey.

Deve ser mencionado ainda, o paralelismo verificado entre as curvas da produção de matéria sêca na parte aérea e nas raízes, tanto em ausência como em presença de adubação mineral, fato que concorda com o observado por COBRA NETTO (1967).

Os resultados obtidos evidenciam uma alta sensibilidade do cultivar 'Goiano precoce' aos componentes da acidez do solo, já que a simples neutralização da acidez trocável foi insuficiente para lhe proporcionar as melhores condições de desenvolvimento, seja das raízes, seja da parte aérea.

Os efeitos prejudiciais da acidez do solo verificados sobre o desenvolvimento dêsse cultivar, foram causados não apenas pelo excesso de Al^{+3} trocável, mas também, por deficiência nutricional das plantas.

Pelos dados constatados, o cultivar 'Goiano precoce' mostra não se enquadrar no grupo de variedades tolerantes ao Al^{+3} trocável referido por FOY & outros (1967), mostrando-se bastante exigente em reações de solo que lhe possibilitem um melhor desenvolvimento radicular e uma maior capacidade de absorção de nutrientes; no presente caso, pH ao redor de 6.5, valor que concorda com VIEIRA (1967),

O efeito significativo da adubação, pode ser atribuído não só à redução da acidez trocável e elevação do teor de Ca+Mg verificados no solo pela aplicação dêsse tratamento, mas ainda, a um adequado suprimento de nutrientes deficientes no solo, em particular no que se refere ao fósforo. A melhor eficiência da calagem em presença de adubação, talvez seja devida ao fósforo, conforme ressaltaram MASCARENHAS & outros (1967, 1969).

4.4. Concentração e acumulação de nutrientes.4.4.1. Nitrogênio.

As análises estatísticas dos teores percentuais de N contidos na parte aérea e nas raízes, mostraram valores de "F" significativos para os efeitos de adubação e de calagem, bem como, para os efeitos da interação entre tais tratamentos. O desdobramento dessa interação mostrou ainda significância estatística a 1% de probabilidade para os efeitos de calagem, em ausência ou em presença de adubação.

Pela comparação das médias dos valores da concentração de N apresentada no quadro 5, verifica-se que, na parte aérea, tanto em ausência como em presença de adubação, as concentrações de N correspondentes à testemunha ou à neutralização parcial da acidez trocável não diferiram significativamente entre si, o mesmo ocorrendo entre os tratamentos para neutralização total da acidez trocável e para elevação do pH do solo a 6.5. Entre os dois primeiros e os dois últimos tratamentos, as diferenças são estatisticamente significativas pelo teste de Tukey.

Quadro 5. Valores da concentração de N na parte aérea e nas raízes, em ausência e em presença de adubação. Médias de 4 repetições.

Níveis de Calagem	Parte aérea				Raízes			
	Sem NPK		Com NPK		Sem NPK		Com NPK	
	%	a. sen√%	%	a. sen√%	%	a. sen√%	%	a. sen√%
Testemunha	5.74	13.81	5.65	13.69	2.61	9.28	2.65	9.28
Cal p/ 1/2 Al	5.40	13.44	5.00	12,92	2,55	9.10	2,35	8,72
Cal p/ Al = 0	3.70	11.09	2.95	9,81	1,81	7.71	1.68	7.49
Cal p/ pH 6.5	3.27	10.47	2.72	9.46	1.72	7.49	1.65	7.27
dms(Tukey) 5%*	0,83				1.73			
C.V. (%)	3,59				2,17			

*: Entre os valores de arcsen $\sqrt{\%}$.

Para os valores da concentração de N nas raízes, em ausência de adubação a testemunha diferiu significativamente apenas da calagem para pH 6.5, enquanto que, em presença de adubação, diferiu daquele tratamento e também da calagem para neutralização total da acidez trocável.

Tanto na parte aérea como nas raízes, em ausência ou em presença de adubação, as concentrações de N tenderam a diminuir à medida que se elevou o nível de correção da acidez do solo, aspecto que provavelmente pode ser atri-

buido aos efeitos de competição iônica entre NO_3^- e OH^- , conforme é mencionado por SUTCLIFFE (1962, pg. 52).

A semelhança do que se verificou para a concentração de N, as análises estatísticas dos valores de N acumulado na matéria seca tanto da parte aérea como das raízes, mostraram valores significativos a 1% de probabilidade pelo teste "F", para os efeitos de calagem e de adubação; para a interação entre tais tratamentos, na parte aérea verificou-se significância estatística a 1% de probabilidade, e nas raízes a 5% de probabilidade. O desdobramento das interações, mostrou significância estatística para os efeitos de calagem apenas quando em presença de adubação.

Comparando-se as médias dos resultados, mostradas no quadro 6, verifica-se que, em ausência de adubação, tanto nas raízes como na parte aérea, os valores não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Quadro 6. Valores da acumulação de N (mg N/planta) na parte aérea e nas raízes, em ausência e em presença de adubação. Médias de 4 repetições.

Níveis de calagem	Parte aérea		Raízes	
	Sem NPK	Com NPK	Sem NPK	Com NPK
Testemunha	32,17	78,28	6,55	11,21
Cal p/ 1/2 Al	31,82	91,34	7,17	16,31
Cal p/ Al = 0	24,37	57,22	6,00	12,31
Cal p/ pH 6.5	29,34	76,17	7,19	14,66
d.m.s. (Tukey) a 5%	9,98		2,48	
C.V. (%)	9,73		12,47	

Em presença de adubação, na parte aérea o valor encontrado no nível de calagem para elevação do pH a 6.5 não difere estatisticamente da testemunha; os valores dos tratamentos para neutralização parcial ou total da acidez trocável diferem significativamente entre si, bem como, são significativamente diferentes em relação aos demais tratamentos. Já nas raízes, os valores obtidos na testemunha e no tratamento para neutralização total da acidez trocável não apresentaram diferença significativa, o mesmo se verificando entre aqueles obtidos nos tratamentos para neutralização parcial da acidez trocável e para elevação do pH a 6.5.

Um exame dos gráficos construídos a partir dos valores contidos no quadro 6 (Figs. 6 e 7), mostra que a acumulação de N esteve mais relacionada com a produção de

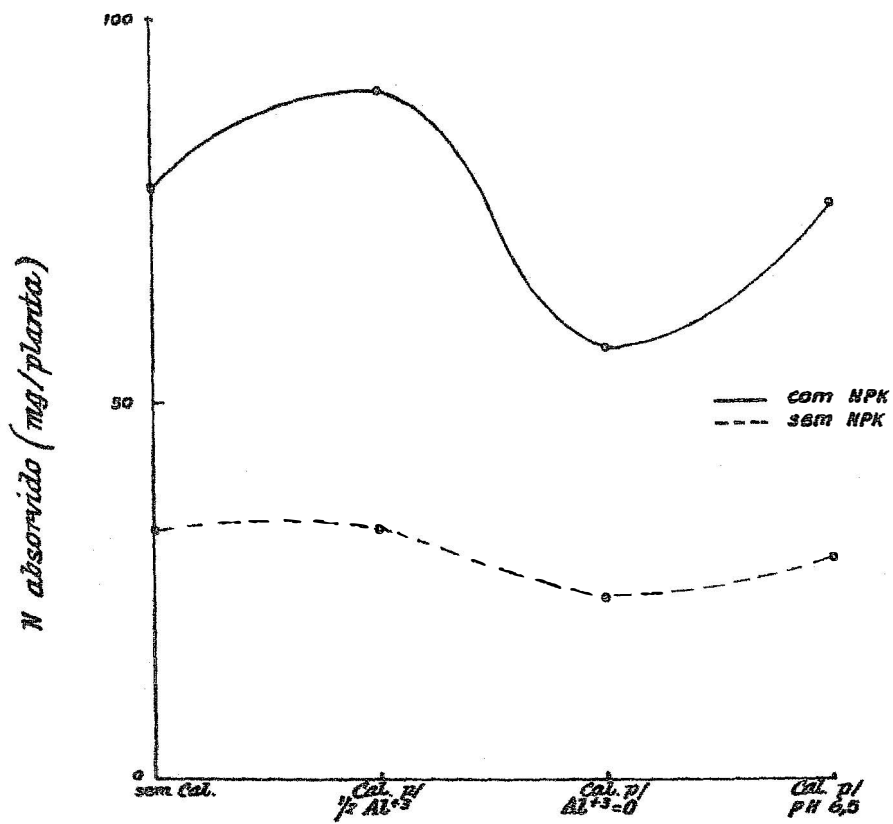


Fig. 6. Curvas de acumulação de N (mg N/planta) na parte aérea, em ausência e presença de adubação mineral.

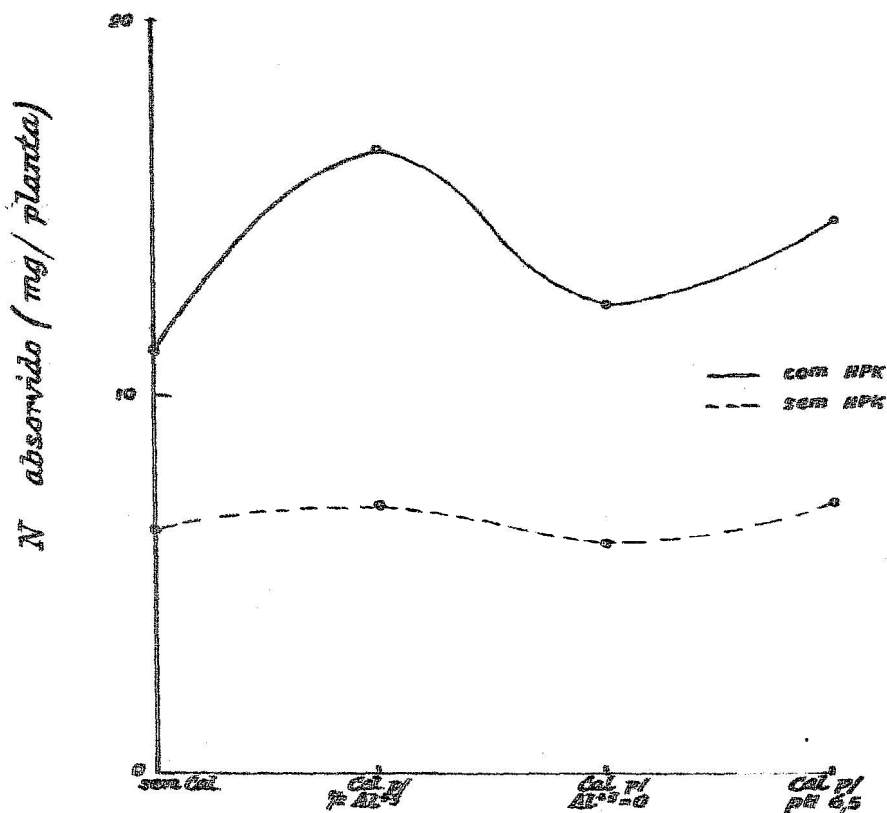


Fig. 7. Curvas de acumulação de N (mg N/planta) nas raízes, em ausência e em presença de adubação mineral.

matéria sêca do que com a concentração do nutriente nas plantas.

Entretanto, uma vez que a produção de matéria sêca dependeu do nível de calagem aplicado, infere-se que, quanto mais favorecido foi o desenvolvimento do feijoeiro pela correção da acidez do solo, mais eficiente foi a absorção de nitrogênio pela planta.

4.4.2. Fósforo.

Para a concentração de fósforo, a análise estatística mostrou, na matéria sêca da parte aérea, valor significativo de "F" apenas para o efeito de adubação, não ocorrendo significância estatística para a calagem e para a interação calagem versus adubação. Nas raízes, foi verificada significância ao nível de 1% de probabilidade, tanto para a adubação como para a calagem, bem como, para a interação entre êsses tratamentos. O desdobramento dessa interação, contudo, mostrou valor significativo de "F" ao nível de 1% de probabilidade apenas para os efeitos de calagem na ausência de adubação.

A comparação dos valores médios obtidos para os diversos tratamentos, apresentados no quadro 7, revela diferença significativa de concentração de P nas raízes apenas em ausência de adubação, quando o tratamento visando a elevação do pH do solo a 6.5 se distinguiu estatisticamente dos demais tratamentos. Nos demais casos, os valores obtidos não diferiram significativamente, mostrando que a concentração de P pelo feijoeiro parece não depender de reação do solo.

Quadro 7. Valores da concentração de P na parte aérea e nas raízes, em ausência e em presença de adubação. Médias de 4 repetições.

Níveis de Calagem	Parte aérea				Raízes			
	Sem NPK		Com NPK		Sem NPK		Com NPK	
	%	a.sen/√%	%	a.sen/√%	%	a.sen/√%	%	a.sen/√%
Testemunha	0.079	1.62	0.117	1.99	0.102	1.81	0.140	2.14
Cal p/ 1/2 Al	0.077	1.62	0.123	1.99	0.098	1.81	0.133	2.07
Cal p/ Al = 0	0.084	1.62	0.137	2.14	0.086	1.72	0.137	2.14
Cal p/ pH 6.5	0.080	1.62	0.145	2.14	0.075	1.52	0.131	2.07
dms (Tukey)* a 5%	0.18				0.10			
C.V. (%)	4,90				2.77			

*: entre os valores de arcsen $\sqrt{\%}$.

Nota-se contudo, uma tendência de aumento do teor de P na parte aérea, em presença de adubação, e uma tendência de diminuição desse teor nas raízes, em ausência de adubação, à medida que se elevou o nível de correção da acidez do solo. Na parte aérea, essa tendência poderia ser atribuída ao efeito de sinergismo entre íons de P e de Mg, à semelhança do que constataram EHRLER & outros (1958) na parte aérea do feijoeiro; a tendência a haver um maior teor de P nas raízes, nos tratamentos em que a acidez trocável do solo era mais elevada, sugere uma retenção ou precipitação do nutriente pelo Al^{+3} trocável, conforme destacam WRIGHT (1943) e WRIGHT & DONAHWE (1953); WALLIHAN (1948) e RUSCHELL & outros (1968).

Para a acumulação de fósforo, as análises de variância mostraram tanto para a parte aérea, como para as raízes, valores significativos de "F" ao nível de 1% de probabilidade, para a adubação, para a calagem e para a interação entre tais tratamentos. O desdobramento dessas interações acusou significância estatística de "F" a 1% de probabilidade apenas para os efeitos de calagem em presença de adubação, aspecto que mais uma vez evidencia não ter sido a acidez o fator limitante da disponibilidade de P no solo estudado, já que a sua neutralização em ausência de adubação não favoreceu significativamente a absorção do nutriente pela cultura.

Com as médias dos valores de P acumulado na parte aérea e nas raízes, foi elaborado o quadro 8, sendo as curvas de acumulação (Figs. 8 e 9) construídas a partir dessas médias.

Quadro 8. Valores da acumulação de P (mg P/planta) na parte aérea e nas raízes, em ausência e em presença de adubação. Médias de 4 repetições.

Níveis de calagem	Parte aérea		Raízes	
	Sem NPK	Com NPK	Sem NPK	Com NPK
Testemunha	0.444	1.639	0.256	0.591
Cal p/ 1/2 Al	0.454	2.264	0.275	0.926
Cal p/ Al = 0	0.558	2.644	0.286	0.993
Cal p/ pH 6.5	0.717	4.102	0.316	1.176
dms (Tukey) a 5%	0.899		0.156	
C.V. (%)	28.81		13.33	

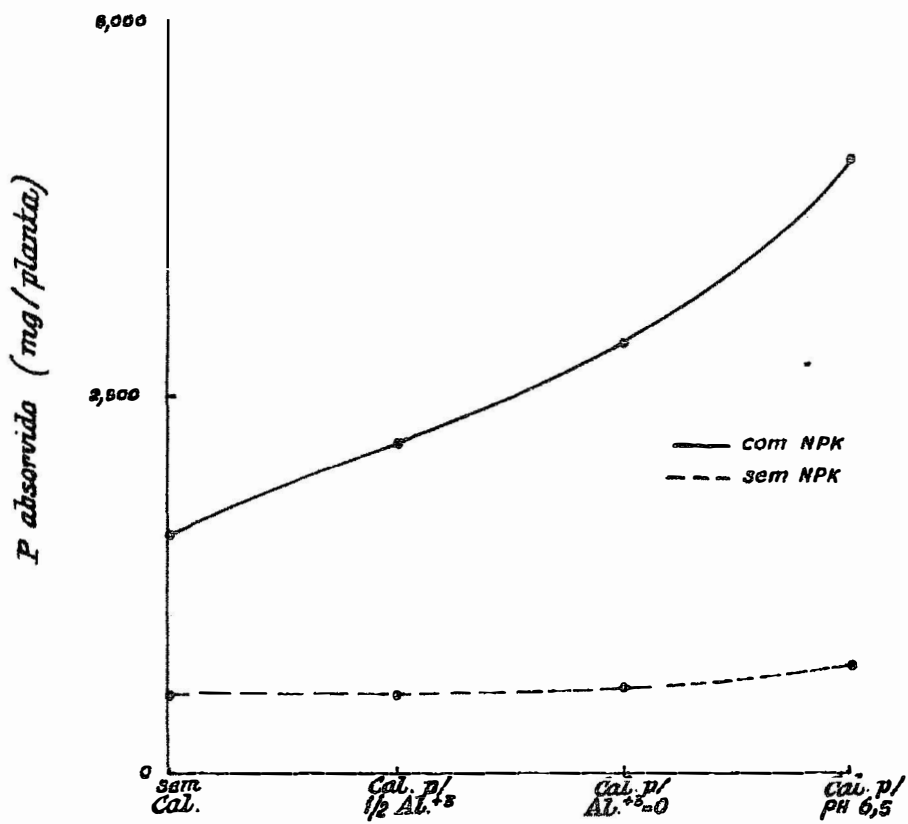


Fig. 8. Curvas de acumulação de P (mg P/planta) na parte aérea, em ausência e em presença de adubação mineral.

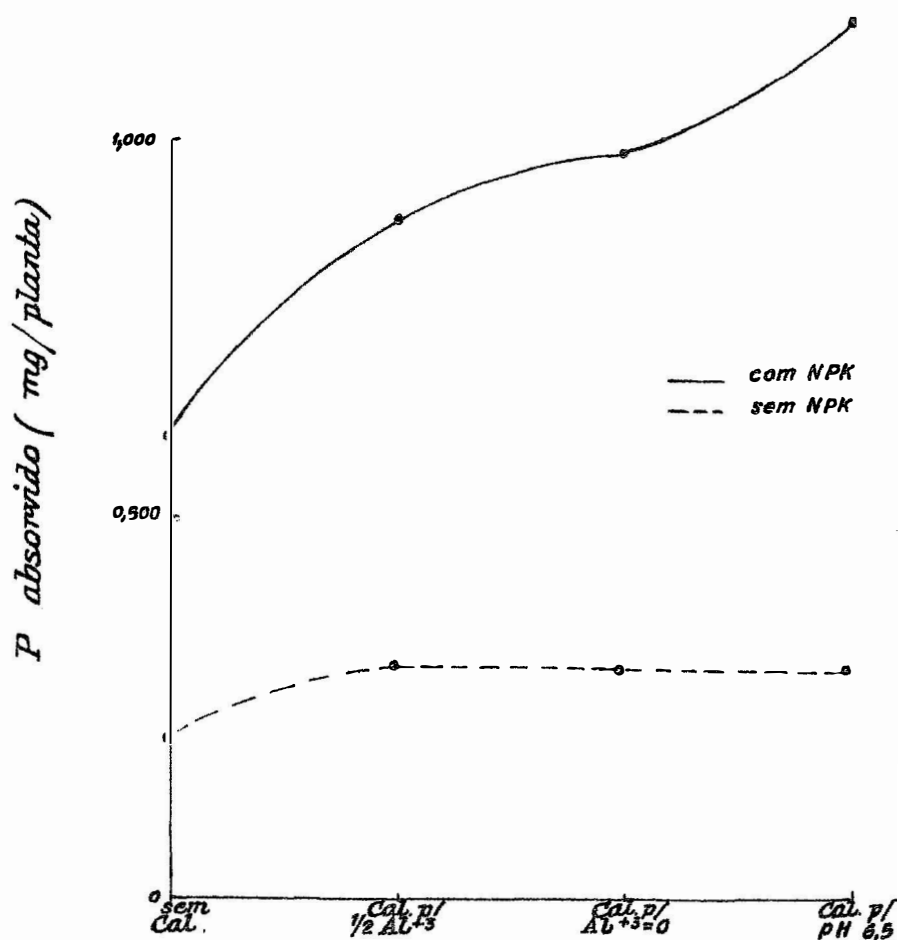


Fig. 9. Curvas de acumulação de P (mg P/planta) nas raízes, em ausência e em presença de adubação mineral.

A comparação dos teores médios de P acumulada na parte aérea do feijoeiro, em presença de adubação, mostra não haver diferenças significativas entre o tratamento testemunha e o de calagem para neutralização parcial de acidez trocável; o mesmo se verifica entre este nível de calagem e o nível visando a neutralização total daquela acidez. Nas raízes, em presença de adubação, os tratamentos visando neutralizar parcial ou totalmente a acidez trocável, embora não diferindo significativamente entre si, foram contudo significativamente superiores à testemunha. Tanto na parte aérea como nas raízes, em presença de adubação, a elevação do pH próximo a 6.5 foi significativamente superior aos demais níveis de correção da acidez, evidenciando ser esse, e não a correção da acidez trocável, o nível de calagem mais indicado para favorecer a acumulação de P pelo feijoeiro, nas condições estudadas.

Através das Figs. 8 e 9, verifica-se que, em presença de adubação, a acumulação de P, tanto na parte aérea como nas raízes, cresceu à medida em que se corrigia a acidez do solo a níveis mais elevados, mostrando que o aproveitamento do nutriente pelo feijoeiro dependeu diretamente da calagem, resultado que concorda com as observações de FONTES & outros (1965), discordando porém das de BROWN & outros (1969).

Os resultados obtidos, embora mostrem que a concentração de P dependeu mais da disponibilidade deste nutriente do que da acidez do solo, evidenciam contudo que a extração e o aproveitamento do nutriente pelo feijoeiro são altamente favorecidos pela correção dessa acidez ao nível de pH 6.5, desde que haja disponibilidade adequada do nutriente no solo.

4.4.3. Potássio.

O teste "F" mostrou, para a concentração de K na matéria seca da parte aérea, efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade, apenas para a adubação, evidenciando que, por um lado, o teor de K na parte aérea das plantas dependeu apenas da disponibilidade do nutriente no solo, e por outro lado, que o aumento de Ca^{+2} ou de Mg^{+2} no solo não influenciou no teor de K na parte aérea do feijoeiro.

Já nas raízes, a adubação, a calagem e a interação entre tais tratamentos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade. O desdobramento da interação também mostrou essa mesma significância para os efeitos de calagem, tanto na ausência como na presença de adubação.

A comparação dos valores médios apresentados no quadro 9, mostra nas raízes, em ausência de adubação, que a testemunha e o tratamento visando a neutralização parcial de acidez trocável não diferiram significativamente, o mesmo ocorrendo entre os tratamentos para a neutralização total da acidez trocável e para a elevação do pH a 6.5. Entre os dois primeiros e os dois últimos tratamentos acima referidos, as diferenças foram significativas. Em presença de adubação, os tratamentos em que se fez a correção parcial ou total de acidez trocável não diferiram entre si, mas foram significativamente diferentes dos tratamentos testemunha e calagem para elevação do pH a 6.5.

Quadro 9. Valores da concentração de K na parte aérea e nas raízes, em ausência e em presença de adubação. Médias de 4 repetições.

Níveis de Calagem	Parte aérea				Raízes			
	Sem NPK		Com NPK		Sem NPK		Com NPK	
	%	a.sen√%	%	a.sen√%	%	a.sen√%	%	a.sen√%
Testemunha	2.76	9.63	4.16	11.83	0.38	3.53	0.60	4.44
Cal p/ 1/2 Al	2.61	9.28	3.48	10.78	0.46	3.89	1.16	6.29
Cal p/ Al = 0	2.39	8.91	3.68	11.09	0.69	4.76	1.36	6.80
Cal p/ pH 6.5	2.57	9.28	3.46	10.78	0.82	5.20	1.75	7.49
dms (Tukey) a 5%*	1.67				0.52			
C.V. (%).	8.49				5.03			

*: entre os valores de arcsen $\sqrt{\%}$.

De uma maneira geral, tanto em ausência como em presença de adubação, as concentrações de K nas raízes aumentaram à medida que se elevou o nível de correção da acidez do solo, evidenciando que a calagem favoreceu a concentração do nutriente naquêles órgãos.

VIETS (1944) constatou, em raízes destacadas de cevada, que tanto o Ca como outros cátions polivalentes podiam estimular a absorção de K pelos vegetais, sendo que êsse efeito sinérgico, no caso do Ca, era independente da concentração dêsse nutriente na planta.

Na parte aérea, apesar das diferenças en-

tre os valores não terem sido significativas, observa-se que, principalmente em presença de adubação, o teor de K é sensivelmente maior na testemunha, o que leva a sugerir uma interferência do Ca ou do Mg na migração do K das raízes para a parte aérea. Contudo, de acordo com a exposição de DEMOLON, (1966, pg 157-158), um aumento de Ca^{+2} ou de Mg^{+2} no meio de cultura não exerce efeito antagônico na assimilação de K pelos vegetais, embora a reciprocidade dêse fato não se verifique.

Com respeito à acumulação de K na parte aérea, o teste " F " mostrou efeitos significativos devidos à adubação, à calagem e à interação entre ambos; no desdobramento de interação, o efeito de calagem só foi significativo em presença de adubação. Nas raízes, todos os tratamentos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade, o mesmo se verificando com relação aos efeitos da calagem em ausência ou em presença de adubação.

No quadro 10, pelo teste de Tukey ao nível de 5%, verifica-se que houve diferença significativa na acumulação de K na parte aérea, em presença de adubação, somente quando se elevou o pH do solo próximo a 6.5

Quadro 10. Valores de acumulação de K (mg/planta) na parte aérea e nas raízes, em ausência e em presença de adubação. Médias de 4 repetições.

Níveis de Calagem	Parte aérea		Raízes	
	Sem NPK	Com NPK	Sem NPK	Com NPK
Testemunha	15.42	58.04	0.96	2.56
Cal p/ 1/2 Al	15.15	62.84	1.29	8.02
Cal p/ Al = 0	15.79	71.21	2.30	9.86
Cal p/ pH 6.5	23.02	96.48	3.42	15.56
dms (Tukey) a 5%	14.05		1.13	
C.V. (%)	16.11		10.74	

Com relação à acumulação de K nas raízes, em ausência de adubação diferiram significativamente entre si os tratamentos testemunha versus calagem para neutralização total da acidez trocável, testemunha versus calagem para elevação do pH a 6.5 e calagem para neutralização parcial da acidez trocável versus calagem para elevação do pH a 6.5. Em presença de adubação, todos os tratamentos diferiram significativamente entre si.

Na fig. 10, construída a partir dos dados constantes do quadro 10, o aumento de acumulação de K mostrado pelas curvas, deve ser atribuído apenas ao aumento da matéria sêca na parte aérea, induzido pela calagem, já que, conforme se verificou, não houveram diferenças significativas na concentração de K naquêles órgãos. Na fig. 11, também construída com base nos dados do quadro 10, a acumulação crescente de K nas raízes, à medida que se elevou o nível de correção da acidez do solo, especialmente em presença de adubação, é consequência não só do aumento de produção de matéria sêca correspondente, como também, do aumento da concentração de K antes referido.

Os resultados obtidos parecem indicar que tanto a concentração de K como a sua acumulação na parte aérea do feijoeiro, dependeram mais da disponibilidade desse nutriente no solo e do desenvolvimento da planta, do que dos efeitos diretos da calagem, enquanto que nas raízes, a concentração do nutriente foi altamente favorecida pela correção da acidez do solo.

4.4.4. Cálcio.

A concentração de Ca na parte aérea, foi influenciada significativamente pela adubação e pela calagem, com valores de "F" significativos ao nível de 1% de probabilidade; a interação entre tais tratamentos contudo, não foi significativa. Nas raízes, ambos os tratamentos, calagem e adubação, influenciaram significativamente na concentração de Ca, bem como, houve significância para a interação entre êles, ao nível de 1% de probabilidade. No desdobramento dessa interação, verificou-se que a calagem, tanto em ausência como em presença de adubação, influenciou significativamente na concentração de Ca nas raízes.

Pela observação das médias dos valores mostrados no quadro 11, verifica-se que, na parte aérea, a concentração de Ca não diferiu significativamente nos tratamentos visando a correção total da acidez trocável e a elevação do pH do solo a 6.5; nos demais tratamentos, as diferenças entre os valores da concentração de Ca foram significativas.

Nas raízes, em ausência de adubação todos os valores diferem significativamente, ao passo que, na pre

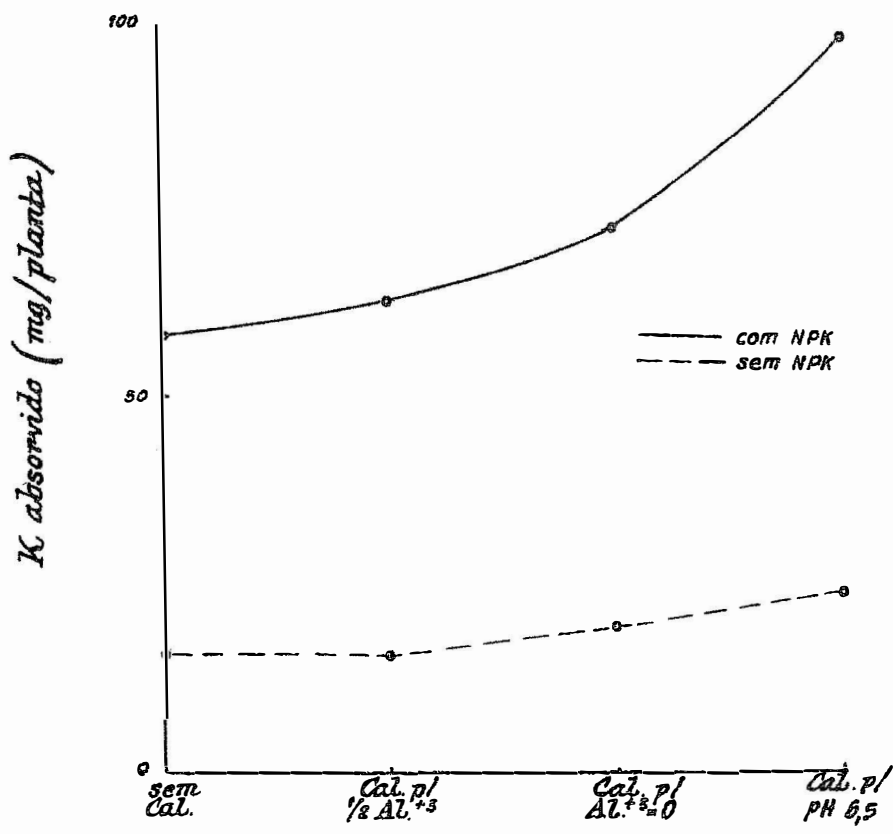


Fig. 10. Curvas de acumulação de K (mg K/planta) na parte aérea, em ausência e em presença de adubação mineral.

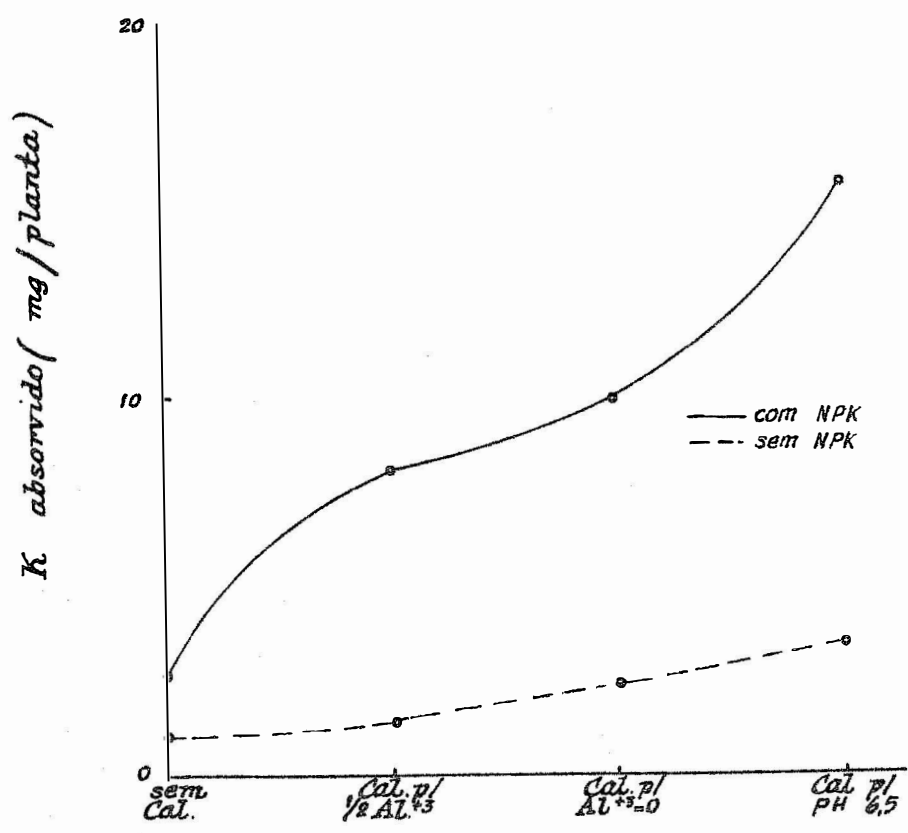


Fig. 11. Curvas de acumulação de K (mg K/planta) nas raízes, em ausência e em presença de adubação mineral.

sença de adubação, a testemunha e a neutralização da acidez trocável não apresentaram concentrações de Ca significativamente diferentes ; entre êsses e os outros tratamentos, bem como, entre êsses outros tratamentos, as diferenças são significativas.

Quadro 11. Valores da concentração de Ca na parte aérea e nas raízes, em ausência e em presença de adubação. Médias de 4 repetições.

Níveis de Calagem	Parte aérea					Raízes			
	Sem NPK		Com NPK		Médias	Sem NPK		Com NPK	
	%	a.sen√%	%	a.sen√%	a.sen√%	%	a.sen√%	%	a.sen√%
Testemunha	1.58	7.27	2.39	8.91	8.09	0.25	2.87	0.42	3.72
Cal p/ 1/2 Al	2.21	8.53	2.95	9.81	9.17	0.31	3.19	0.39	3.58
Cal p/ Al= 0	3.01	9.98	3.31	10.47	10.22	0.42	3.72	0.59	4.40
Cal p/ pH 6.5	3.05	9.98	3.51	10.78	10.38	0.88	5.38	1.19	6.29
dms (Tukey) 5%*	-		-		0.89	0.24			
C.V. (%)	4.87					2.98			

(*): entre valores de arcsen $\sqrt{\%}$.

Tanto na parte aérea como nas raízes do feijoeiro, fica evidenciada uma tendência de aumentar o teor de Ca à medida que se eleva o teor de Ca^{+2} do solo, a exemplo do que verificaram FONDER (1929) e FLEMING (1956), embora no presente estudo nem todas as diferenças sejam estatisticamente significativas.

Na acumulação de Ca pelo feijoeiro, a adubação e a calagem, bem como a sua interação, influenciaram significativamente nos valores obtidos, ao nível de 1% de probabilidade para o teste "F", tanto na parte aérea como nas raízes. O desdobramento das interações mostrou essa mesma significância para os efeitos de calagem em ausência ou em presença de adubação.

No quadro 12, são apresentados os valores médios de acumulação de Ca na parte aérea e nas raízes, em ausência e em presença de adubação.

Na parte aérea, em ausência de adubação, não se verifica diferenças estatisticamente significativas entre um tratamento e o outro consecutivo; porém, diferem significativamente entre si, os tratamentos testemunha versus calagem para neutralização total da acidez trocável e calagem para neutralização parcial dessa acidez versus calagem para pH 6.5.

Quadro 12. Valores da acumulação de Ca (mg Ca/planta) na parte aérea e nas raízes, em ausência e em presença de adubação. Médias de 4 repetições.

Níveis de Calagem	Parte aérea		Raízes	
	Sem NPK	Com NPK	Sem NPK	Com NPK
Testemunha	8.84	33.19	0.64	1.78
Cal p/ 1/2 Al	13.06	54.24	0.89	2.72
Cal p/ Al = 0	19.93	64.07	1.39	4.29
Cal p/ pH 6.5	27.46	98.03	3.69	10.59
dms (Tukey) a 5 %	10.80		0.84	
C.V. (%)	13.93		13.32	

Em presença de adubação, não houve diferença estatisticamente significativa apenas entre os tratamentos para neutralização parcial e para neutralização total da acidez trocável.

Nas raízes, em ausência de adubação, apenas a calagem para elevação do pH a 6.5 é que mostrou diferença estatisticamente significativa, enquanto que, na presença de adubação, todos os tratamentos diferiram significativamente entre si.

As Figs. 12 e 13, construídas a partir dos valores apresentados no quadro 12, refletem respectivamente as curvas de acumulação de Ca na parte aérea e nas raízes do feijoeiro, evidenciando sempre um efeito crescente da elevação do nível de correção da acidez do solo sobre as quantidades extraídas pela planta.

Os resultados ressaltam uma grande exigência do feijoeiro cultivar 'Goiano precoce' em relação ao Ca, já que o acúmulo verificado foi devido não apenas ao aumento da produção de matéria seca, como também, ao efeito favorável dos níveis de calagem sobre a concentração do nutriente pela planta.

4.4.5. Magnésio.

As análises estatísticas para os valores da concentração de Mg mostram que, na parte aérea, embora a adubação e a calagem tivessem acusado valores "F" significativos ao nível de 1% de probabilidade, a interação entre ambos contudo não foi significativa, a exemplo do que ocorreu com a concentração de Ca.

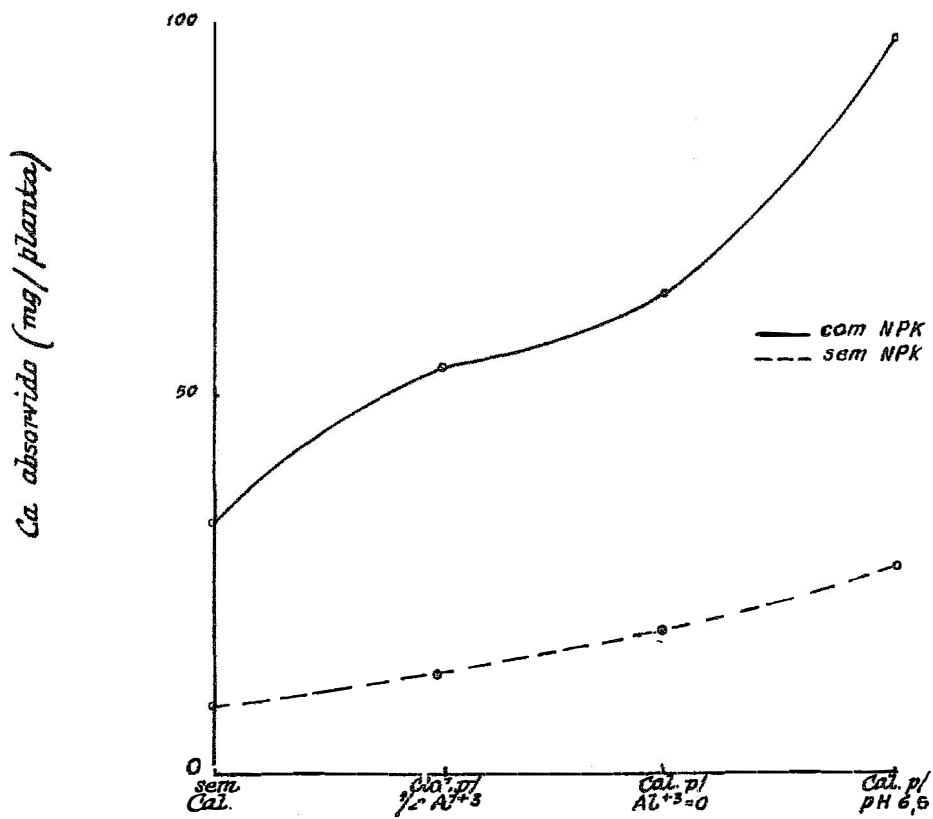


Fig. 12. Curvas de acumulação de Ca (mg Ca/planta) na parte aérea, em ausência e em presença de adubação mineral.

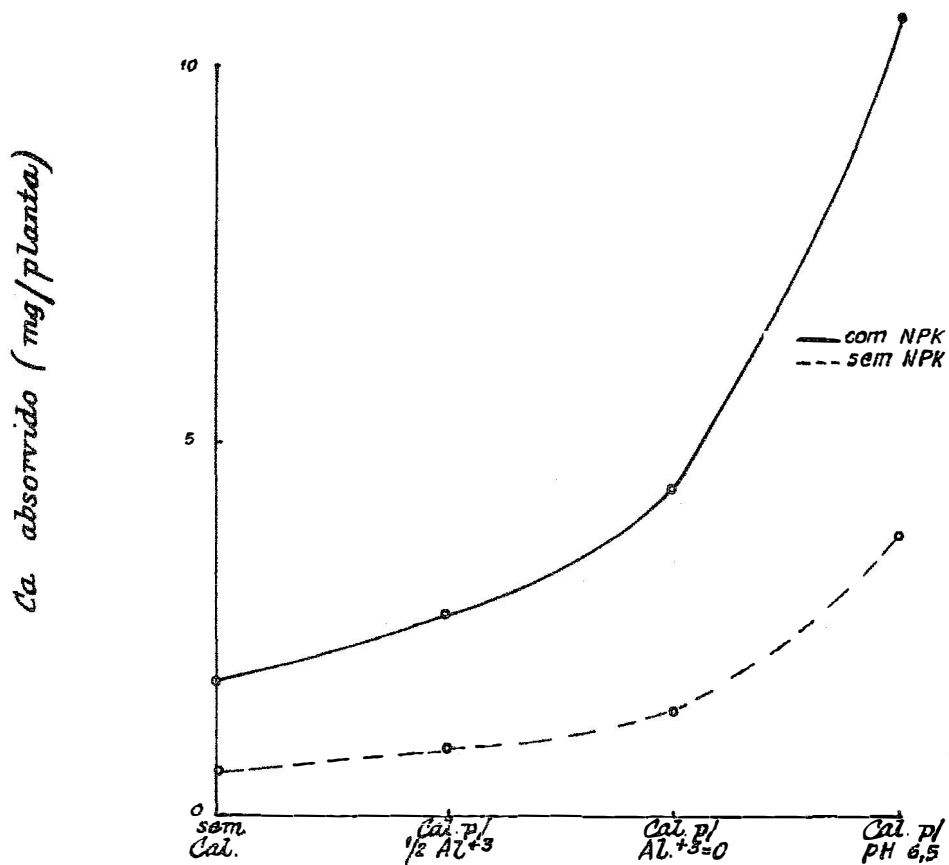


Fig. 13. Curvas de acumulação de Ca (mg Ca/planta) nas raízes, em ausência e em presença de adubação mineral.

Por outro lado, do mesmo modo que se verificou para o Ca, nas raízes ambos os tratamentos foram significativos, como também o foram a interação e o desdobramento dessa interação para os efeitos de calagem em ausência e em presença de adubação.

A comparação dos valores médios de concentração de Mg na parte aérea (quadro 13) mostra que não diferiram significativamente apenas os efeitos dos tratamentos para neutralização total da acidez trocável e para elevação do pH do solo a 6.5; nas raízes, o mesmo efeito se verifica, em presença de adubação, enquanto que na ausência desse tratamento, todos os valores diferem significativamente entre si.

Quadro 13. Valores da concentração de Mg na parte aérea e nas raízes, em ausência e em presença de adubação. Médias de 4 repetições.

Níveis de Calagem	Parte aérea					Raízes				
	Sem NPK		Com NPK		Médias	Sem NPK		Com NPK		
	%	a. sen $\sqrt{\%}$	%	a. sen $\sqrt{\%}$	a. sen $\sqrt{\%}$	%	a. sen $\sqrt{\%}$	%	a. sen $\sqrt{\%}$	
Testemunha	0.59	4.40	0.34	3.34	3.87	0.12	1.99	0.10	1.83	
Cal p/ 1/2 Al	0.96	5.62	0.65	4.62	5.12	0.17	2.36	0.14	2.14	
Cal p/ Al= 0	1.28	6.55	0.91	5.47	6.01	0.30	3.14	0.22	2.69	
Cal p/ pH 6.5	1.32	6.55	1.20	6.29	6.42	0.70	4.80	0.26	2.92	
dms (Tukey) 5%*	-		-		0.59	0.33				
C.V. (%)	5.63					6.19				

(*) entre os valores de arcsen $\sqrt{\%}$.

A semelhança do que ocorreu com o Ca, verifica-se tanto na parte aérea como nas raízes, tendência de aumentar a concentração de Mg, à medida que se elevou o pH e o teor desses nutrientes no solo, em contraste com os resultados de FONDER (1929).

Chama atenção ainda o fato de que, para qualquer nível de calagem, em presença de adubação as concentrações de Mg, tanto na parte aérea como nas raízes, foram sempre menores do que em ausência de adubação. CAROLUS (1938) observou efeito semelhante ao fornecer ao feijoeiro o K^+ combinado com Mg^{+2} ou com Ca^{+2} no meio de cultura; BROWN & outros (1969) observaram redução na absorção de Mg pelo feijoeiro quando foi adicionado P ao solo.

Para os valores da acumulação de Mg, cujas médias são apresentadas no quadro 14, na parte aérea os efei-

tos da calagem, da adubação, da interação calagem x adubação, bem como, do desdobramento dessa interação, foram significativos pelo teste "F". Nas raízes, apenas o efeito da adubação não foi significativo.

Quadro 14. Valores da acumulação de Mg (mg Mg/planta) na parte aérea e nas raízes, em ausência e em presença de adubação. Médias de 4 repetições.

Níveis de calagem	Parte aérea		Raízes	
	Sem NPK	Com NPK	Sem NPK	Com NPK
Testemunha	3.28	4.73	0,30	0.42
Cal p/ 1/2 Al	5.69	12.07	0.49	0.99
Cal p/ Al = 0	8.46	17.61	0.98	1.56
Cal p/ pH 6.5	11.81	33.08	2.92	2.20
dms (Tukey) a 5%	3.17		0.50	
C. V. (%)	14.22		21.05	

A comparação dos valores apresentados no quadro 14, mostra que em ausência de adubação, tanto na parte aérea como nas raízes, os valores de Mg no tratamento para elevação do pH do solo a 6.5 foram significativamente diferentes dos demais, o mesmo se verificando entre a testemunha e a calagem para neutralização total da acidez trocável.

Já em presença de adubação, tanto na parte aérea como nas raízes, os efeitos de todos os níveis de calagem foram significativamente diferentes entre si.

Nas figs. 14 e 15 são representadas, respectivamente, as curvas de acumulação de Mg na parte aérea e nas raízes.

O exame dessas curvas mostra, tanto na ausência como na presença de adubação, um efeito crescente da elevação do nível de correção de acidez do solo sobre a extração de Mg pelo feijoeiro, sendo tanto mais pronunciada a extração quanto mais próximo de 6.5 se elevou o pH do solo. Esse efeito é devido não só ao aumento da produção de matéria seca, como também ao aumento da concentração de Mg nas plantas promovido pela calagem.

Nas raízes, ao nível de pH 6.5, a acumulação de Mg foi maior na ausência de adubação, consequência de ter ocorrido uma maior porcentagem do nutriente nas raízes em ausência de adubação, conforme é mostrado no quadro 13.

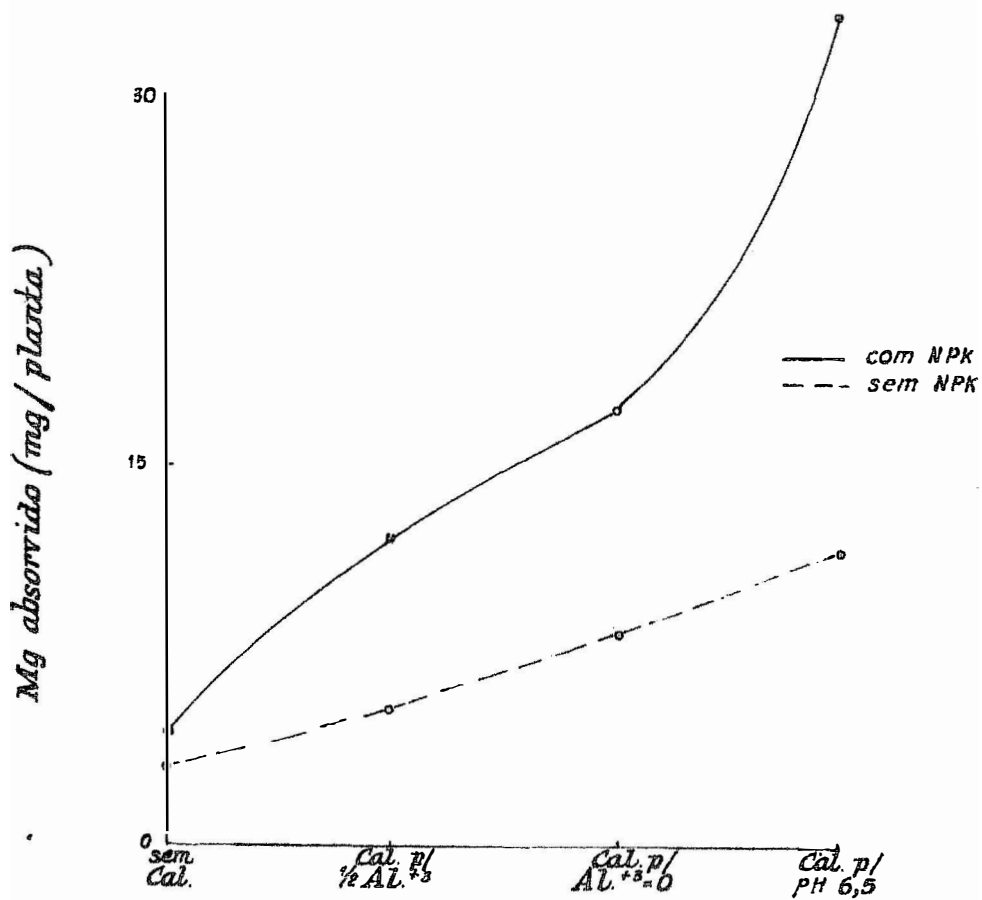


Fig. 14. Curvas de acumulação de Mg (mg Mg/planta) na parte aérea, em ausência e em presença de adubação mineral.

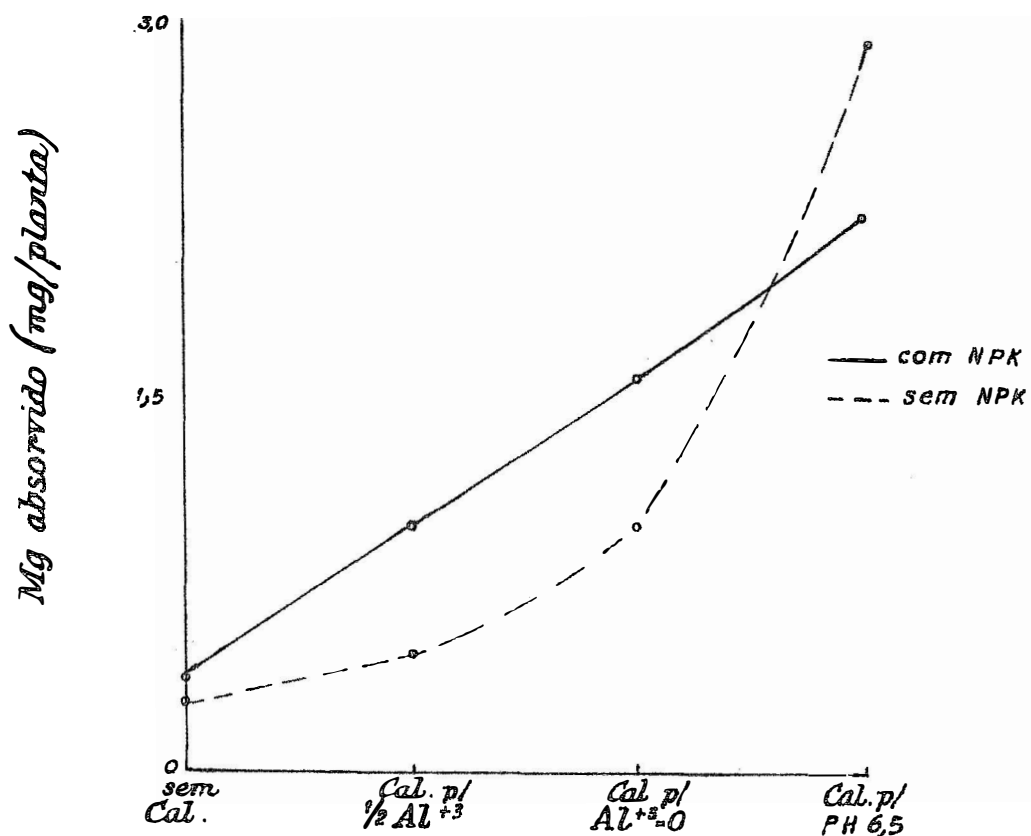


Fig. 15. Curvas de acumulação de Mg (mg Mg/planta) nas raízes, em ausência e em presença de adubação mineral.

A exemplo do que se verifica com o Ca, fica evidenciada também para o Mg a importância da elevação do pH ao redor de 6.5, como medida mais adequada à concentração e extração do nutriente pelo feijoeiro cultivar 'Goiano precoce', ao invés da simples neutralização da acidez trocável do solo.

4.5. Efeito qualitativo da adubação na concentração de nutrientes.

Pela comparação dos valores da concentração de cada nutriente na parte aérea e nas raízes, em ausência e em presença de adubação, para cada um dos diferentes níveis de calagem, foi elaborado o quadro 15.

Quadro 15. Efeitos da adubação no aumento (+) ou diminuição (-) dos teores de nutrientes nas plantas, para os diferentes níveis de calagem.

Níveis de calagem	Parte aérea					Raízes				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Testemunha	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-
Cal p/ 1/2 Al	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-
Cal p/ Al = 0	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-
Cal p/ pH 6.5	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-

Verifica-se que a adubação favoreceu ao aumento de concentração dos nutrientes no feijoeiro, com exceção do N e do Mg, o que oferece uma idéia qualitativa das deficiências nutricionais do solo estudado.

O teor de N das plantas praticamente não foi influenciado pela adubação, provavelmente devido ao alto teor de matéria orgânica existente no solo e a uma possível fixação simbiótica do N pelo feijoeiro, enquanto que a redução do teor de Mg nas plantas, provocada pela adubação do solo, pode ser uma consequência da competição iônica entre o K e o Mg, à semelhança do que verificou CAROLUS (1938), ou consequência da adubação fosfatada, conforme mencionam BROWN & outros (1969) anteriormente referidos.

-----|-----

Em vista dos resultados obtidos, pode-se deduzir que a faixa de pH mais adequada para o feijoeiro cultivar 'Goiano precoce' é aquela situada próximo a 6.5, uma vez que a simples neutralização da acidez trocável não proporcionou as melhores condições de desenvolvimento, como também não foi a mais adequada à absorção de nutrientes pelas

plantas.

Contudo, nas condições atuais, a correção do pH do solo ao nível mais adequado pode implicar num investimento inicial elevado em corretivo, o que viria constituir um fator limitante à expansão da cultura, do ponto de vista econômico.

Cabe sugerir aos fitotecnistas, a obtenção e seleção de cultivares adaptados às diferentes condições de acidez dos solos, que apresentem boa capacidade de extração de nutrientes e bom desenvolvimento e produtividade, bem como, qualidades satisfatórias às exigências do mercado consumidor. Dêsse modo, o cultivar 'Goiano precoce' deve ser recomendado apenas para solos onde a acidez não constitui fator limitante ao seu desenvolvimento e produção.

-----:-----

5. CONCLUSÕES.

A análise e a interpretação dos dados obtidos, permitem observar e concluir que:

1. Para o solo estudado, foi necessária e suficiente a aplicação de corretivo na base de 2 t/ha para cada unidade de Al^{+3} trocável, expressa em equivalente miligrama/100 ml de solo, para a neutralização total da acidez trocável; para elevação do pH a 6.5, foi necessária a aplicação de corretivo equivalente a 12 t/ha, ou seja, 6 t/ha para cada unidade de Al^{+3} trocável.
2. A acidez parece não ser o principal fator responsável pela baixa disponibilidade de P no solo, já que a calagem, em qualquer dos níveis testados, além de não influir nessa disponibilidade, também não favoreceu, em ausência de adubação, a absorção daquele nutriente pelo feijoeiro.
3. A disponibilidade de K no solo tendeu a um ligeiro decréscimo à medida que se elevou a reação do solo, sem que essa tendência, contudo, mostrasse influência no desenvolvimento do feijoeiro.
4. Para o solo estudado, é indicado o emprego de adubos contendo Ca^{+2} como medida para atenuar a acidez trocável e elevar o teor de $Ca+Mg$, embora praticamente não tenham sido verificadas alterações no pH do solo.
5. A acidez do solo influiu tanto no desenvolvimento como na época de ocorrência de florescimento do feijoeiro, retardando e chegando mesmo a inibir o processo, quando a essa acidez se associava uma baixa disponibilidade de nutrientes.
6. O cultivar 'Goiano precoce' mostrou uma alta sensibilidade à acidez e à falta de nutrientes no solo, sendo que a simples neutralização da acidez trocável, mesmo em presença de adubação, foi insuficiente para lhe proporcionar o melhor desenvolvimento; a faixa de pH próxima a 6.5 associada à adubação, foi a mais adequada à produção de matéria seca pela planta.
7. A acumulação de N esteve estreitamente relacionada com a produção de matéria seca pela planta e foi tanto mais in

tensa quanto mais favorecido foi o desenvolvimento do feijoeiro pelos tratamentos aplicados.

8. As concentrações de P tenderam a aumentar na parte aérea e a diminuir nas raízes, conforme se elevou o nível de correção da acidez do solo.
9. Apesar da acumulação de P depender mais da sua disponibilidade do que da acidez do solo, a extração pelo feijoeiro foi tanto mais favorecida quanto mais intensa foi a correção dessa acidez, quando houve um suprimento adequado do nutriente no solo.
10. A calagem favoreceu significativamente o teor percentual de K nas raízes, sem contudo influir na sua concentração na parte aérea do feijoeiro, cujo teor dependeu mais da disponibilidade do nutriente no solo.
11. Na parte aérea, o aumento da quantidade de K absorvido foi devido apenas ao aumento da produção de matéria seca induzido pela calagem; nas raízes, a acumulação do nutriente cresceu em consequência do aumento da produção de matéria seca e do aumento da concentração de K promovidos pela calagem.
12. O aumento dos teores e da absorção de Ca e de Mg com o aumento do teor desses nutrientes no solo, evidencia a grande exigência do feijoeiro cultivar 'Goiano precoce' e a necessidade de elevação do pH próximo a 6.5, ao invés de simples neutralização da acidez trocável do solo, como medida mais adequada à concentração e à extração daqueles nutrientes.
13. Os teores de N e de Mg não foram favorecidos pela adubação; para os demais nutrientes, a adubação sempre favoreceu a absorção, em qualquer nível de calagem, permitindo uma avaliação qualitativa das deficiências nutricionais do solo estudado.

6. RESUMO.

DESENVOLVIMENTO DO FEIJOEIRO (Phaseolus vulgaris L.) CULTIVAR 'Goiano precoce' E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO Latosol Roxo distrófico.

Com o objetivo de estudar as influências da acidez do solo Latosol Roxo distrófico, coletado na região Oeste do Estado do Paraná, sobre o desenvolvimento da cultura e sua absorção de N, P, K, Ca e Mg, bem como, fornecer subsídios aos estudos de correção dessa acidez, plantas de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.), cultivar 'Goiano precoce' foram cultivadas até o período de pleno florescimento, em vasos mantidos em casa de vegetação do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo.

Os tratamentos aplicados, além da testemunha, constaram da correção parcial e total da acidez trocável e da elevação do pH do solo a 6.5, em ausência e em presença de adubação mineral. As doses de corretivo aplicadas foram determinadas pelo método de "incubação".

Os objetivos propostos foram atingidos de maneira satisfatória, constatando-se a necessidade da aplicação de 2 t de calcário por hectare, para cada equivalente miligrama de Al^{+3} trocável, como medida para neutralizar completamente a acidez trocável do solo, ou de 12 t/ha para elevação do seu pH próximo a 6.5; obteve-se ainda indicações quanto aos efeitos dos níveis de calagem e da adubação na modificação da acidez e da disponibilidade de nutrientes no solo.

Com respeito à sensibilidade do cultivar 'Goiano precoce' às condições de acidez do solo, ficou evidenciada a necessidade de elevação do pH do solo próximo a 6.5, ao invés da simples neutralização da acidez trocável, como medida mais adequada ao seu desenvolvimento e à capacidade de absorção de P^{-3} , K^{+} , Ca^{+2} e Mg^{+2} disponíveis no solo.

Os efeitos da adubação na absorção de nutrientes pelo feijoeiro, permitiram evidenciar qualitativamente, deficiências de P^{-3} , de K^{+} e de Ca^{+2} no solo estudado; o fato da absorção de N não ter sido favorecida pe

la adubação, pode ser explicado pelo teor de matéria orgânica elevado no solo; foi observada ainda uma ação negativa dos adubos fosfatado e / ou potássico na absorção de Mg pelo feijoeiro.

-----:-----

7. SUMMARY

GROWTH OF BEAN PLANT (Phaseolus vulgaris L.) CULTIVAR 'Goiano precoce' AND ABSORPTION OF NUTRIENTS IN RELATION TO THE SOIL ACIDITY IN THE Latosol Roxo distrófico.

Bean plants (Phaseolus vulgaris L.) cultivar 'Goiano precoce' were grown in vases, until flourishing, kept in a greenhouse of the Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo. The purpose of growing such a cultivar was that of studying the influence of soil acidity in the Latosol Roxo distrófico of the western region, State of Paraná, on the development of bean culture and its absorption of N, P, K, Ca and Mg as well as supplying data in order to conduct studies on the correction of soil acidity.

Soil treatment, besides the control, was performed through partial and total correction of exchangeable acidity and through the increase of pH to 6.5, with absence and presence of mineral fertilization. The quantity of corrective material applied was determined by the "incubation method".

The objective settled in the beginning was attained in a satisfactory way, by testifying ~~is~~ the necessity of applying 2 ton. of limestone by hectare for each equivalent milligramme of exchangeable Al^{+3} , as a measure of neutralizing entirely the exchangeable acidity of the soil, or 12 ton./hectare to increase its pH to 6.5. Also evidence was obtained concerning the effects of liming levels and fertilization in modifying soil acidity and the disponibility of soil nutrients.

In respect to the sensibility of the cultivar 'Goiano precoce' to soil acidity conditions, the necessity of increasing soil pH to 6.5 was evidenced instead of the simple neutralization of exchangeable acidity, as more suitable means for its development and for the capacity of absorption of P, K, Ca and Mg available in the soil.

The effects of fertilization on the absorption of nutrients by bean plant allowed verifying qualitatively the deficiencies of P, K and Ca in the soil studied; the fact that N absorption was not favoured by fertilization may be explained by the high content of organic matter in the soil or

by a possible symbiotic fixation of the nutrient by plants. A negative action was observed concerning phosphate and/ or potassium fertilizers on the absorption of Mg by bean plants.

-----:-----

8. BIBLIOGRAFIA.

- ALMEIDA, L. D'A.; LEITÃO FILHO, H. F.; MIYASAKA, S. Feijoeiro no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1971. (Circular, 7).
- ARNON, D. I. & JOHNSON, C. M. Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions. Plant Physiol. 17:525-539, 1942.
- BARKER, A.V.; VOLK, R. J.; JACKSON, W. A. Root environment acidity as a regulatory factor in ammonium assimilation by the bean plant. Plant Physiol. 41(7):1193, 1199, 1966.
- BRAGA, J. M. & AMARAL, F. A. L. Efeito de fontes de fósforo na variação do pH e disponibilidade de fósforo, cálcio e magnésio, em um solo de Viçosa. Rev. Ceres, 18(98):325-335, 1971.
- BRASIL. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Contribuição ao estudo das plantas alimentares. Recife, 1967. V. 1, p. 35-48.
- BRAUNER, J. L.; CATANI, R. A.; BITENCOURT, W. C. Extração e determinação do Al^{+3} trocável do solo. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 23:54-73, 1966.
- BROWN, J. R.; LAMBERTH, V. N.; BLEVINS, D. G. Nutrient interaction effects on yield and chemical composition of spinach and green beans. Bull. Mo. Agr. Exp. Stat. Columbia (963), .. 1966, 23 p.
- BUCKMAN, H. O. & BRADY, N. C. Natureza e propriedade dos solos. Trad. A. B. N. Figueiredo Filho. São Paulo, Freitas Bastos, 1966.
- BUREN, J. P. Van & PEECK, N. H. Effect of calcium level in nutrient solution and quality of snap bean pods. Amer. Soc. Hort. Proc. 82:316-321, 1963.
- CAROLUS, R. L. Effect of certain ions, used singly and in combination on the growth and potassium, calcium and magnesium absorption of the bean plant. Plant Physiol., 13:349-363, 1938.
- CATANI, R. A.; ALONSO, D. Avaliação da exigência de calcário no solo. An. Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 26: 141-156, 1969.

- _____ ; GALLO, J. R. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre pH e a porcentagem de saturação de bases. Rev. Agr., Piracicaba, 30:49-60, 1955.
- _____ ; _____ ; GARGANTINI, H. Amostragem do solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Bol. Inst. Agr., Campinas, (69) 1954. 28 p.
- CHERNOV, V. A. The nature of soil acidity. Transl. by H. Jenny. Madison, Wis., Soil Sci. Soc. of Amer, 1964. 178 p.
- COBRA NETTO, A. Absorção e deficiências dos macronutrientes pelo feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) var. 'Roxinho'. Piracicaba, 1967. Tese: ESALQ.
- COLEMAN, N. T. & THOMAS, G. W. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R. W. & ADAMS, F. Soil acidity and liming. Madison, Wis., Amer. Soc. of Agron. (Agronomy Series, 12). p. 1-42.
- CORDEIRO, D. Primeiros resultados de adubação e correção nos solos castanho-escuro e vermelho-amarelo dos municípios de Pelotas e São Lourenço. Pelotas, IPEAS-MA, 1967-a. 19-20. (Folha de resultados).
- _____. Estudo dos níveis de fósforo e calcário em solos gley-húmico (molisol), banhado do Colégio Camaquã, na cultura do feijão. Pelotas, IPEAS-MA, 1967-b. p. 17-18 (Folha de resultados).
- DEMOLON, A. Crecimiento de los vegetales cultivados. Barcelona, Omega, 1966. 587 p. (Principios de Agronomia, 2).
- EHRLER, W. L.; LANGE, A. H.; HAMNER, K. C. The effect of nutrient balance on the uptake transport of calcium and phosphorus by bean plants. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72:365-369, 1958.
- FASSBENDER, H. W. Efecto del encalado en la mejor utilizacion de fertilizantes fosfatados en un Andosol de Costa Rica. Fit. Latinoamericana, 6(1):115-126, 1969.
- FLEMING, J. W. Factors influencing the mineral content of snap beans, cabbage and swet potatoes. Bull. Ark. Agr. Exp. Stat. (575) 1956. 14 p.
- FONDER, J. F. The relationships of soil type to the calcium and magnesium content of green beans steams and their expressed juice. Soil Sci., 27:415-31, 1929.

- FONTES, L. A. N.; GOMES, F.R.; VIEIRA, C. Resposta à aplicação de NPK e calcário na Zona da Mata, Minas Gerais. Rev. Ceres, Viçosa, 12(71): 265-285, 1965.
- FOY, C. D.; ARMIGER, W. H.; FLEMING, A. L.; ZAUMEYER, W. J. Differential tolerance of dry bean, snap bean and lima bean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agronomy J., 59(6):561-63, 1967.
- GALLO, J. R. & MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. Bragantia, Campinas, 20(2):867-84, 1961.
- GARGANTINI, H.; COELHO, F.A.S.; VERLENGIA, F.; SOARES, E. Levantamento da fertilidade dos solos do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1970. 32 p. mimeogr.
- GLÓRIA, N.A.; CATANI, R.A.; MATUO, T. Método do EDTA na determinação do cálcio e do magnésio "trocáveis" do solo. An. Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 21:220-28, 1964.
- GODOY, O.P. Adubação mineral do feijoeiro (Phaseolus vulgaris, L.) Piracicaba, Dep. Agr. Hort. ESALQ, 1968. Tese:ESALQ.
- GRANER, E.A. Estatística. 2 ed. São Paulo, Melhoramentos, 1966.
- GUAZZELI, R.J.; PEREIRA, J. Adubação e nutrição do feijoeiro (Phaseolus vulgaris, L.). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DO FEIJÃO, 1., Campinas, 1971. s. n. t. 23 p. dat.
- HAAG, H. P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. Bragantia, Campinas, 26(3):381-91, 1967.
- HEMWALL, J.B. The fixation of phosphorus by soils, Adv. Agr., 9: 95-112, 1957.
- HOOVER, C.D; JONES, V.S; GHOLSTON, L.E. Release of non exchangeable potassium as influenced by weathering, soil mineral type, soil reaction and potassium fertilization. Proc. Soil. Sci. Soc. Am; 13:347-51, 1948.
- KAMPRATH, E. J. A acidez do solo e a calagem. Trad. de Osmar Muzilli e Raul E. Kalckmann. Bol. Tec. Intern. Soil Test. Proj. (4) 1967. 24 p.
- LOURENÇO, S. Absorção de fósforo por raízes destacadas de cevada (Hordeum vulgare, L.) em presença de magnésio. Piraci-

- caba, ESALQ, 1967. 29 p. Tese: ESALQ.
- LOW, P. F. The role of aluminum in the titration of bentonite. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19:135-39, 1955.
- LOTT, W.L.; NERY, J. P.; GALLO, J.R.; MEDCALF, J.C. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. B. IBEC. Res. Inst. São Paulo (9), 1956.
- MALAVOLTA, E. Fisiogênicas; deficiências minerais (V). Buenos Aires, Secr. de Estado de Agric. y Ganaderia. Inst. Nac. Tecnol. Agropec., 1965. p. 14-35. mimeogr.
- _____. Manual de química agrícola; adubos e adubação. 2ed. São Paulo, Melhoramento, 1967.
- _____. Nutrição mineral e adubação do feijoeiro In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1º, Campinas, 1971. Anais... Viçosa, Univ. Rural, 1971. p. 237.
- MASCARENHAS, H. A.; IGUE, T.; MIYASAKA, S. Adubação do feijoeiro. II- Efeitos da calagem e adubação mineral na cultura do feijoeiro. Rev. Cienc. Cul., São Paulo, 17(2):195-196, 1965.
- _____; MIYASAKA, S.; IGUE, T.; LOVADINI, A.; FREIRE, E.S. Adubação do feijoeiro. XI- Efeito do NPK e calagem em campos cerrados do Planalto Paulista. Bragantia, Campinas, 26: 303-16, 1967.
- _____; ALMEIDA, L. D'A; MIYASAKA, S.; FREIRE, E. S.; CIONE, J.; HIROCE, R.; NERY, J. P. Adubação mineral do feijoeiro. XII- Efeito da calagem, do nitrogênio e do fósforo em solo Latosol vermelho-amarelo do Vale da Ribeira. Bragantia, Campinas, 28:71-83, 1969.
- MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLA, S.; COBRANETTO, A.; SILVEIRA, R. I. Fertilidade do solo. Piracicaba, Dep. Solos e Geologia ESALQ, 1973. v. 1 (mimeograf.).
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E. S.; MASCARENHAS, H. A. A.; IGUE, T. Adubação verde, calagem e adubação mineral do feijoeiro, em solos com vegetação de "cerrado". Bragantia, Campinas, 24: 321-38, 1965.
- _____; IGUE, T.; CAMPANA, M. Adubação mineral do feijoeiro. II- Efeitos de NPK, da calagem e de uma mistura de S e micronutrientes, em terra-roxa misturada. Bragantia, Campinas, 25:145-49, 1966-a.

- _____ ; ALVES, S.; ROCHA, T. R. Adubação mineral do feijoeiro. III- Efeitos de NPK, da calagem e de uma mistura de micronutrientes, em solo massapé-salmorão. Bragantia, Campinas, 25:179-88, 1966-b.
- _____ ; PETINELLI, A.; FREIRE, E. S.; IGUE, T. Adubação mineral do feijoeiro. IV- Efeitos do NPK, da calagem e de uma mistura de S e micronutrientes, em Tietê e Tatuí. Bragantia, Campinas, 25:297-305, 1966-c.
- _____, FREIRE, E. S.; MASCARENHAS, H. A. A.; ALCOVER, M. Adubação mineral do feijoeiro. V- Efeitos de NPK, da calagem e de uma mistura de micronutrientes no sul do Planalto Paulista. Bragantia, Campinas, 25:385-392, 1966-d.
- MUZILLI, O. & KALCKMANN, R. E. Estudo da correção da acidez dos solos do Estado do Paraná. III- Ensaio de campo em Latosol Roxo do Oeste. Rev. Esc. Agr. Vet. Univ. Fed. Paraná, Curitiba, 5:39-45, 1969.
- _____, _____. Análise de assistência: interpretação de resultados e determinação de níveis críticos. II- Determinação de níveis críticos da acidez. Bol. Univ. Fed. Paraná. Agronomia, Curitiba, (1). 1971. 18 p.
- PAVER, H.; MARSHALL, C. E. The role of aluminum in the reactions of clays. J. Soc. Chem. 53:750-60, 1934.
- PIERRE, W. H.; STUART, A. D. Soluble aluminum studies. IV- The effects of phosphorus in reducing the detrimental effects of soil acidity on plant growth. Soil Sci., 36:211-26, 1933.
- PRATT, P. F.; SIMON, R. H.; VOLK, G. V. Release of potassium from non exchangeable forms in relation to soil reaction. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 20(2):190-92, 1958.
- _____ ; Química do solo. Rio de Janeiro, MA/USAID, 1966. (1) 88 p. mimeogr.
- RAGLAND, J. L.; COLEMAN, N. T. Influence of aluminum on phosphorus uptake by snap beans roots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26(1):88-90, 1962.
- RAINS, D. W.; FLOYD, R. A. Influence of calcium on sodium and potassium absorption by fresh and aged bean stem slices. Plant Physiol., 46(1):93-98, 1970.
- RAMOS, Ben-Hur, M. Determinação colorimétrica do fósforo total

- em solos pelo método de redução com o ácido ascórbico a frio. Inst. Quim. Agr., Rio de Janeiro (61). 1961. 31 p.
- RORISON, I. H. The effect of aluminum on legume nutrition. In: HALISWORTH, E. G., ed. Nutrition of legumes. London, Academic Press, 1958.
- RUSCHELL, A. P.; ALVAHIDO, R.; SAMPAIO, I. B. M. Influência do excesso de alumínio no feijão (Phaseolus vulgaris L.) cultivado em solução nutritiva. Pesq. Agropec. Bras., Rio de Janeiro, 3:229-33, 1968.
- SCHOFIELD, R. K. Effect of pH on electric charges carried by clay particles. J. Soil Sci., 1:1-8, 1949.
- SHOEMAKER, H. E.; McLEAN, E.; PRATT, P. F. Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25(4):274-77, 1961.
- SNEDECOR, G. W. Metodos estatísticos. Lisboa, Ministério da Economia, 1945. 469 p.
- SUTCLIFFE, J. F. Mineral salt absorption in plants. New York, Academic Press, 1962.
- THOMPSON, L. Soil and soil fertility. 2 ed. New York, McGraw-Hill, 1957.
- THORNE, D. W.; SEATZ, I. F. Suelos ácidos, alcalinos, sodicos y salinos. In: BEAR, F. E. Química del suelo. 1 ed. Madrid, Interciencia, 1963. p. 261-301.
- TRUOG, E. Lime in relation to availability of plant nutrients. Soil Sci. 65:1-7, 1948.
- _____. Liming in relation to availability of native and applied phosphates. In: PIERRE, W. H.; NORMAN, A. G. Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition. New York, Academic Press, 1953.
- VAN SCHREVEN, D. A. Some factors affecting the uptake of nitrogen by legumes. In: HALISWORTH, E. G. Nutrition of legumes. London, Butterworths, 1958.
- VEITCH, F. P. The estimation of soil acidity and the lime requirements of soils. J. Amer. Chem. Soc. 24:1120-28, 1972.

- VIEIRA, C. O feijoeiro comum- cultura, doenças e melhoramento. Viçosa, Univ. Rural, 1967.
- VIETS, F. G. Calcium and other polyvalent cations as accelerators of ion accumulation by excised barley roots. Plant Physiol. 19:466-80, 1944.
- VOLKWEISS, S. J.; LUDWICK, A. E. Escôlha do corretivo da acidez do solo. Porto Alegre, Fac. Agr. Vet. UFRGS, 1969. 4 p. (Folheto, 2), mimeogr.
- WALLIHAN, E. F. The influence of aluminum on the phosphorus nutrition of plants. Amer. J. Bot. 35:106-12, 1948.
- WRIGHT, K. E. Internal precipitation of phosphorus in relation to Al toxicity. Plant Physiol. 18:708-12, 1943.
- _____ ; DONAHWE, B. A. Aluminum toxicity studies with radioactive phosphorus. Plant Physiol. 28:674-80, 1953.
- WUTKE, A. C. P. Acidez. In: MONIZ, A. C., coord. Elementos de Pedologia. São Paulo, Polígono/USP, 1972.
- YORK, E. T.; ROGERS, H. T. Influence of lime on potassium in soils and its availability to plants. Soil Sci. 63:467-77, 1947.
- YUAN, T. L. Determination of exchangeable hydrogen in soil by a titration method. Soil Sci. 88:164-67, 1959.
- _____. Some relationships among hydrogen, aluminum and pH in solution and soil systems. Soil Sci. 95:155-63, 1963.

-----:-----

A P Ê N D I C E

QUADRO I. Quantidade média diária de água destilada (ml/vaso) aplicada no decorrer do ensaio, por tratamento e por repetição.

Níveis de Calagem	Rep.	Sem NPK	Com NPK
Sem calagem	A	133,3	145,2
	B	142,8	142,8
	C	140,5	142,8
	D	140,5	151,2
Calagem p/ 1/2 Al	A	140,5	150,0
	B	140,5	152,4
	C	138,0	152,4
	D	142,8	154,8
Calagem p/ Al = 0	A	138,0	147,6
	B	140,5	157,1
	C	142,8	140,5
	D	145,2	150,0
Calagem p/ pH 6.5	A	157,0	149,0
	B	138,0	149,0
	C	145,0	152,0
	D	140,0	150,0

QUADRO II. Valores da temperatura ambiente (°C) no decorrer do ensaio.

Dias	Fevereiro		Março	
	Mínimas	Máximas	Mínimas	Máximas
1	--	--	15	40
2	--	--	12	37
3	--	--	12	37
4	--	--	13	36
5	--	--	12	30
6	--	--	18	32
7	--	--	15	35
8	--	--	11	30
9	--	--	15	30
10	--	--	16	32
11	--	--	16	34
12	--	--	16	34
13	--	--	17	35
14	--	--	16	35
15	--	--	16	35
16	--	--	BF 17	35
17	S	22	17	37
18		22	20	37
19		22	IF 19	37
20		21	21	37
21		19	22	36
22	E	22	22	35
23		22	21	34
24		22	16	34
25		22	17	35
26		22	FF 17	36
27		21	17	35
28		21	17	36
29			17	37
30			19	33
31			--	--
Médias		21.5	16.5	35.0

S= semeadura.

E= emergência das plantas.

BF= emissão dos botões florais.

IF= início de florescimento.

FF= final de florescimento.

QUADRO III. Resultados da análise química do solo, por tratamento e por repetição, para determinação da necessidade de calcário pelo "método de incubação".

TRATAMENTOS	REP.	Calcário		pH	C %	Teores em mg/100 ml TFSA.			
		t/ha.	g/500 g			Al	Ca+Mg	PO ₄	K
	A			4.6	3.90	1.90	2.00	0.01	0.23
	B	0	0	4.6	3.90	2.00	1.90	0.02	0.24
	C			4.6	3.90	1.90	2.00	0.02	0.24
Médias				4.6	3.90	1.90	2.00	0.02	0.24
2	A			5.0	4.00	0.80	3.60	0.01	0.23
	B	2.0	0.5	5.0	4.00	0.90	3.50	0.01	0.22
	C			5.0	4.00	1.00	3.30	0.01	0.22
Médias				5.0	4.00	0.90	3.50	0.01	0.22
3	A			5.2	3.80	0	4.70	0.01	0.22
	B	4.0	1.0	5.4	4.00	0	4.90	0.01	0.22
	C			5.4	4.50	0	4.70	0.01	0.25
Médias				5.4	4.10	0	4.70	0.01	0.23
4	A			5.7	3.90	0	6.80	0.02	0.22
	B	6.0	1.5	5.7	3.90	0	6.40	0.01	0.22
	C			5.6	3.70	0	6.40	0.01	0.25
Médias				5.7	3.80	0	6.50	0.01	0.23
5	A			5.9	4.00	0	7.20	0.02	0.21
	B	8.0	2.0	5.9	3.90	0	7.60	0.01	0.21
	C			6.0	3.60	0	7.80	0.01	0.22
Médias				5.9	3.80	0	7.50	0.01	0.21
6	A			6.1	4.00	0	8.20	0.02	0.21
	B	10.0	2.5	6.2	4.00	0	8.60	0.01	0.21
	C			6.2	3.70	0	9.10	0.01	0.20
Médias				6.2	3.90	0	8.60	0.01	0.21
7	A			6.5	3.80	0	10.70	0.02	0.20
	B	12.0	3.0	6.6	3.80	0	11.00	0.01	0.20
	C			6.5	3.70	0	11.40	0.01	0.20
Médias				6.5	3.80	0	11.00	0.01	0.20
8	A			6.6	3.80	0	11.20	0.01	0.19
	B	14.0	3.5	6.7	3.80	0	11.30	0.01	0.19
	C			6.5	3.90	0	11.20	0.01	0.20
Médias				6.6	3.80	0	11.20	0.01	0.19
9	A			6.7	4.00	0	12.00	0.01	0.19
	B	16.0	4.0	6.7	3.80	0	12.30	0.01	0.19
	C			6.6	3.70	0	12.50	0.01	0.20
Médias				6.7	3.80	0	12.30	0.01	0.19
10	A			6.8	3.80	0	13.70	0.02	0.18
	B	18.0	4.5	6.9	3.90	0	13.00	0.01	0.18
	C			6.8	3.80	0	13.40	0.01	0.20
Médias				6.8	3.80	0	13.40	0.01	0.19
11	A			7.1	3.40	0	14.20	0.01	0.18
	B	20.0	5.0	7.0	3.90	0	14.50	0.01	0.18
	C			6.9	3.60	0	14.20	0.01	0.20
Médias				7.0	3.60	0	14.30	0.01	0.19

QUADRO IV. Produção de matéria seca (mg/planta) na parte aérea e nas raízes, em ausência e presença de adubação. Médias de 4 plantas/repetição.

Níveis de Calagem	REP.	Parte aérea		Raízes	
		Sem NPK	Com NPK	Sem NPK	Com NPK
Sem calagem	A	600	1445	307	428
	B	502	1446	218	446
	C	570	1192	233	371
	D	569	1494	243	447
Médias		560	1394	250	423
Calagem p/ 1/2 Al	A	590	1935	357	695
	B	645	1984	245	790
	C	585	1851	252	678
	D	540	1571	270	617
Médias		590	1835	281	695
Calagem p/ Al =0	A	735	1974	276	742
	B	617	2012	340	812
	C	688	1838	338	683
	D	600	1917	369	674
Médias		660	1935	331	728
Calagem p/ pH 6.5	A	810	2379	427	864
	B	935	2595	400	801
	C	887	3122	437	972
	D	951	3073	411	925
Médias		896	2795	419	890

QUADRO V. Teores de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea, em ausência e em presença de adubação mineral. (Médias de 4 plantas/repetição).

Níveis de Calagem	Rep.	Sem NPK					Com NPK				
		N %	P %	K %	Ca %	Mg %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
Sem Calagem	A	5.43	0.077	2.44	1.62	0.60	4.97	0.122	4.60	1.98	0.33
	B	5.71	0.074	2.84	1.67	0.65	5.60	0.116	4.36	2.54	0.35
	C	5.84	0.083	2.92	1.53	0.50	6.52	0.116	4.00	2.60	0.35
	D	6.00	0.083	2.84	1.50	0.60	5.53	0.116	3.68	2.44	0.33
Médias		5.74	0.079	2.76	1.58	0.59	5.65	0.117	4.16	2.39	0.34
Cal p/ 1/2 Al	A	4.77	0.077	1.80	2.38	0.98	4.96	0.122	3.20	3.00	0.69
	B	5.32	0.077	1.76	2.16	0.98	4.72	0.127	2.44	3.06	0.70
	C	5.73	0.077	3.28	2.10	0.92	4.87	0.122	3.92	2.76	0.67
	D	5.80	0.077	3.60	2.22	0.98	5.45	0.122	4.36	3.00	0.55
Médias		5.40	0.077	2.61	2.21	0.96	5.00	0.123	3.48	2.95	0.65
Cal p/ Al = 0	A	3.63	0.091	2.48	3.16	1.24	2.91	0.122	3.52	3.24	0.92
	B	3.62	0.080	2.44	3.06	1.23	3.13	0.127	3.84	3.34	0.92
	C	3.68	0.083	2.32	3.06	1.33	2.73	0.152	3.76	3.24	0.90
	D	3.86	0.083	2.32	2.76	1.33	3.04	0.147	3.60	3.42	0.90
Médias		3.70	0.084	2.39	3.01	1.28	2.95	0.137	3.68	3.31	0.91
Cal p/ pH 6.5	A	3.29	0.080	2.64	2.76	1.33	2.71	0.130	3.20	3.42	1.39
	B	3.29	0.080	2.48	3.34	1.36	2.68	0.130	4.00	3.70	1.47
	C	3.23	0.080	2.44	3.06	1.36	2.75	0.130	3.28	3.50	0.99
	D	3.29	0.080	2.72	3.06	1.23	2.75	0.191	3.36	3.42	0.98
Médias		3.27	0.080	2.57	3.05	1.32	2.72	0.145	3.46	3.51	1.20

QUADRO VI. Teores de N, P, K, Ca e Mg nas raízes em ausência e em presença de adubação mineral (Médias de 4 plantas/repetição).

Níveis de Calagem	Rep.	Sem NPK					Com NPK				
		N %	P %	K %	Ca %	Mg %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
Sem Calagem	A	2.70	0.105	0.39	0.25	0.12	2.40	0.136	0.61	0.42	0.10
	B	2.58	0.105	0.38	0.25	0.12	2.67	0.136	0.61	0.42	0.10
	C	2.50	0.099	0.38	0.26	0.12	2.74	0.144	0.61	0.42	0.10
	D	2.66	0.099	0.39	0.26	0.13	2.80	0.144	0.59	0.42	0.10
Médias		2.61	0.102	0.38	0.25	0.12	2.65	0.140	0.60	0.42	0.10
Cal p/ 1/2 Al	A	2.57	0.099	0.45	0.33	0.19	2.40	0.130	1.11	0.38	0.16
	B	2.57	0.099	0.44	0.31	0.17	2.31	0.130	1.02	0.42	0.15
	C	2.54	0.097	0.48	0.31	0.17	2.38	0.136	1.25	0.38	0.13
	D	2.53	0.097	0.47	0.31	0.16	2.30	0.138	1.27	0.38	0.13
Médias		2.55	0.098	0.46	0.31	0.17	2.35	0.133	1.16	0.39	0.14
Cal p/ Al = 0	A	1.81	0.085	0.66	0.42	0.28	1.78	0.130	1.22	0.59	0.21
	B	1.84	0.085	0.68	0.42	0.30	1.77	0.130	1.22	0.53	0.17
	C	1.82	0.088	0.73	0.42	0.30	1.71	0.144	1.54	0.59	0.27
	D	1.79	0.088	0.71	0.42	0.30	1.48	0.144	1.48	0.66	0.22
Médias		1.81	0.086	0.69	0.42	0.30	1.68	0.137	1.36	0.59	0.22
Cal p/ pH 6.5	A	1.68	0.074	0.96	0.85	0.67	1.65	0.119	1.70	1.15	0.22
	B	1.72	0.074	0.90	0.88	0.68	1.67	0.124	1.79	1.20	0.24
	C	1.75	0.077	0.78	0.91	0.72	1.65	0.136	1.75	1.11	0.19
	D	1.72	0.077	0.63	0.88	0.72	1.62	0.147	1.75	1.30	0.34
Médias		1.72	0.075	0.82	0.88	0.70	1.65	0.131	1.75	1.19	0.26

QUADRO VII. Acumulação de N, P, K, Ca e Mg na matéria sêca da parte aérea (mg/planta) em ausência e em presença de adubação mineral. (Médias de 4 plantas/repetição).

Níveis de Calagem	Rep.	Sem NPK					Com NPK				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Sem Calagem	A	32.58	0.462	14.64	9.72	3.60	71.82	1.763	66.47	28.61	4.77
	B	28.66	0.371	14.26	8.38	3.26	80.98	1.677	63.04	36.73	5.06
	C	33.29	0.473	16.64	8.72	2.85	77.72	1.383	47.68	30.99	4.17
	D	34.14	0.472	16.16	8.53	3.41	82.62	1.733	54.98	36.45	4.93
Médias		32.17	0.444	15.42	8.84	3.28	78.28	1.639	58.04	33.19	4.73
Cal p/ 1/2 Al	A	28.14	0.454	10.62	14.04	5.78	95.98	2.361	61.92	58.05	13.35
	B	34.31	0.497	11.35	13.93	6.32	93.64	2.520	48.41	60.71	13.89
	C	33.52	0.450	19.19	12.28	5.38	90.14	2.258	72.56	51.09	12.40
	D	31.32	0.416	19.44	14.99	5.29	85.62	1.917	68.49	47.13	8.64
Médias		31.82	0.454	15.15	13.06	5.69	91.34	2.264	62.84	54.24	12.07
Cal p/ Al = 0	A	26.68	0.669	18.23	23.23	9.11	57.44	2.408	69.48	63.96	18.16
	B	22.33	0.494	15.05	18.88	7.59	62.97	2.555	77.26	67.20	18.51
	C	25.32	0.571	15.96	21.05	9.15	50.18	2.794	69.11	59.55	16.54
	D	23.16	0.498	13.92	16.56	7.98	58.28	2.818	69.01	65.56	17.25
Médias		24.37	0.558	15.79	19.93	8.46	57.22	2.644	71.21	64.07	17.61
Cal p/ pH 6.5	A	26.65	0.648	21.38	22.36	10.77	64.47	3.093	76.13	81.36	33.07
	B	30.76	0.748	23.19	31.23	12.72	69.55	3.373	103.80	96.01	38.15
	C	28.65	0.710	21.64	27.14	12.06	86.16	4.073	102.76	109.65	31.01
	D	31.29	0.761	25.87	29.10	11.70	84.51	5.869	103.25	105.10	30.11
Médias		29.34	0.717	23.02	27.46	11.81	76.17	4.102	96.48	98.03	33.08

QUADRO VIII. Acumulação de N, P, K, Ca e Mg na matéria sêca das raízes (mg/planta) em ausência e em presença de adubação mineral. (Médias de 4 plantas/repetição).

Níveis de Calagem	Rep.	Sem NPK					Com NPK				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Sem Calagem	A	8.29	0.322	1.20	0.77	0.37	10.27	0.582	2.61	1.80	0.43
	B	5.62	0.229	0.83	0.54	0.26	11.91	0.606	2.72	1.87	0.45
	C	5.82	0.231	0.88	0.61	0.28	10.16	0.534	2.26	1.56	0.37
	D	6.46	0.241	0.95	0.63	0.31	12.52	0.644	2.64	1.88	0.45
Médias		6.55	0.256	0.96	0.64	0.30	11.21	0.591	2.56	1.78	0.42
Cal p/ 1/2 Al	A	9.17	0.353	1.61	1.18	0.68	16.68	0.903	7.71	2.64	1.11
	B	6.30	0.243	1.08	0.76	0.42	18.25	1.027	8.06	3.32	1.18
	C	6.40	0.244	1.21	0.78	0.43	16.14	0.922	8.47	2.58	0.88
	D	6.83	0.262	1.27	0.84	0.43	14.19	0.851	7.83	2.34	0.80
Médias		7.17	0.275	1.29	0.89	0.49	16.31	0.926	8.02	2.72	0.99
Cal p/ Al = 0	A	5.00	0.235	1.82	1.16	0.77	13.21	0.965	9.05	4.38	1.56
	B	6.26	0.289	2.31	1.43	1.02	14.37	1.056	9.91	4.30	1.38
	C	6.15	0.297	2.47	1.42	1.01	11.68	0.983	10.52	4.03	1.84
	D	6.60	0.325	2.62	1.55	1.11	9.97	0.970	9.97	4.45	1.48
Médias		6.00	0.286	2.30	1.39	0.98	12.31	0.993	9.86	4.29	1.56
Cal p/ pH 6.5	A	7.17	0.316	4.10	3.63	2.86	14.26	1.028	14.69	9.94	1.90
	B	6.88	0.296	3.60	3.52	2.72	13.38	0.993	14.34	9.61	1.92
	C	7.65	0.336	3.41	3.98	3.15	16.04	1.322	17.01	10.79	1.85
	D	7.07	0.316	2.59	3.62	2.96	14.98	1.360	16.19	12.02	3.14
Médias		7.19	0.316	3.42	3.69	2.92	14.66	1.176	15.56	10.59	2.20